RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi - Tébessa

Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers

THÈSE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat

Troisième Cycle -LMD-

Evaluation multi-échelle de l'impact des perturbations en pluies sur la genèse et l'amplification des mouvements de terrain dans les alentours de la région de Guelma, Nord Est de l'Algérie

Option
Géologie de l'ingénieur

Par
M^me.^ BOUDJELLAL RANIA

DIRECTEUR DE THÈSE
FEHDI Chams-Eddine Professeur. U. Tébessa-Algérie

DEVANT LE JURY

Président : ATHMANIA Djamel - Professeur	**U. Tébessa- Algérie**
Examinateur : GHRIEB - Lassaad Professeur	**U. Guelma- Algérie**
Examinateur : BOUMAZBEUR Abderrahmane -Professeur	**U. Oum El Bouaghi- Algérie**
Examinateur : ZIGHMI Karim - M.C.A	**U. Sétif 1- Algérie**

Année Universitaire : 2024-2025

Résumé :

Les déplacements gravitaires de terrain déstabilisé sous l'effet des agents naturels ou anthropiques constituent un problème majeur dans les alentours de la région de Guelma. Ce phénomène est le résultat de l'action d'une ou plusieurs causes isolées ou combinées. L'eau est supposée être le principal facteur conditionnant et déclenchant le glissement de terrain dans les pentes de terre argilo-marneuses par ces effets d'érosion, lessivage, pression, et saturation, etc.

Notre travail présente une évaluation statistiquo-probabiliste de l'effet conjugué des pluies extrêmes et d'autres facteurs sur l'amplification des glissements de terrain dans la région de Guelma NE du pays où il constitue l'aléa le plus dommageable parmi tous les risques majeurs répertoriés dans cette région. Les facteurs géologiques, hydro-climatologiques, anthropiques et environnementaux vont être cartographiés et hiérarchisés dans le but de corréler leurs interrelations, et leurs effets respectifs dans la genèse et le déclenchement des glissements de terrain. La méthode proposée passe par : (i) l'extraction d'informations sur la relation entre les glissements de terrain et leurs facteurs de conditionnement, (ii) Cartographie des facteurs prédisposant à l'aide des techniques SIG, (iii) zonage de la susceptibilité aux glissements de terrain dans la zone d'étude. La performance du modèle a été évaluée en examinant si la moyenne des valeurs de susceptibilité calculées aux sites de glissements de terrain était statistiquement différente de celle de l'ensemble de la zone d'étude. Nous avons réparti la valeur d'indice de susceptibilité obtenue en Cinq intervalles : très faible, faible, modéré, élevé et très élevé.

Les résultats scientifiques espérés de cette thèse auront les implications et des conséquences socio-économiques vigoureuses notamment dans le domaine de l'occupation du sol et l'aménagement de territoire. Elles peuvent être transposées à d'autres sites semblables en Algérie du Nord et même dans le bassin méditerranéen.

Mots-clés : Susceptibilité, SIG, Glissement de terrain, Précipitation. AHP, CCI, FR, WOE, SE.

Abstract:

Gravitational displacement of destabilised ground under the effect of natural or man-made agents is a major problem in the area around Guelma. This phenomenon is the result of the action of one or more isolated or combined causes. Water is thought to be the main factor conditioning and triggering landslides on clay-marl slopes through the effects of erosion, leaching, pressure, saturation, etc.

Our work presents a statistical-probabilistic assessment of the combined effect of extreme rainfall and other factors on the amplification of landslides in the Guelma NE region of the country, where it constitutes the most damaging hazard of all the major risks identified in this region. Geological, hydro-climatological, anthropic and environmental factors will be mapped and ranked in order to correlate their interrelations and their respective effects on the genesis and triggering of landslides. The proposed method involves (i) extracting information on the relationship between landslides and their conditioning factors (ii) mapping predisposing factors using GIS techniques (iii) zoning landslide susceptibility in the study area. The performance of the model was assessed by examining whether the mean of the susceptibility values calculated at the landslide sites was statistically different from that for the study area as a whole. We divided the susceptibility index value obtained into five intervals: very low, low, moderate, high and very high.

The scientific results expected from this thesis will have far-reaching socio-economic implications and consequences, particularly in the field of land use and regional planning. They can be transposed to other similar sites in northern Algeria and even in the Mediterranean basin.

Keywords: Susceptibility, GIS, Landslide, Precipitation. AHP, CCI, FR, WOE, SE.

ملخـص

إن الانهيارات الأرضية التي تحدث تحت تأثير عوامل طبيعية أو من صنع الإنسان هي مشكلة رئيسية في منطقة قالمة وما حولها. وتنجم هذه الظاهرة عن فعل واحد أو أكثر من الأسباب المنفردة أو مجتمعة. ويُعتقد أن الماء هو العامل الرئيسي الذي يكيّف ويؤدي إلى حدوث الانهيارات الأرضية على المنحدرات الطينية من خلال تأثيرات التعرية والرشح والضغط والتشبع وما إلى ذلك.

يقدّم عملنا تقييماً إحصائياً-احتمالياً للتأثير المشترك للأمطار الشديدة والعوامل الأخرى على تضخم الانهيارات الأرضية في منطقة قالمة شمال شرق البلاد، حيث تشكل أكثر المخاطر ضرراً من بين جميع المخاطر الرئيسية التي تم تحديدها في هذه المنطقة. سيتم تعيين العوامل الجيولوجية والمائية، المناخية والبشرية والبيئية وترتيبها من أجل ربط العلاقات المتبادلة بينها وتأثير كل منها في نشأة الانهيارات الأرضية وتسببها. تتضمن الطريقة المقترحة ما يلي (1) استخلاص معلومات عن العلاقة بين الانهيارات الأرضية وعوامل تكييفها (2) رسم خرائط للعوامل المؤهلة باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (3) تحديد مناطق قابلية التأثر بالانهيارات الأرضية في منطقة الدراسة، ثم تقييم أداء النموذج من خلال فحص ما إذا كان متوسط قيم القابلية المحسوبة في مواقع الانهيارات الأرضية مختلفاً إحصائياً عن متوسط قيم القابلية في منطقة الدراسة ككل. لقد قمنا بتقسيم قيمة مؤشر قابلية التأثر التي تم الحصول عليها إلى خمس فترات: منخفضة جداً، منخفضة، متوسطة، مرتفعة ومرتفعة جداً.

سيكون للنتائج العلمية المتوقعة من هذه الأطروحة آثار وعواقب اجتماعية واقتصادية بعيدة المدى، لا سيما في مجال استخدام الأراضي والتهيئة الإقليمية. ويمكن استعمالها في مواقع أخرى مماثلة في شمال الجزائر وحتى في حوض البحر الأبيض المتوسط.

الكلمات المفتاحية: قابلية التأثر، نظم المعلومات الجغرافية، الانهيارات الأرضية، هطول الأمطار, AHP, CCI, FR, Woe, SE.

Remerciements

Dans cet avant-propos, je voudrais montre toute ma reconnaissance aux personnes qui m'ont aidée à réaliser ce travail, qui m'ont soutenue et encouragée durant ces années de recherche.

Ce travail n'aurait pas pu aboutir sans le soutien, l'aide et la contribution de nombreuses personnes que je tiens à remercier.

Avant tout à **Dieu** le Tout Puissant qui m'a donnée le courage et la force pour mener à bien ce modeste travail.

Je désire exprimer toute ma gratitude envers Mon directeur de thèse Monsieur : **Pr. FEHDI Chams-Eddine**. Je le remercie pour son encadrement exemplaire, alliant à la fois beaucoup d'autonomie mais également un suivi au jour le jour. J'ai beaucoup appris à ses côtés et apprécié sa franchise, sa rigueur scientifique et ses nombreux conseils.

Je tiens à remercier plus particulièrement Mr. ZAHRI Farid docteur à l'université de Sétif -1- pour leur précieuse aide sur le terrain.

Je remercie également Mr. HADJI Riheb : Professeur à l'université de Sétif -1- pour sa disponibilité, ses conseils et ses encouragements.

J'adresse mes plus vifs remerciements aux honorables membres du Jury qui ont accepté de juger ce travail, Mr. ATHAMNIA Djamel : Professeur à l'université Echahid Cheikh Larbi Tebessi- Tebessa, (Président du jury), Mr. BOUMAZBEUR Abedrahmane : Professeur à l'université de Oum El Bouaghi, Mr GHRIEB Lassaad : Professeur à l'université de Guelma et Mr. ZIGHMI Karim, Maître de Conférences « A » à l'université de Sétif 1.

Je tiens à remercier Monsieur Ben Mohamed pour la correction orthographique, qui a permis de faciliter la lecture et la meilleure l'exploitation de la thèse.

J'adresse également mes remerciements aux personnels du laboratoire des travaux publics- l'Est (LTPE) antenne de Sétif et de Bordj Bou Arreridj pour m'avoir accueillie chaleureusement au sein du laboratoire.

Je tiens à remercier, Mr. AOUADI Salah de la Direction des Ressources en Eau de la Wilaya de Souk-Ahras, Mme. STAIFI Lila de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques de Constantine, Mme. MAZANI Fouzia et toute l'équipe du laboratoire de groupe (GICA) de Sour-El-Ghozlane, la direction des travaux publics de la wilaya de Guelma, la SETS de Sétif etc …qui m'ont aidée à récupérer des données.

Je remercie également Mr. BELLAL, Directeur technique au niveau de centre CETIM Boumerdes.

Je tiens également à remercier tous mes enseignants du département des Sciences de la Terre de l'Université de Sétif -1- et toute l'équipe du département des Sciences de la Terre de l'Université de Larbi Tébéssi, Tébessa.

Dédicace

Je dédie cette thèse à Ceux qui ont beaucoup sacrifié leur temps pour mon bonheur et ma réussite

Aux êtres les plus chers au monde Mes très chers parents ;

Mon cher mari Tarek, pour son soutien et encouragement ;

A mes chers frères Oussama et Djallal ;

A Sarah, Chahine et Sami

À ma belle-mère

À mes belles-sœurs et beaux-frères

A toute la famille Boudjellal et la famille Chouaba

A tous mes amies, collègues et enseignants.

À tous ceux qui me sont chers.

Rania

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE ET PROBLIMATIQUE	1
CHAPITRE I : INTRODUCTION SUR LES GLISSEMENTS DE TERRAIN ET CONCEPTS DE BASE	
1. Introduction	5
2. Typologie et Classifications des mouvements de terrain	5
2.1.Typologie	5
2.2.Classification	7
2.2.1. Les mouvements lents et continus	7
2.2.1.1.Les affaissements	7
2.2.1.2. Les Tassements	8
2.2.1.3. Le retrait-gonflement	9
2.2.1.4. Le fluage	9
2.2.1.5. Le fauchage	10
2.2.1.6. La Solifluxion	10
2.2.1.7. Le Glissement	11
2.2.2. Les mouvements rapides et discontinus	11
2.2.2.1. Les effondrements de cavités souterraines naturelles ou artificielles (carrières et ouvrages souterrains)	11
2.2.2.2. Les écroulements et les chutes de blocs	12
2.2.2.3. Les Coulées boueuses et laves torrentielles	13
3.Principaux types de glissements de terrain dans les dépôts meubles	13
3.1. Classement suivant la géométrie	13
3.1.1. Glissements plans ou glissement translational	13
3.1.2. Glissement circulaire	14
3.1.3. Glissements complexes	15
3.2. Classification selon la vitesse	15
3.2.1. Glissements lents	15
3.2.2. Glissements modérés	15
3.2.3. Glissements rapides	15
3.2.4. Glissements instantanés	16
3.3. Classification selon la profondeur de la surface de glissement	16
3.3.1. Glissements superficiels	16
3.3.2. Glissements moyens	16
3.3.3. Glissements profonds	16
4. Causes des glissements de terrain	17
4.1. Les facteurs de prédisposition	18

4.1.1. La pesanteur	18
4.1.2. L'eau	18
4.1.3. La nature et les caractéristiques mécaniques des terrains	18
4.1.4. La structure des terrains	19
4.1.5. La géomorphologie	19
4.1.6. La couverture végétale	19
4.2. Les facteurs aggravants	20
4.3. Les facteurs déclenchants	21
4.3.1. Les précipitations	21
4.3.2. La temperature	21
4.3.3. Le séisme et le volcanisme	22
4.3.4. L'action de l'homme	22
5. Synthèse de l'étude historique et de l'inventaire des mouvements de terrains	24
6. Généralités et principes sur la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain	47
7. Méthodes d'évaluation de la susceptibilité	48
7.1. L'inventaire des glissements	49
7.2. Approche qualitative	49
7.2.1. L'approche experte ou heuristique	49
7.3. Approches semi-quantitatives	50
7.4. Approche quantitative	50
8. Apport des SIG : un environnement à multiples facettes et favorable pour une approche prédictive	53
9. Etapes de la modélisation de la susceptibilité sous SIG	54
10. Conclusion	55
CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	
1. Cadre géographique géomorphologique et géologique du bassin de Seybouse	57
1.1. Localisation géographique	57
1.2. Cadre morphologique	58
1.2.1. Le bassin de la haute Seybouse	58
1.2.2. Le bassin de la moyenne Seybouse	59
1.2.3. Le bassin de la basse Seybouse	59
1.3. Cadre géologique détaillé	61
1.3.1. Aperçu sur la géologie régionale	61
1.3.1.1. Domaine interne	62
1.3.1.2. Domaine des flyschs	62
1.3.1.2.1. Flyschs Mauritaniens	63
1.3.1.2.2. Flyschs Massyliens	63
1.3.1.2.3. Flyschs Numidiens	63
1.3.1.3. Domaine externe	63

1.3.1.3.1. Les séries de l'avant pays	64
1.3.2. Géologie du bassin versant Seybouse	66
1.3.2.1. La géologie de la basse Seybouse	66
1.3.2.2. Géologie de la moyenne Seybouse	69
1.3.2.3. Géologie de la haute Seybouse	75
1.4. Aperçu structural et tectonique	77
2. L'hydrologie et l'hydrogéologie de la région	80
2.1. Hydrologie	80
2.2. Hydrogéologie	83
3. Climat et végétation	83
3.1. Climat	83
3.2. Végétation	85
4. Aperçu socio- économique	86
4.1. Agriculture	86
4.2. Industrie	88
4.3. Population	89
CHAPITRE III : ETUDE HYDRO-CLIMATOLOGIQUE	
1. Introduction	92
2. Présentation du bassin versant étudié	93
2.1.Caractéristiques géométriques d'un bassin versant	93
2.1.1. Surface A	93
2.1.2. La forme des bassins	93
2.1.3. Le périmètre	94
2.1.4. Rectangle équivalent	94
2.1.5. Topographie / Relief	95
2.1.6. Les altitudes caractéristiques	95
2.1.7. La pente moyenne du bassin versant	96
2.1.8. L'indice de pente ip	97
2.1.9. L'indice de pente global ig	97
2.2. Caractéristiques du réseau hydrographique	98
2.2.1. Topologie des cours d'eau	98
2.2.2. Longueur et pente	99
2.2.3. Le Degré de développement du réseau	99
2.3.Les Caractéristiques morphométriques et hydrographiques des unités hydrologiques de la Seybouse	100
3. Etude Hydro-climatique de la zone d'étude	102
3.1.Etude de la pluviométrie	102
3.1.1. Station des mesures	102

3.1.2. Les précipitations annuelles et leurs évolutions	105
3.1.2.1.L'écart-type	105
3.1.2.2.Le coefficient de variation	105
3.1.2.3.L'Ecart à la moyenne	108
3.1.2.4. L'Indice de précipitation standardisé	115
3.1.3. Précipitations moyennes mensuelles et répartition saisonnière	136
3.1.3.1.Représentation mensuelle des précipitations	136
3.1.3.2.Répartition saisonnière	142
3.2.La température	145
3.3.Diagramme pluviométrique de Gaussen (P=2T) (courbe ombrothermique)	151
3.4.Classification climatique en fonction de l'indice d'aridité	154
3.4.1. L'indice climatique de De MARTONNE (1923)	154
3.5. L'évapotranspiration et le bilan hydrique	156
3.5.1. Etude de l'évapotranspiration	156
3.5.1.1.Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR)	156
3.5.1.2. Estimation de l'évapotranspiration potentielle	157
3.5.2. Calcul du bilan hydrologique de Thornthwaite	158
3.5.3. Interprétation du bilan	165
3.6. Relation précipitation et déclanchement des glissements de terrain	166
4. Conclusion	168
CHAPITRE IV : ETUDE GEOLOGIQUE, GEOTECHNIQUE ET MINERALOGIQUE DES MATERIAUX IMPLIQUES DANS LES GLISSEMENTS DE TERRAIN	
1. Introduction	170
2. Inventaire des glissements de terrain	170
3. Comportement lithologique des versants affectés par des glissements de terrain	179
4. Caractérisation des propriétés géotechniques et minéralogiques des matériaux associés aux glissements de terrain	184
4.1. Caractérisation géotechnique	188
4.1.1. Principe des essais de laboratoire	188
4.1.1.1. Essai au Bleu de méthylène (NF P94-068)	188
4.1.1.2. Les limites d'Atterberg	189
4.1.1.3. Analyse granulométrique et sédimentométrie	191
4.1.1.4. Essais de Cisaillement	192
4.1.2. Interprétation des résultats des essais de laboratoire	193
4.1.2.1. Résultats et interprétation d'essai Bleu de méthylène	193
4.1.2.2. Résultats des limites d'Atterberg	195
4.1.2.3. Résultat de l'essai granulométrique et sédimentométrie	197
4.1.2.4. Résultats de cisaillement	199

4.2. Caractérisation minéralogique par la diffraction aux rayons X	200
4.2.1. Résultats et interprétation d'essai DRX	201
4.3. Caractéristique chimique par Spectrométrie de fluorescence X	203
4.3.1. Résultats et interprétation de Spectrométrie de fluorescence X	205
5. Conclusion	207
CHAPITRE V : ANALYSE ET CARTOGRAPHIE DE LA SUSCEPTIBILITE AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN	
1.Méthodologie générale d'approche : Approche d'Analyse Multi-échelle (AAM)	209
2. Zonation de la susceptibilité à échelle régionale (1/ 100 000) du bassin Seybouse par approches qualitatives et semi- quantitatives	209
2.1. Secteur d'étude	210
2.2. Sélection des paramètres générant les glissements de terrain	210
2.3. Méthodologie du travail appliquée pour la zone d'étude	211
2.3.1. Cartographie d'inventaire des glissements de terrain	212
2.3.2. Cartographie des facteurs conditionnant la susceptibilité et les déclenchements des glissements de terrain avec leur relation	214
2.3.2.1. Lithologie	214
2.3.2.2. Les précipitations	217
2.3.2.3. La pente	220
2.3.2.4. Aspect de la pente	222
2.3.2.5. Altitude	224
2.3.2.6. L'occupation du sol	226
2.3.2.7. Distance aux réseaux hydrographiques	228
2.3.2.8. Distance aux failles	230
2.3.2.9. Distance aux routes	232
2.4. Evaluation de la susceptibilité aux glissements	234
2.4.1. Le processus d'analyse hiérarchique (AHP)	234
2.4.1.1. L'application de la méthode AHP passe par les étapes suivantes	235
2.4.1.2. Résultats et discussion	237
2.4.2. La méthode de Combinaison de Carte d'Index (CCI)	241
2.4.2.1. Résultats et discussion	242
2.4.3. Comparaison entre des deux méthodes (AHP et CCI)	246
2.4.4. Qualité de la carte de susceptibilité : validation du modèle	247
3. Zonation de la susceptibilité à méso-échelle (1/ 50 000)	250
3.1. Zone d'étude : région de la Seybouse moyenne	250
3.1.1. Cadre géographique	250
3.2. Les approches sélectionnées pour le zonage de la susceptibilité à méso échelle	251
3.2.1. Théorie de l'évidence (WOE) : Approche bivariée	251
3.2.1.1. Principes de la théorie de l'évidence	252
3.2.2. La méthode Rapport de Fréquence (FR)	253

3.2.2.1. Principes de la méthode rapport de fréquence (FR)	254
3.2.3. La méthode d'entropie de Shannon	254
3-2.3.1-Principes de l'entropie de Shannon	255
3.3. Évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain	255
3.3.1. Sélection des facteurs	257
3.3.1.1. Lithologie	257
3.3.1.2. Précipitations	259
3.3.1.3. Distance aux routes	259
3.3.1.4. Distance au réseau hydrographique	260
3.3.1.5. Distance aux failles	261
3.3.1.6. Hypsométrie	262
3.3.1.7. Gradient de pente	263
3.3.1.8. Aspect de la pente	264
3.3.1.9. Plan de Courbure	265
3.3.1.10. SPI (Stream power index)	266
3.3.1.11. TWI (Topographic Wetness Index)	267
3.4. Résultats et discussions	269
3.4.1. Application de la théorie d'évidence	269
3.4.2. Application de la méthode Rapport de Fréquence (FR)	274
3.4.3. Application de la méthode Entropie de Shannon	279
3.5. Validation des modèles	284
4. Evaluation de la susceptibilité à grande échelle par l'approche géomorphologique	288
4.1. Cadre géographique	288
4.2. Cadre géologique et géomorphologique	289
4.3. Les instabilités liées à la géologie	293
4.4. Les Instabilités détectées sur le site	294
4.5. Causes et facteurs	295
4.5.1. Causes naturelles	295
4.5.2. Causes anthropiques	296
4.5. Résultats de susceptibilité au site d'étude	297
5. Conclusion	298
CONCLUSION GENERALE	300
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	306
ANNEXE	

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : INTRODUCTION SUR LES GLISSEMENTS DE TERRAIN ET CONCEPTS DE BASE	
Tableau I.1 : Classification selon l'activité (en fonction de la vitesse moyenne de glissement) (BENOUIS,2010).	16
Tableau I.2 : Classification d'après la profondeur de la surface de glissement (H. DOUMI ,2016)	17
Tableau I.3 : Les différentes échelles d'analyse pour l'aléa mouvements de versant (d'après, Soeters & van Westen, 1996 ; Maquaire, 2002 ; Thiery, 2007 ; van Westen et al., 2008)	48
CHAPITRE III : ETUDE HYDRO-CLIMATOLOGIQUE	
Tableau III. 2 : Sous classes de relief au sens des hydrologues de l'O.R.S.T.O.M. (IRD actuellement)	98
Tableau III.3 : Caractéristiques morphométriques et hydrographiques des unités hydrologiques de la Seybouse.	101
Tableau III.4 : Caractéristiques des stations météorologiques.	103
Tableau III.5: Moyenne, écart-type et coefficient de variation de la série pluviométrique (1958-2021).	107
Tableau III.6 : Caractéristiques des précipitations annuelles des stations pluviométriques du bassin versant de Seybouse.	108
Tableau III.7 : Coefficients pluviométriques des stations (1958-2021)	110
Tableau III.8: Classe de sévérité de sécheresse selon (Mckee et al., 1993).	116
Tableau III.9 : Probabilité d'occurrence (Mckee et al., 1993).	116
Tableau III.10 : Probabilité d'occurrence de chaque catégorie pour les douze stations du bassin versant Seybouse au cours de la période (1958-2021).	121
Tableau III.11 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) des 12 stations : Salines, Pont Bouchet, Boukhemouza , Bouchegouf, Guelma, Hammam Debegh, Hiliopolise, Medjez Amar, Tamlouka, Bordj Sabath, Machrouha, Hammam N'bail, (Période 1958 - 2021).	136
Tableau III.12 : Précipitations moyennes saisonnières en (mm) des 12 stations : Salines, Pont Bouchet, Boukhemouza , Bouchegouf, Guelma, Hammam Debegh, Héliopolis, Medjez Amar, Tamlouka, Bordj Sabath, Machrouha, Hammam N'bail, (Période 1958 - 2021).	142
Tableau III.13 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station des salines	145
Tableau III.14 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de Pont Bouchet	146
Tableau III.15 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de BOUKHEMOUZA.	146
Tableau III.16 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de BOUCHEGOUF	147
Tableau III.17 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de GUELMA	147
Tableau III.18 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de HAMMAM DEBEGH	148
Tableau III.19 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de HELIOPOLIS.	148
Tableau III.20 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de MEDJEZ AMAR.	149

Tableau III.21 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de TAMLOUKA. 149
Tableau III.22 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de Bordj Sebath 150
Tableau III.23 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de Machroha. 150
Tableau III.24 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de Hammam N'bail. 151
Tableau III.25: Type de climat selon l'indice d'aridité de Martonne (1923). 154
Tableau III.26: Indice d'aridité de Martonne 155
Tableau III.27: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station des Salines (1958-2021) 159
Tableau III.28: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station pont bouchet (1958-2021). 159
Tableau III.29: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station boukhemouza (1958-2021). 160
Tableau III.30: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station bouchegouf (1958-2021). 160
Tableau III.31: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station guelma (1958-2021). 161
Tableau III.32: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station hammam debegh (1958-2021). 161
Tableau III.33: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station héliopolis (1958-2021). 162
Tableau III.34: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station mdjez amar (1958-2021). 162
Tableau III.35: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station Tamelouka (1958-2021). 163
Tableau III.36: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station bordj sabath (1958-2021). 163
Tableau III.37: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station machrouha (1958-2021). 164
Tableau III.38: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station hammam n'bail (1958-2021). 164
Tableau III.39: Les résultats globaux. 165
CHAPITRE IV : ETUDE GEOLOGIQUE, GEOTECHNIQUE ET MINERALOGIQUE DES MATERIAUX ASSOCIES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN
Tableau IV.1: Classification des unités lithologiques de la zone d'étude. 182
Tableau IV.2 : Les coordonnées géographiques des échantillons prélevés. 187
Tableau IV.3 : Classification de bleu méthylène. 188
Tableau IV.4 : Classification des sols selon l'indice de plasticité IP. 190
Tableau IV.5 : Classification du degré de plasticité selon l'indice de plasticité d'un sol. 190
Tableau IV.6 : État de consistance du sol en fonction de Ic 190
Tableau IV.7 : État de consistance du sol en fonction de IL 190
Tableau IV.8 : Résultat et classification d'essai VBs sur les échantillons prélevés 194
Tableau IV.9 : Résultat et classification des limites d'Atterberg des échantillons prélevés. 196
Tableau IV.10 : Résultat d'essai granulométrique et sédimentométrie. 198
Tableau IV.11 : Résultat de cisaillement rectiligne à la boîte des échantillons prélevées. 199
Tableau IV.12 : Résultat des caractéristiques chimiques des échantillons prélevés par le Spectromètre de fluorescence X. 206
CAPITRE V : ANALYSE ET CARTOGRAPHIE DE LA SUSCEPTIBILITE AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN
Tableau V.1 : Groupes des paramètres sélectionnés dans la présente étude ainsi que les données utilisées. 211
Tableau V.2 : Echelle de Saaty 235
Tableau V.3 : Indice de cohérence aléatoire (IA) (Saaty, 1980) 237

Tableau V.4 : Matrice de comparaison par paires pour les facteurs causaux de glissements de terrain requis pour l'application de la méthode AHP.	238
Tableau V.5 : Matrice normalisée et la valeur propre principale pour les facteurs causaux du glissements de terrain	239
Tableau V.6 : Les valeurs de La ration de consistance et indice de cohérence	239
Tableau V.7 : Pondération des différentes classes et poids relatifs des facteurs pris en compte pour la genèse des glissements de terrain dans la zone d'étude.	242
Tableau V.8 : les cinq classes de la susceptibilité aux glissements de terrain	247
Tableau V.9 : Corrélation spatiale entre les facteurs prédictifs et les valeurs de pondération calculées par la théorie de l'évidence, (W+) : la valeur la probabilité a priori, (W-) : la valeur de la probabilité à posteriori, (C) : le contraste qui est la différence entre W+ et W-.	271
Tableau V.10 : les cinq classes de la susceptibilité aux glissements de terrain	273
Tableau V.11 : Relation spatiale entre chaque facteur de causalité et glissement de terrain en utilisant le rapport de fréquence (FR).	276
Tableau V.12: les cinq classes de la susceptibilité aux glissements de terrain	279
Tableau V.13 : Relation spatiale entre chaque facteur de causalité et glissement de terrain selon le modèle SE.	281
Tableau V.14 : les cinq classes de la susceptibilité aux glissements de terrain	283

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : INTRODUCTION SUR LES GLISSEMENTS DE TERRAIN ET CONCEPTS DE BASE

Figure I.1 : Classification des mouvements de terrain d'après Cruden et Varnes, 1996. 6

Figure I.2: Classification des mouvements de terrain, (Martin, 2006). 7

Figure I.3: Principe d'une cuvette d'affaissement et ses conséquences sur le bâti de surface. 8

Figure I.4 : Tassement du sol. 8

Figure I.5: Retrait-gonflement des argiles. 9

Figure I.6 : Écroulement par fluage d'une couche sous-jacente. 9

Figure I.7 : Fuchage- coupe- 10

Figure I.8 : Phénomène de solifluxion. 10

Figure I.9: Phénomène glissement de terrain. 11

Figure I.10 : Principe d'une cuvette d'effondrement et ses conséquences sur le bâti de surface 12

Figure I.11 : Schéma de principe de chutes de blocs et éboulements. 12

Figure I.12 : coulée boueuse. 13

Figure I.13 : Glissement plan (Philipponnat,1998). 14

Figure I.14: Coupe géologique et géotechnique d'un glissement circulaire (DURVILLE et GILLE, 2008). 14

Figure I.15: Coupe géologique et géotechnique d'un glissement complexe (DURVILLE & GILLE, 2008). 15

Figure I.16 : Illustration de la genèse d'un glissement de terrain par un graphique montrant les vitesses dedéplacement du versant en fonction du temps, *in* Pollet (2004). 17

Figure I.17: Illustration schématique de l'évolution du facteur de sécurité (Fs) en fonction du temps des phénomènes d'instabilité qui se développent aujourd'hui (LATELTIN et al., 1997). 20

Figure I.18 : Diagramme représentant des différentes méthodes de cartographie de la susceptibilité suivant le type d'approche. 52

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Figure II.1 : Situation géographique du Bassin versant Seybouse. 58

Figure II.2 : Localisation des principales montagnes du BV de la Seybouse sur un fond d'image satellitaire Sentinel 2A. 60

Figure II.3 : Haut : Carte structurale schématique de la chaîne Magrébide montrant la disposition des zones internes et externes, Bas : coupe simplifiée sur la transversale de la grande Kabylie, d'après Delga et Fontboté (1980). 61

Figure II.4 : Coupe géologique schématique illustrant les Rapports structuraux entre les différentes unités de la chaîne des Maghrébides (d'après Delga, 1969). 62

Figure II.5 : Position des nappes de flyschs par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides. 63

Figure II.6 : un exemple d'agencement des différents domaines et unités cités précédemment en Algérie (exemple du Constantinois, Algérie Nord-orientale).	64
Figure II.7 : La relations structurale : Néritique / Sellaoua (Chadi et al. 1999).	65
Figure II.8: Carte géologique du bassin versant d'Oued Seybouse Maritime	68
Figure II.9: Carte géologique du bassin versant d'Oued Mellah.	71
Figure II.10 : Carte géologique du bassin versant d'Oued Seybouse moyenne.	72
Figure II.11 : Carte géologique du bassin versant d'Oued Bouhamdane.	73
Figure II.12 : Carte géologique du bassin versant d'Oued Cherf Aval.	74
Figure II.13 : Carte géologique du bassin versant d'Oued Cherf Amont.	76
Figure II.14 : Les structures et les formations imputables à la tectonique priabonienne (J. M. Vila, 1980).	79
Figure II.15 : Représentation des principaux effets de la néotectonique. (J. M. Vila, 1980) .	80
Figure II.16 : Réseau hydrographique du bassin versant d'oued Seybouse.	81
Figure. II.17 : Réseau hydrographique du bassin de la Seybouse (Source des données : ABH CMS 1999).(modifié 2024).	82
Figure II.18 : carte pluviométrique du bassin versant Seybouse extraite de la carte des pluies moyennes annuelles du Nord de l'Algérie (ANRH).	84
Figure II.19 : végétation du bassin, (A partir des images Sentinel 2A).	85
Figure II.20 : Présentation des périmètres irrigués dans le Bassin versant d'Oued Seybouse (ABH.2013, Modifié en 2024).	87
Figure II.21 : Nombre des unités industrielles dans le BV de la Seybouse.	88
Figure II.22 : Répartition des industries par wilaya	89
Figure II.23 : Répartition de la population par commune dans le bassin de la Seybouse. (Les données de RGPH -2008).	90
CHAPITRE III : ETUDE HYDRO-CLIMATOLOGIQUE	
Figure III.1 : Classification du chevelu hydrographique (Règle de Strahler).	98
Figure III.2 : Carte de localisation des stations pluviométriques de mesure dans la région d'étude.	104
Figure III.3 (a et b) : Les variations du coefficient pluviométrique (Cp) aux stations	115
Figure III.4 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. les salines.	117
Figure III.5 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. Pont Bouchet.	117
Figure III.6 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. Boukhemouza.	118
Figure III.7 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. Bouchegouf.	119
Figure III.8 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. Guelma.	119
Figure III.9: Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. Hammam Debegh.	120
Figure III.10 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. Hiliopolise.	121
Figure III.11 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. Mdjez Amar.	121
Figure III.12 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI) de la S. Tamelouka.	122
Figure III.13 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. Bordj Sabath.	122
Figure III.14 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. les salines.	123
Figure III.15 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. Hammam N'bail.	124

Figure III.16: Répartition spatiale des précipitations moyennes annuelles	127
Figure III.17 : (a.b.c.d.e.f.g.h.i.j.k.l) Représentation mensuelle des précipitations.	138
Figure III.18 : Répartition spatiale des précipitations moyennes mensuelles (1958-2021)	139
Figure III.19 : (a.b.c.d.e.f.g.h.i.j.k.l) Représentation saisonnière des précipitations.	144
Figure III.20 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de durant la période (1958 - 2021).	145
Figure III.21 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de durant la période (1958 - 2021).	146
Figure III.22 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de durant la période (1958 - 2021).	146
Figure III.23 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de durant la période (1958 - 2021).	147
Figure III.24 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de durant la période (1958 - 2021).	147
Figure III.25 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de durant la période (1958 - 2021).	148
Figure III.26 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de durant la période (1958 - 2021).	148
Figure III.27 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de durant la période (1958 - 2021).	149
Figure III.28 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de durant la période (1958 - 2021).	149
Figure III.29 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de durant la période (1958 - 2021).	150
Figure III.30 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de durant la période (1958 - 2021).	150
Figure III.31 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de durant la période (1958 - 2021).	151
Figure III.32 : (a.b.c.d.e.f.g.h.i.j.k.l) Diagramme pluviométrique de Gaussen.	153
Figure III.33 : Abaque de l'Indice d'aridité Annuel de Martonne.	155
Figure III.34 : carte des précipitation moyenne annuel et la distribution spatiale des glissements de terrain	167
CHAPITRE IV : ETUDE GEOLOGIQUE, GEOTECHNIQUE ET MINERALOGIQUE DES MATERIAUX ASSOCIES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN	
Figure IV.1 : Carte d'inventaire des glissements de terrains de la zone d'étude montre la répartition spatiale de 2633 points de glissements.	171
Figure IV.2 : image par satellite de la zone de glissement (2021)	172
Figures IV.3.4.5.6.7.8.9.10.11 : l'inventaire des glissements de terrain par une interprétation systématique des images satellites de Google Earth Pro	178
Figure IV.12 : carte géologique de la zone d'étude	180
Figure IV.14 : carte des faciès géologique à comportement analogue.	181
Figure IV.15 : Image satellitaire de positionnement des échantillons dans la région d'étude.	186

Figure IV.16 : Essai de cisaillement direct à la boîte de Casa grande.	192
Figure IV.17 : Courbe granulométrique de l'échantillon 38	198
Figure IV.18 : Illustration de la loi de Bragg (Hubert 2008).	200
Figure IV.19: Diagrammes de diffraction des rayons X des échantillons (21.18.9.27 respectivement).	203
CAPITRE V : ANALYSE ET CARTOGRAPHIE DE LA SUSCEPTIBILITE AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN	
Figure V.1 : Situation géographique du secteur d'étude (Bassin Seybouse).	210
Figure V.2 : Organigramme des méthodes (CCI et AHP).	212
Figure V.3 : Carte d'inventaire des glissements de terrain de la zone d'étude.	213
Figure V.4 : Carte des classes lithologiques à comportement similaire.	216
Figure V.5 : La répartition des glissements de terrain pour chaque classe lithologique.	217
Figure V.6 : Carte pluviométrique de la zone d'étude.	219
Figure V.7 : la répartition des glissements de terrain dans chaque classe de précipitation.	220
Figure V.8 : Carte des pentes de la zone d'étude.	221
Figure V.9: la répartition des glissements de terrain dans chaque classe de pente.	222
Figure V.10: Carte d'aspect de la pente de la zone d'étude	223
Figure V.11: la répartition des glissements de terrain dans chaque classe d'aspect de la pente.	224
Figure V.12: Carte d'altitude de la zone d'étude.	225
Figure V.13: La répartition des glissements de terrain dans chaque classe d'altitude.	226
Figure V.14 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude.	227
Figure V.15: La répartition des glissements de terrain dans chaque classe d'occupation du sol.	228
Figure V.16 : Carte de distance au réseau hydrographique de la zone d'étude.	229
Figure V.17 : La répartition des glissements de terrain pour chaque classe de distance par rapport au réseau hydrographique.	230
Figure V.18 : Carte de distance aux failles de la zone d'étude.	231
Figure V.19 : La répartition des glissements de terrain pour chaque classe de distance par rapport aux failles.	232
Figure V.20 : Carte de distance aux routes de la zone d'étude.	233
Figure V.21 : La répartition des glissements de terrain pour chaque classe de distance par rapport aux routes.	234
Figure V.22 : Hiérarchie générale de la méthode AHP	236
Figure V.23: Carte de susceptibilité aux glissements de terrain de la zone d'étude par la méthode AHP.	240
Figure V.24 : Carte de susceptibilité aux glissements de terrain la zone d'étude par la méthode CCI.	245
Figure V.25 : Histogramme d'indices de la susceptibilité reclassification par la méthode des ruptures naturelles (Naturel breaks)	246
Figure V.26 : Histogramme des zones des glissements de terrain par rapport à la susceptibilité générée par les deux modèles « AHP et CCI »	247
Figure V.27 : Les courbes AUC représentant la qualité des modèles	248

Figure V.28 : Carte de susceptibilité aux glissements de terrain la zone d'étude par la méthode CCI avec des images de quelques points de glissement.	249
Figure V.29 : Carte de susceptibilité aux glissements de terrain la zone d'étude par la méthode AHP avec des images de quelques points de glissement.	249
Figure V.30 : Situation géographique de la zone d'étude (méso-échelle).	251
Figure V.31 : Organigramme de la méthodologie du travail.	256
Figure V.32 : Carte d'inventaire des glissements de terrain de la zone d'étude.	257
Figure V.33 : Carte lithologique de la zone d'étude	258
Figure V.34 : Carte des précipitations de la zone d'étude.	259
Figure V.35 : Carte de distance aux routes	260
Figure V.36 : Carte de distance au réseau hydrographique.	261
Figure V.37 : Carte de distance aux failles.	262
Figure V.38 : Carte d'altitude de la zone d'étude.	263
Figure V.39 : Carte de pente (en degré).	264
Figure V.40 : Carte aspect de pente.	265
Figure V.41 : Carte de plan de courbure.	266
Figure V.42 : Carte de l'indice de puissance du flux (SPI).	267
Figure V.43 : Carte de l'indice d'humidité topographique (TWI)	268
Figure V.44 : Carte de la susceptibilité aux glissements de terrain, en utilisant le modèle « WOE ».	273
Figure V.45 : Graphique à barres représentant les zones des glissements de terrain par rapport au susceptibilité généré par le modèle « WOE ».	274
Figure V.46 : Carte de la susceptibilité aux glissements de terrain, en utilisant le modèle « FR».	278
Figure V.47: Graphique à barres représentant les zones des glissements de terrain par rapport à la susceptibilité générée par le modèle « FR ».	279
Figure V.48 : Carte de la susceptibilité aux glissements de terrain, en utilisant le modèle « SE».	283
Figure V.49 : Graphique à barres représentant les zones des glissements de terrain par rapport au susceptibilité généré par le modèle « SE »	284
Figure V.50 : Validation de la Carte de la susceptibilité aux glissements de terrain « WOE ».	285
Figure V.51 : La courbe AUC représentant la qualité de modèle WoE	285
Figure V.52 : Validation de la Carte de la susceptibilité aux glissements de terrain « FR ».	286
Figure V.53 : La courbe AUC représentant la qualité de modèle FR	286
Figure V.54 : Validation de la Carte de la susceptibilité aux glissements de terrain « SE ».	287
Figure V.55 : La courbe AUC représentant la qualité de modèle (SE).	287
Figure V.56 : localisation de la zone d'étude.	288
Figure V.57 : Carte géologique de la région d'étude	290
Figure V.58 : carte des pentes et le modèle numérique de terrain de la zone d'étude.	292
Figure V.59 : carte topographique de site d'étude	293
Figure V.60 : localisation de quelques instabilités par image satellitaire (Google Earth Pro)	294
Figure V.61 : Carte de susceptibilité aux glissements terrain	297

LISTE DES PHOTOS

CHAPITRE I : INTRODUCTION SUR LES GLISSEMENTS DE TERRAIN ET CONCEPTS DE BASE

Photo I.1 : affaissement de terrain à Ben Aknoun.2016.	8
Photo I.2 : Tassement d'école primaire Draa kaid Bejaïa.	8
Photo I.3 : Vue rapprochée de fentes de dessiccation dans l'argile	9
Photo I.4 : Loupes de solifluxion végétalisées (Swiss).	10
Photo I.5 : Glissement de terrain de la vallée du Saint-Laurent (Québec).	11
Photo I.6 : un effondrement d'une cavité dans la commune d'el Ouldja.(Sétif).	12
Photo I.7 : éboulement rocheux Cap AOKAS.	12
Photo I.8 : La coulée boueuse d'Illilten (Tizi Ouzou) 2012.	13
Photo I.9 : Glissement plan sur la Corniche Basque (Urrugne).	14
Photo I.10: Glissement de terrain de La Conchita de mars 1995,California.	14
Photo I.11: RN20 Simple Glissement au niveau d'un talus.	24
Photo I.12 : CW 27 Glissement Complexe.	24
Photo I.13 : vue globale du glissement.	25
Photo I.14 : état de la chaussée en surface.	25
Photo I .15 : état des fossés en aval de la route.	26
Photo I.16 : mouvement de terrain en aval de la chaussée.	26
Photo I.17-I.18 : confortement successifs mis en œuvre	27
Photo I.19-I.20 : fissures de traction dans le talus amont et coulée de terre.	27
Photo I.21 : état de la chaussée.	28
Photo I.22 : Des fissures en amont de la route.	29
Photo I.23 : Butée en gabions.	30
Photo I.24 : Vue de la largeur de la plate-forme.	30
Photo I.25 : Vue des éperons et des fossés bétons.	31
Photo I.26 : Affaissement métrique de la chaussée.	31
Photo I.27 : Décrochement de la chaussée.	32
Photos I.28 : fissure transversale sur la chaussée.	32
Photo I.29 : fissures décimétriques et affaissement de la chaussée.	33
Photo I.30 : fissures décimétriques sur le corps de remblai.	33
Photo I.31 : état de la route au pk 60+300.	34
Photo I.32 : vue globale du glissement.	34
Photos I. 33 et I.34: état de lagune lors de notre visite.	35
Photo I.35 : tranchée de vidange de la lagune en partie haute du versant	36
Photo I. 36 : mur de soutènement en gabion en amont de la route	36
Photo I.37: état du fossé béton en crête de talus.	36
Photo I.38 : vue de la zone instable.	37
Photos I.39-I.40 : vue de la partie aval du glissement.	37

Photos I.41-I.42 : vue de la zone d'habitation et des signes de mouvement.	37
Photo I.43 : vue d'ensemble de l'étendu du glissement	39
Photo I.44 : La limitation du glissement sur la partie aval de la chaussée	39
Photos I.45-I.46 : Photos représentants le glissement des débris d'un mur réalisé pour confortement.	39
Photo I.47 : Vue en plan de l'ensemble du pont de glissement.	40
Photo I.48: Photo montrant un récent glissement à la sortie d'oued zenati.	40
Photo I.49: Photo montrant un deuxième point de glissement récent à la sortie d'Oued Zenati	41
Photos I.50- I.51 : Photos montrant clairement l'impact du glissement sur la route.	41
Photo I.52 : Image satellitaire montre la position des deux glissements PK 12 et PK19	42
Photo I.53 : Photo satellitaire du glissement de terrain PK 12 (coordonnées : 36°33'49.43"N, 7°29'9.15"E)(05/2019).	43
Photo I.54 : Glissement de terre végétale au niveau du Pk 12. (Source photo : el.Haimer.o et Belmoulai .k)	43
Photo I.55 : Photo satellitaire du glissement de terrain PK 19 (coordonnées : 36°36'35.23"N, 7°29'53.41"E)(05/2019).	44
Photos I.56-I.57 : les fissures au niveau du talus de pk 19 et la présence d'eau. (Source : el.Haimer.o et Belmoulai .k)	44
Photo I.58: Photo satellitaire de la zone de glissement.	45
Photo I.59 : Décrochement vertical importante dans les remblais de quelques mètres en profondeur (source : sortie terrain le 13 mars 2021).	46
Photo I.60 : visite des responsables concernés au site de glissement.	47
CHAPITRE IV : ETUDE GEOLOGIQUE, GEOTECHNIQUE ET MINERALOGIQUE DES MATERIAUX ASSOCIES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN	
PhotoIV.1 : Décrochement vertical important dans les remblais de quelques mètres en profondeur (RN20 -PK70+000)	172
Photos IV.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11.12.13 : Quelques points d'inventaire des glissements de terrain lors des visites effectuées sur le terrain (2021-2023).	172
Photo IV.14 : Essai de bleu de méthylène.	193
Photo IV.15 : Essai limite de plasticité.	195
Photo IV.16 : Essai limite de liquidité.	195
Photo IV.17 : Essai granulométrique et sédimentométrie.	197
Photo IV.18 : Résultat de cisaillement sur quelques échantillons.	199
Photo IV.19 : Vue générale de la boîte de cisaillement.	199
Photo IV.20 : Spectromètre de fluorescence X.	205
CAPITRE V : ANALYSE ET CARTOGRAPHIE DE LA SUSCEPTIBILITE AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN	
Photo V.1 : Formation d'argile versicolore du Trias.	291
Photo V.2 : Affleurement du gypse dans les argiles de Trias.	291
Photos V.3-V.4 : photos montrant l'état de la route.	295

INTRODUCTION GENERALE ET PROBLIMATIQUE



INTRODUCTION GENERALE ET PROBLEMATIQUE

Les mouvements de terrain résultent du déplacement d'une masse rocheuse, de débris ou de sol sur une pente sous l'effet de la gravité. Ils recouvrent une large gamme de phénomènes naturels allant de la coulée boueuse aux écroulements rocheux. Ces phénomènes sont liés à différents facteurs de prédisposition comme la pente, la lithologie ou l'occupation du sol ; et à des facteurs de déclenchement, tels que les précipitations intenses ou prolongées, la fonte des neiges, les séismes ou les actions anthropiques diverses. Ils peuvent être actifs, inactifs ou dormants et peuvent affecter une surface réduite ou bien des versants entiers sur des profondeurs variables. Toutes ces caractéristiques en font un phénomène complexe de la géomorphologie (Terzaghi, 1960). Lorsqu'ils interfèrent avec les activités humaines, ces phénomènes deviennent de véritables risques naturels majeurs responsables de dommages conséquents en termes financiers et/ou de vies humaines. Les statistiques mondiales montrent que les mouvements de versant ne sont responsables que d'une proportion limitée des dommages et pertes humaines engendrés par les phénomènes naturels. Schuster (1996) souligne cependant que les conséquences socio-économiques des mouvements de versant restent largement sous-estimées dans la mesure où les dégâts générés sont souvent associés à leur(s) facteur(s) de déclenchement (inondations, tempêtes, séismes etc.). Ce constat met donc en évidence l'importance et l'enjeu scientifique résidant dans la nécessité de prédire l'occurrence spatiale et temporelle de ces événements (déclenchement et/ou réactivation).

Au cours des dernières décennies, le risque de glissement de terrain s'est intensifié dans le monde, il a causé plusieurs situations catastrophiques dont les origines peuvent être les suivantes :

- Le risque de glissement de terrain croît dans les pays en voie de développement, suite à la dégradation de l'environnement physique ;
- Le changement climatique global semble avoir une influence négative par la l'accentuation de la sécheresse et les orages accrus ;
- La croissance démographique, l'urbanisation intensive et l'abandon progressif des zones rurales, etc.
- La vulnérabilité des éléments face au risque a également augmenté, suite à la croissance de la structure socio-économique des pays industrialisés. Les seuils des risques

acceptables ont été radicalement réduits dans les pays développés, car la société actuelle ne tolère plus de pertes résultant des événements naturels inattendus.

Les glissements de terrain représentent une menace constante et répandue sur le bien-être des habitants des environnements montagneux Algériens. Plusieurs secteurs du Nord-Est Algérien sont souvent le siège de glissements spectaculaires. Il s'agit de nombreux villages, centres urbains et routes éparpillés sur les flancs raids du Tell, de l'Atlas ou sur les terrains tectonisés des fronts des nappes. On estime que, chaque année, ils occasionnent des impacts socio-économiques directs et indirects qui se chiffrent en milliard de dinars. Cet aléa géologique constitue un axe de recherche en développement constant, les zones habitées étant de plus en plus envahissantes et les exigences pour la maîtrise des aléas étant de plus en plus fortes. Ce projet de thèse a comme objectif principal l'évaluation de l'impact conjugué des pluies extrêmes sur l'amplification des glissements de terrain dans les alentours de la région de Guelma NE du pays où il constitue l'aléa le plus dommageable. Les technologies spatiales, et de façon plus particulière les systèmes d'observation de la Terre, constituent désormais des outils incontournables dans la problématique. Un environnement SIG fournit le dispositif idéal pour construire, stoker, et gérer des bases de données assez volumineuses recueillies dans le cadre de ce projet. Plusieurs paramètres disponibles de prédisposition et de déclenchement du milieu géologique, hydro-climatologique, anthropique et environnemental ont été cartographiés et hiérarchisés dans le but de mieux comprendre leurs interrelations, et leurs effets respectifs dans la genèse des glissements de terrain. Les résultats escomptés de cette étude fournissent un puissant outil d'aide à la décision pour présenter, comparer et discuter des scénarios d'aménagement du territoire : aménagements urbains, ouvrages ou tracés routiers, etc.

Organisation de la thèse :

La présente thèse est constituée de cinq chapitres.

Dans **le premier chapitre**, après la description de la problématique et les objectifs fixés par cette thèse. Ensuite, nous ferons un aperçu général sur les glissements en exposant les notions théoriques liés aux mouvements de terrain tels que les types de mouvements de terrain, les circonstances dans lesquelles on peut avoir des mouvements de terrain et les causes de glissement, une synthèse de l'étude historique et de l'inventaire des glissements de terrain dans la région d'étude , les principes des méthodes d'évaluation de la susceptibilité et l'apport des SIG comme outil d'aide à la compréhension des phénomènes et à leur analyse spatiale.

Le deuxième chapitre a été consacré à la description du cadre géographique, géomorphologique, et géologique du Bassin versant de la Seybouse.

Le troisième chapitre constitue une analyse hydro-climatologique. Cette analyse a pour

objectif de mieux connaître l'évolution des caractéristiques climatiques dans le temps et dans l'espace de la zone d'étude, et la distribution statistique de la variabilité interannuelle et l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle et annuelle ainsi que les caractéristiques géographiques du bassin versant de la Seybouse.

Le quatrième chapitre consiste à réaliser l'inventaire des glissements de terrain récents et actuels de notre zone étude. Présentés le cadre géologique et le comportement géotechnique des faciès géologiques agissant dans les glissements de terrain et leur caractéristique minéralogiques et chimiques.

Le cinquième chapitre présente la partie qui a été consacrée à l'évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain à trois différentes échelles.

-1- A l'échelle régionale (Bassin Seybouse) par approche heuristique par combinaison de cartes d'index et par approche semi-quantitative AHP ;

-2- A l'échelle moyenne (méso-échelle Sous Bassin de la moyenne Seybouse) par trois approches d'analyse spatiale fondée sur des méthodes probabilistes, à savoir les approches bivariées : Théorie de l'Evidence ou (*Weight of Evidence*), l'approche Rapport de Fréquence ou (*Frequency ratio FR*) et la méthode Entropie de Shannon *(SE).* Il s'agit ici d'une démarche exploratoire où il a été possible de définir la meilleure combinaison de paramètres pour la construction de la carte de susceptibilité. ;

-3- et à l'échelle large par l'utilisation d'une approche géomorphologique.

CHAPITRE I :
INTRODUCTION SUR LES GLISSEMENTS DE TERRAIN ET CONCEPTS DE BASE



1. Introduction :

Les mouvements de terrain sont les manifestations du déplacement gravitaire de masses de terrain déstabilisées sous l'effet de sollicitations naturelles (fonte des neiges, pluviométrie anormalement forte, séisme, etc.) ou anthropiques (terrassement, vibration, déboisement, exploitation de matériaux ou de nappes aquifères, etc.). Ils recouvrent des formes très diverses qui résultent de la multiplicité des mécanismes initiateurs (érosion, dissolution, déformation et rupture sous charge statique ou dynamique), eux-mêmes liés à la complexité des comportements géotechniques des matériaux sollicités et des conditions de gisement (structure géologique, géométrie des réseaux de fractures, caractéristiques des nappes aquifères, etc.).

2.Typologie et Classifications des mouvements de terrain :

2.1. Typologie :

Les mouvements de terrain regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. Les volumes en jeu sont compris entre quelques mètres cubes et quelques millions de mètres cubes. Les déplacements peuvent être lents (quelques millimètres par an) ou très rapides (quelques centaines de mètres par jour).

De nombreux systèmes ont été proposés pour la classification des mouvements de terrain, Varnes, 1958 ; Varnes, 1974; Nemcok et al., 1972; Hutchinson, 1988 ; Sassa, 1988…etc) . Diverses caractéristiques ont été prises en compte dans ces classifications, elles peuvent se baser sur : les mécanismes et la composante principale du déplacement, (Varnes, 1984; Martin 2006); La géométrie et l'état d'activité (Dikau et al., 1996); les caractéristiques géotechniques et les vitesses de déplacement (Hungr et al., 2001); le type de matériaux (Corominas 1998); le contexte géologique et géomorphologique (Hutchinson 1988).

Cependant, la typologie et la terminologie pour classer les différents types de MT restent très ambiguës. Elle n'existe aucune classification standard gérant tous les types de mouvements de terrain, mais les systèmes les plus couramment adoptés sont ceux de Varnes (1978) et Hutchinson (1988). Dikau et al (1996) ont produit la classification automatique, compatible avec Hutchinson (1988) et EPOCH (The Temporal Occurrence and Forecasting of Landslides in the European Community). (1993). Etc .

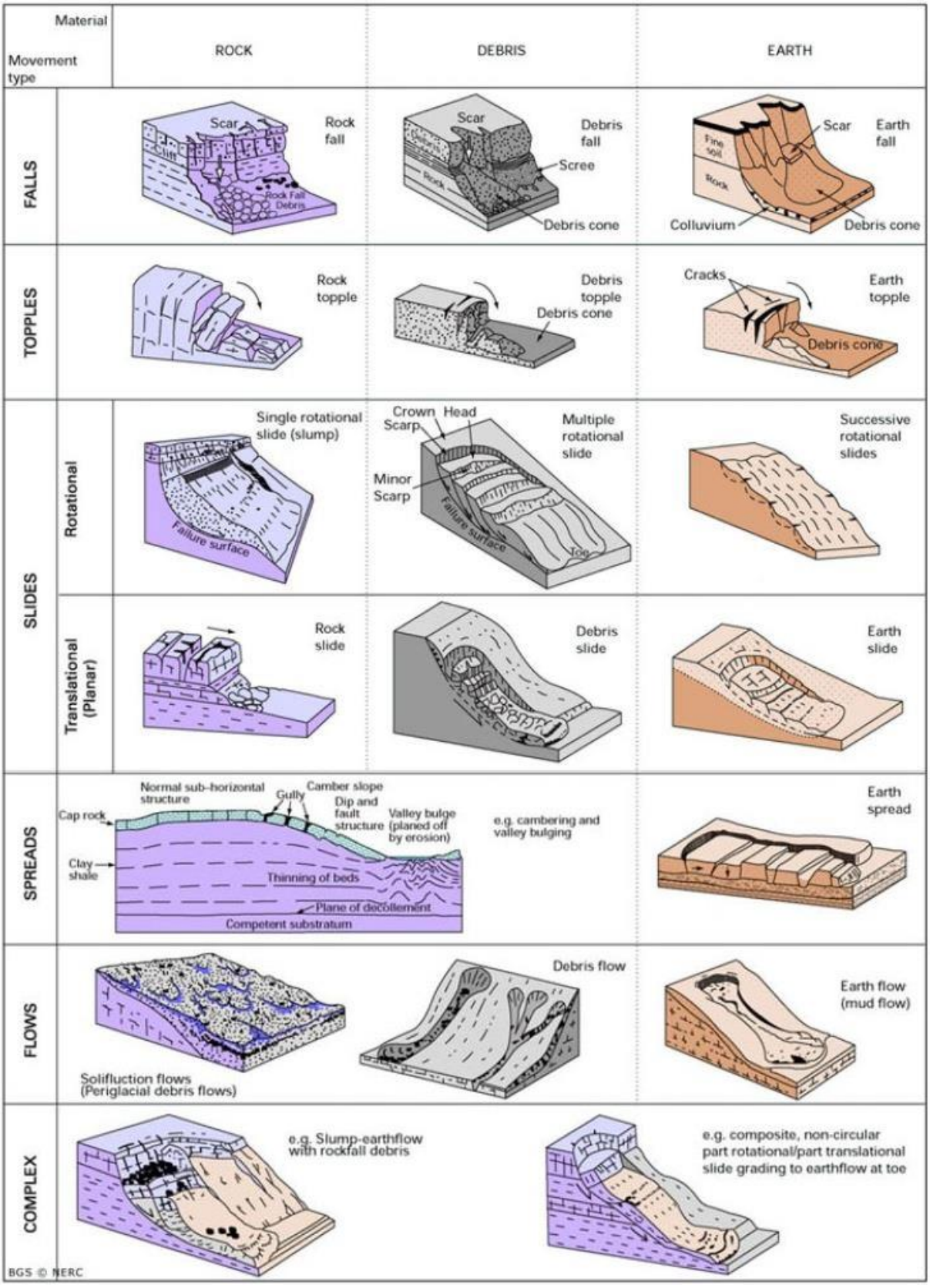


Figure I.1 : Classification des mouvements de terrain d'après Cruden et Varnes, 1996.

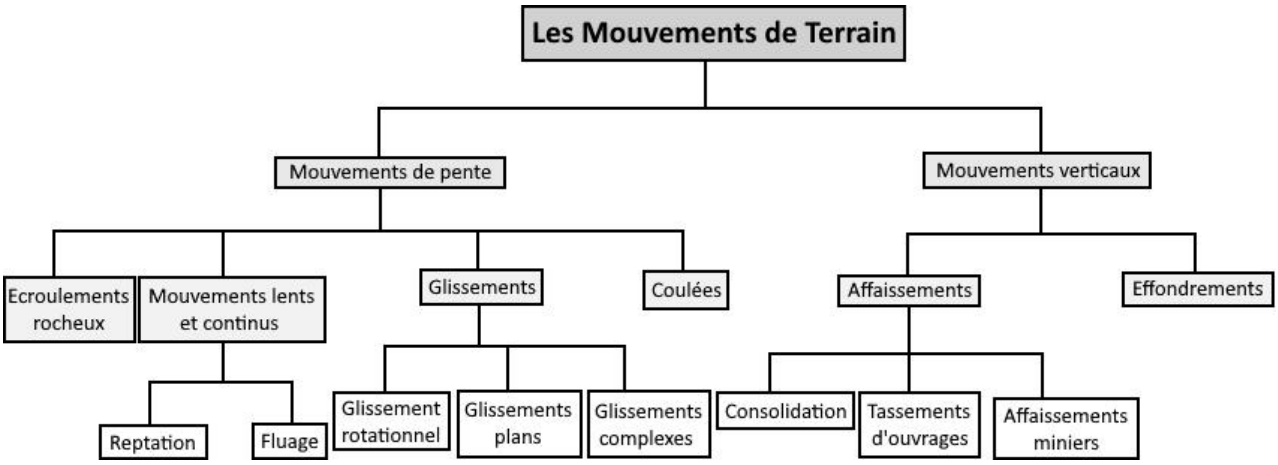


Figure I.2: Classification des mouvements de terrains, (Martin, 2006).

2.2. Classification :

Selon la vitesse de déplacement, deux ensembles de mouvements de terrain peuvent être distingués :

2.2.1. Les mouvements lents et continus :

La déformation des terrains est progressive. Elle permet généralement d'anticiper et ainsi de prévenir plus efficacement des effets indésirables**.** Comprennent les tassements et affaissements du sol, le retrait/gonflement des argiles avec la présence ou non d'eau, et les glissements de terrain après que le sol soit saturé en eau.

2.2.1.1. Les affaissements :

Un affaissement de terrain est un déplacement du sol ou du sous-sol lent et continu. Certains sols compressibles (qui peuvent être comprimés) peuvent se tasser sous l'effet du poids des constructions qui les surmontent. Ce phénomène est à l'origine de nombreuses dégradations sur les habitations qui y sont particulièrement sensibles. Les fondations des bâtiments sont ainsi détériorées par l'instabilité du terrain.

On peut alors constater l'apparition de fissures à l'extérieur et à l'intérieur de la maison. Il s'agit de l'un des "symptômes" du phénomène d'affaissement. Ces fissures doivent immédiatement alerter les propriétaires du bien qui n'est alors plus aux normes de sécurité.

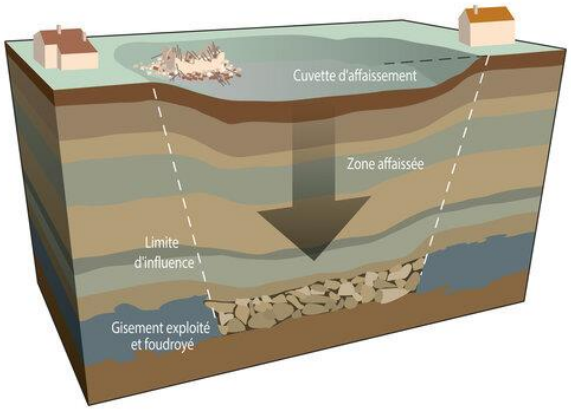


Figure I.3: Principe d'une cuvette d'affaissement et ses conséquences sur le bâti de surface.

Source : www.georisques.gouv.fr



Photo I.1 : affaissement de terrain à Ben-Aknoun.2016.

2.2.1.2. Les Tassements :

Le tassement du sol est un processus par lequel les particules de sol sont pressées ensemble de manière plus étroite et plus dense. Ce processus peut se produire naturellement au fil du temps en raison de la charge exercée par les couches supérieures du sol sur les couches inférieures ou une pression. Cependant, il peut également être provoqué intentionnellement par l'homme pour renforcer la stabilité du sol, améliorer la portance du sol ou réduire les risques de tassement ultérieurement.

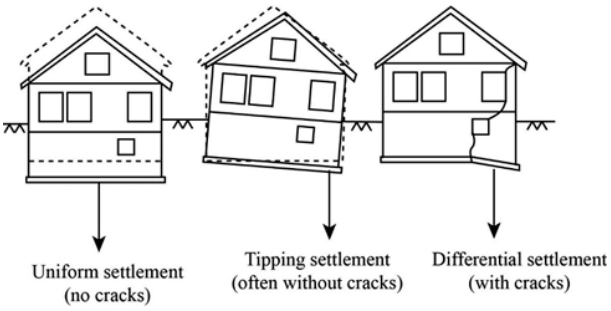


Figure I.4 : Tassement de sol. Source : Andrew Lees 2024



Photo I.2 : Tassement d'école primaire Draa El kaid Bejaïa.

2.2.1.3. Le retrait-gonflement :

Le retrait –gonflement est un phénomène qui se produit en raison des variations de la quantité d'eau dans certains terrains argileux qui produisent des gonflements en périodes humides et des tassements en périodes sèches. Il s'agit d'un processus naturel qui peut avoir des conséquences importantes sur les infrastructures et les constructions.

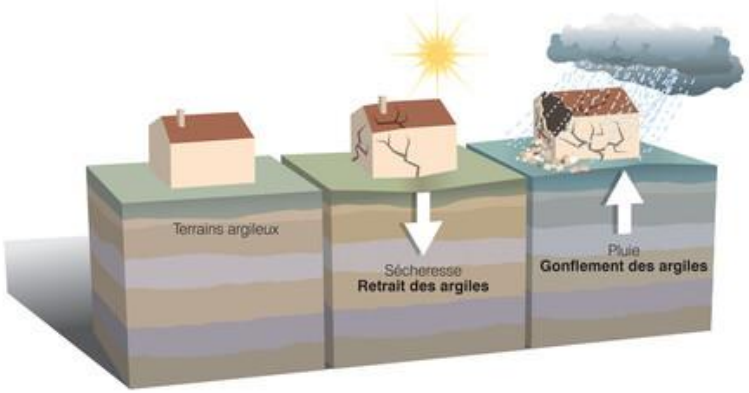


Figure I.5: Retrait-gonflement des argiles. Source : www.georisques.gov.fr



Photo I.3 : Vue rapprochée de fentes de dessiccation dans l'argile

2.2.1.4. Le fluage :

Le fluage, est un phénomène de déformation lente et continue dus à des sollicitations atteignant le domaine plastique donc proche de la rupture.

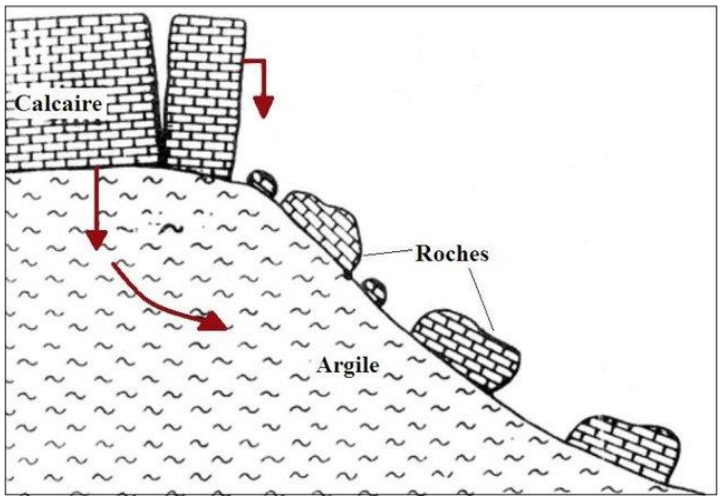


Figure I.6 : Écroulement par fluage d'une couche sous-jacente. Source : Cours Mécanique des Sols (MDS).Hadji Riheb 2020.

2.2.1.5. Le fauchage :

Le fauchage est une déformation superficielle, sous l'influence de la gravité, des couches de roches stratifiées redressées à la verticale, et entraîne un basculement vers l'aval des têtes de couches sur une épaisseur très variable (quelques mètres à quelques centaines de mètres). Les matériaux se désagrègent et passent à l'état de rocher disloqué puis d'éboulis.

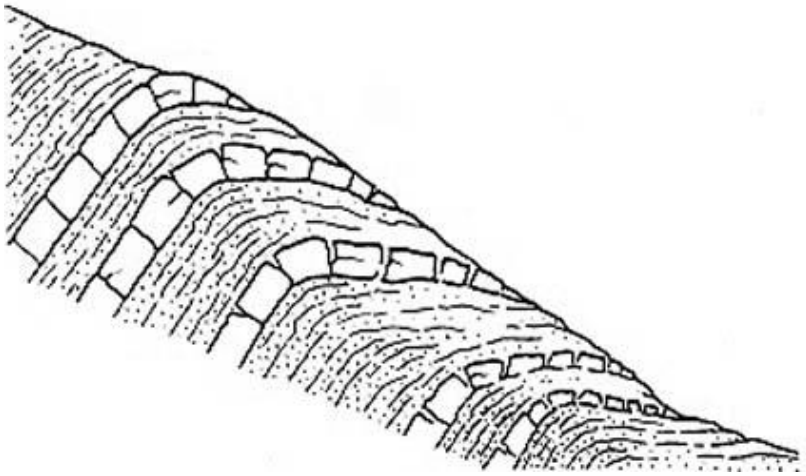


Figure I.7 : Fuchage- coupe-source : le dictionnaire de géologie Raoult et Foucault).

2.2.1.6. La Solifluxion :

La solifluxion désigne les phénomènes de déformation lente (quelques cm/an) de la couche superficielle (profondeur inférieure à 2m) du sol et de formations meubles et spécialement les versants marneux lorsqu'elles sont gorgées d'eau, se lubrifient et deviennent plastiques. Elles sont caractérisées par une zone de départ inexistante et une faible extension des masses en mouvement.

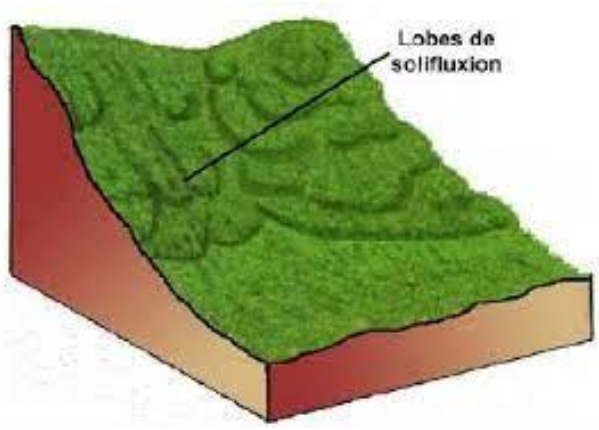




Figure I.8 : Phénomène de solifluxion**.** **Photo I.4** : Loupes de solifluxion végétalisées (Swiss).
Source: engineering geology mimaed.com**.**

2.2.1.7. Le Glissement :

Un glissement de terrain peut être défini comme le mouvement vers le bas d'une pente d'une masse de sols le long d'une surface de rupture, qui s'amorce dans un talus sous l'effet de la gravité. La surface de rupture est celle le long de laquelle glisse la masse de sols. Les glissements de terrain constituent des phénomènes naturels. Leur manifestation résulte généralement de la combinaison de facteurs aggravants ou déclencheurs, notamment, les précipitations, la présence d'érosion, l'inclinaison de la pente, les propriétés géologiques et géotechniques des sols, les conditions d'eau souterraine, etc.

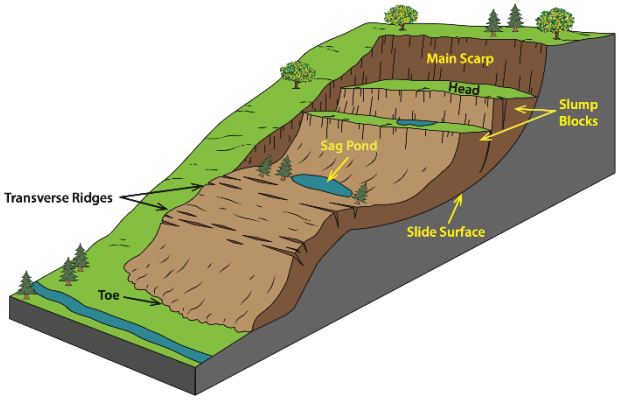


Figure I.9: Phénomène de glissement de terrain. Source : Utahgeology.com



Photo I.5 : le glissement de terrain de la vallée du Saint-Laurent (Québec).

2.2.2. Les mouvements rapides et discontinus :

Ils se propagent de manière brutale et soudaine. Ils peuvent être scindés en deux groupes, selon le mode de propagation des matériaux, en masse, ou à l'état remanié.

Le premier groupe (propagation en masse) comprend :

2.2.2.1. Les effondrements de cavités souterraines naturelles ou artificielles (carrières et ouvrages souterrains) :

L'évolution des cavités souterraines naturelles (dissolution de gypse) ou artificielles peuvent entraîner l'effondrement du toit de la cavité et provoquer en surface une dépression généralement de forme circulaire. L'intensité de ce phénomène varie suivant la surface affectée (débourrage d'un puits d'accès, effondrement localisé d'une cave ou effondrement généralisé.

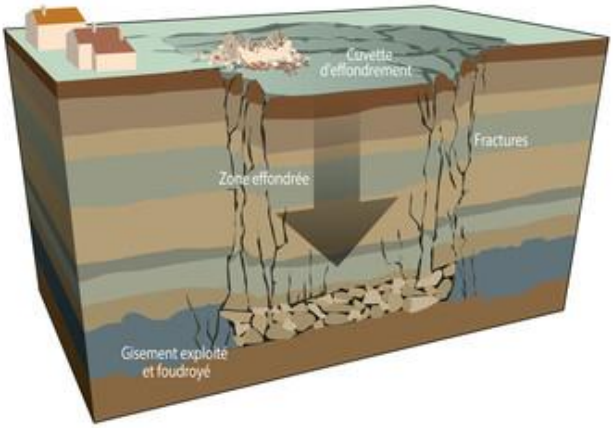


Figure I.10 : Principe d'une cuvette d'effondrement et ses conséquences sur le bâti de surface Source : Les PPRmvt .fr



Photo I.6 : un effondrement d'une cavité dans la commune d'El Ouldja.(Sétif).

2.2.2.2. Les écroulements et les chutes de blocs :

Ce sont des phénomènes rapides ou événementiels, résultant de l'évolution de falaise, et mobilisant des blocs de roche plus ou moins homogènes depuis un sommet ou une pente. On utilise le terme de chute de pierres pour le détachement de quelques unités de volume inférieur à 1 dm3, ou chute de blocs pour un volume supérieur à 1 dm3. Le terme écroulement est utilisé quand il s'agit de la chute soudaine d'une masse rocheuse qui se détache d'une paroi en se désorganisant.

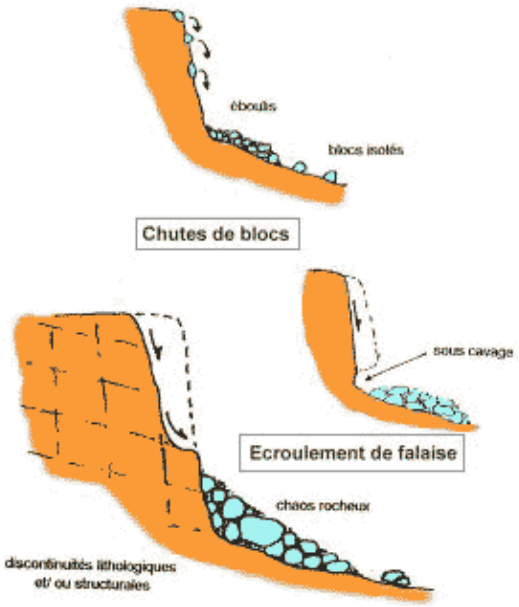


Figure I.11 : Schéma de principe de chutes de blocs et éboulements. Source : DREAL.fr



Photo I.7 : éboulement rocheux Cap AOKAS (Bejaïa).

Le second groupe (propagation en état remanié) comprend :

2.2.2.3. Coulées boueuses et laves torrentielles :

Les coulées apparaissent dans des matériaux meubles (sols argileux ou marneux) lorsque leur teneur en eau augmente de manière importante (la masse en mouvement a franchi sa limite de liquidité). Ces coulées peuvent se produire à la suite d'une solifluxion ou d'un glissement de terrain.

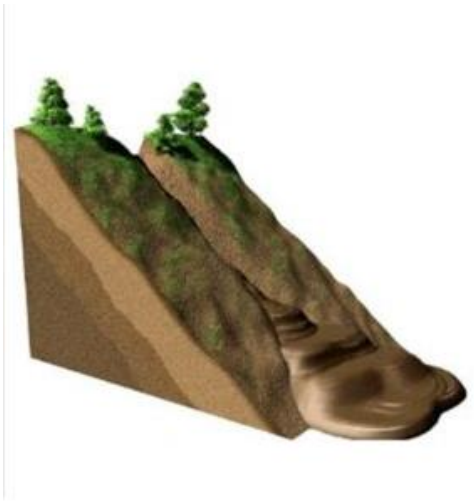


Figure I.12 : coulée boueuse.
Source : Ali Bouafia 2018.

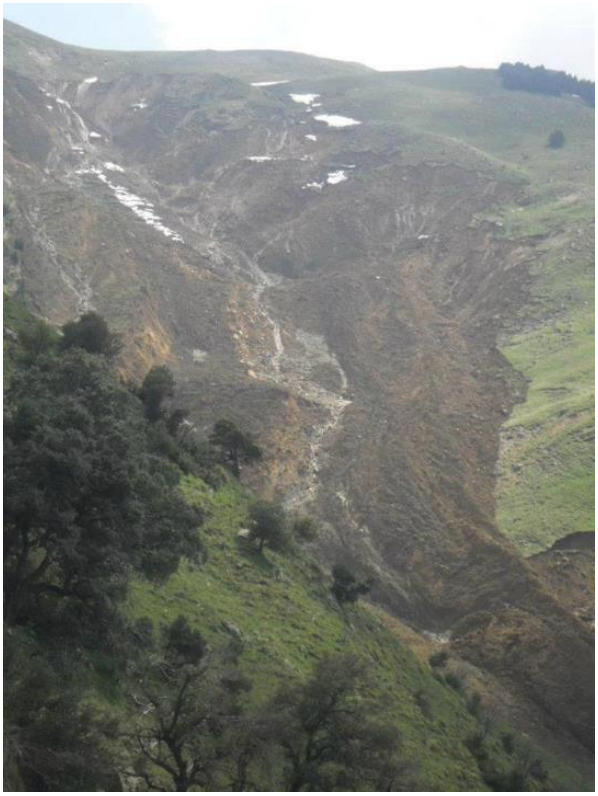


Photo I.8 : La coulée boueuse d'Illilten (Tizi Ouzou) 2012

3. Principaux types de glissements de terrain dans les dépôts meubles :

3.1. Classement suivant la géométrie :

Les types de glissements peuvent être regroupés en trois familles principales en fonction de la géométrie de la surface de glissement. Ces familles sont :

3.1.1. Glissements plans ou glissement translational :

Dans un glissement plan, la surface de glissement est bien définie et se produit le long d'une seule surface inclinée. Les particules du sol ou de la roche se déplacent parallèlement à cette surface, ce qui entraîne le mouvement en bloc de la masse de terrain concernée.

Généralement il se produit au niveau d'une surface de discontinuité géologique : Zone entre deux matériaux de nature différente, failles, plans de stratification.... La ligne de rupture

suit une couche mince de mauvaises caractéristiques sur laquelle s'exerce souvent l'action de l'eau. Une telle couche est appelée « Couche savon ».

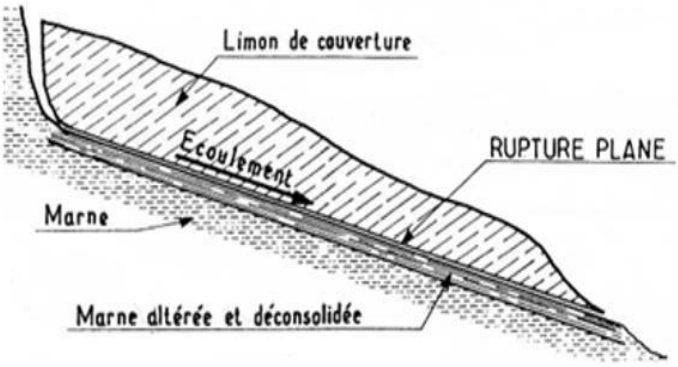


Figure I.13 : Glissement plan **(**Philipponnat,1998**).**



Photo I.9 : Glissement plan sur la Corniche Basque (Urrugne).

3.1.2. Glissement circulaire :

Dans un glissement circulaire, la surface de glissement prend une forme courbe ou circulaire. Cela se produit généralement lorsque la pente est convexe, et la masse de terrain glisse le long d'une surface incurvée, entraînant un mouvement rotatoire. C'est le cas en particulier des ruptures de remblais sur sol mou et de déblais en sols homogènes.

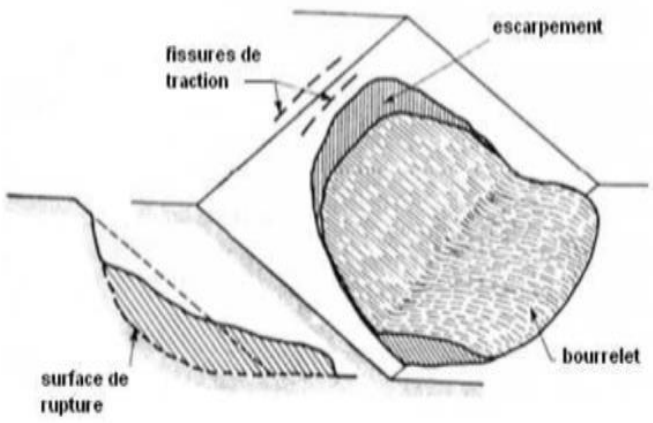


Figure I.14: Coupe d'un Glissement circulaire (DURVILLE et GILLE, 2008).



Photo I.10: Glissement de terrain de La Conchita de mars 1995,California.

3.1.3. Glissements complexes :

Les glissements complexes sont des cas où plusieurs surfaces de glissement interagissent, créant des mouvements combinés ou des mouvements le long de trajectoires variées. Dans ces situations, le comportement de glissement peut être plus difficile à prévoir et à modéliser. Les glissements complexes peuvent impliquer des glissements translatoires et rotatoires simultanément ou d'autres types de déformations du sol ou de la roche.

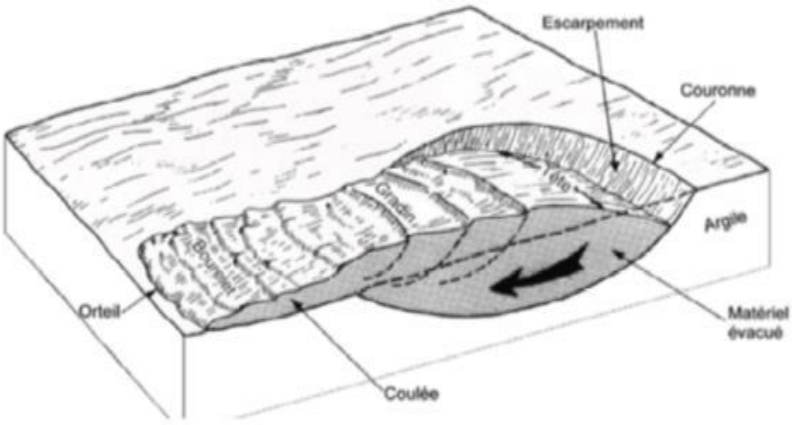


Figure I.15 : Coupe d'un glissement complexe (DURVILLE & GILLE, 2008).

3.2. Classification selon la vitesse :

3.2.1. Glissements lents :

Les glissements lents sont des mouvements de terrain relativement lents, généralement perceptibles sur de longues périodes. Leur vitesse peut varier de quelques millimètres à quelques centimètres par an. Ils sont souvent associés à des conditions géologiques particulières, telles que des sols argileux ou des formations rocheuses susceptibles de se déformer lentement sous l'influence de forces extérieures.

3.2.2. Glissements modérés :

Les glissements modérés se situent entre les glissements lents et rapides en terme de vitesse. Ils peuvent se déplacer à quelques centimètres à plusieurs mètres par an. Ces glissements peuvent être provoqués par des précipitations intenses ou une saturation du sol, ce qui réduit la cohésion du matériau.

3.2.3. Glissements rapides :

Les glissements rapides se produisent lorsque le mouvement du sol ou des roches s'accélère de manière significative. Leur vitesse peut varier de plusieurs mètres à des dizaines de mètres par heure, voire plus dans certains cas extrêmes. Ces types de glissements peuvent être particulièrement dévastateurs et dangereux pour les zones habitées ou les infrastructures.

3.2.4. Glissements instantanés :

Les glissements instantanés, parfois appelés glissements catastrophiques, se caractérisent par des mouvements extrêmement rapides et soudains, qui peuvent se produire en quelques secondes à quelques minutes. Ils sont généralement associés à des événements géologiques ou météorologiques extraordinaires, tels que les coulées de boue suite à de fortes pluies ou les glissements de terrain provoqués par des tremblements de terre.

Tableau I.1 : Classification selon l'activité (en fonction de la vitesse moyenne de glissement) (BENOUIS,2010).

Glissement	Vitesse de glissement
Sub- stabilité, très lent	0-2 cm/an
Peu actif, lent	2-10 cm/an
Actif (ou lent avec phases rapides)	>10 cm/an

3.3. Classification selon la profondeur de la surface de glissement :

3.3.1. Glissements superficiels :

Ce sont les glissements de terrain qui se produisent dans les premiers centimètres à quelques mètres de profondeur. Ils sont généralement caractérisés par un mouvement de la couche superficielle du sol ou de la roche sur une surface de rupture peu profonde. Les glissements de terrain en pente douce, tels que les glissements de boue et les éboulements, sont souvent classés dans cette catégorie.

3.3.2. Glissements moyens :

Ces glissements de terrain se produisent à des profondeurs plus importantes que les glissements superficiels, allant généralement de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres. Ils impliquent le déplacement de couches de sol ou de roche plus épaisses sur des surfaces de rupture plus profondes. Les glissements de terrain en rotation, les glissements de terrain en bloc, et les glissements translatoires peu profonds sont des exemples de glissements moyens.

3.3.3. Glissements profonds :

Ce sont des glissements de terrain qui se produisent à des profondeurs importantes, allant généralement de plusieurs dizaines de mètres à des centaines de mètres. Ces types de glissements impliquent souvent des déplacements de masses rocheuses importantes sur des surfaces de rupture très profondes. Les glissements de terrain en rochers et les glissements de terrain en masse en sont des exemples typiques.

Le tableau suivant représente la classification selon la profondeur

Tableau I.2 : Classification d'après la profondeur de la surface de glissement (H. DOUMI ,2016)

Glissement	Surface de glissement
Superficiel	0-2 m
Semi-profonde	2-10 m
Profonde	10-20 m
Très profonde	20-30 m

4. Causes des glissements de terrain :

Le passage de l'état stable à l'état instable est lié à des causes nombreuses et variées qui viennent s'ajouter aux conditions initiales, intrinsèques au terrain. On distingue plusieurs facteurs qui influencent le phénomène du mouvement de terrain. Ils correspondent à l'action naturelle ou anthropique nécessaire au déclenchement d'un glissement de terrain. Cette action déclenchante peut être liée à un ou plusieurs stimuli externe (pluie intense, séisme, etc.) Cruden &Varnes 1996.

On peut regrouper ces facteurs en trois catégories : les facteurs de prédisposition, les facteurs aggravants et les facteurs déclenchants.

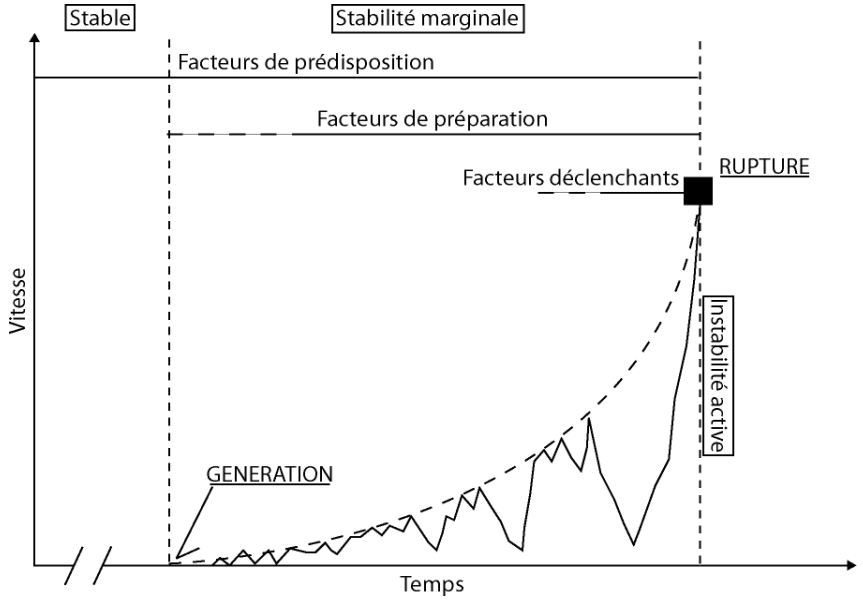


Figure I.16 : Illustration de la genèse d'un glissement de terrain par un graphique montrant les vitesses de déplacement du versant en fonction du temps, *in* Pollet (2004).

4.1. Les facteurs de prédisposition :

Sont déterminés par l'histoire géologique du versant (lithologie, structure,) et les processus glaciaires associés. Elles définissent les paramètres qui ne sont pas susceptibles de changer au cours du temps et représentent les prédispositions des pentes à glisser. (LATELTIN et al. (1997)).

4.1.1. La pesanteur :

La gravité est la principale force motrice du mouvement. La stabilité d'un bloc est donnée par le rapport entre les forces stabilisatrices et déstabilisantes. On parle du facteur de sécurité (F). S'il est inférieur à 1, l'équilibre est rompu, s'il est supérieur à 1, l'équilibre est maintenu. Si l'on augmente le poids d'un morceau ou d'une partie de terrain, cela entraînera une augmentation des forces d'instabilité et une diminution du rapport F jusqu'à atteindre le seuil ultime d'équilibre avant rupture. L'effet de la gravité en tant que facteur de mouvement est étroitement lié à l'action humaine, puisque le plus souvent les humains modifient les conditions environnementales vers et parfois au-delà de la limite de rupture, soit par surcharge, soit par suppression de la butée en pied. (Besson, 1996).

4.1.2. L'eau :

C'est un facteur très déterminant pour la genèse d'un glissement de terrain. Elle agit par ameublissement et dégradation mécanique des terrains. Elle joue en même temps un facteur permanent et un facteur variable dans le temps (précipitation).

- ***Action mécanique***

Les pressions interstitielles élevées dans les sols constituent un élément défavorable à la stabilité d'une pente. Ces zones humides sont caractérisées par une nappe affleurant en quasi-permanence et par une végétation hygrophile particulière. Elles indiquent dans la plupart des cas une forte probabilité d'avoir une instabilité dans une pente. L'érosion des berges de cours d'eau ou des côtes marines est aussi la cause des instabilités de masse. L'action des vagues qui s'exerce au pied des falaises côtières contribue au recul des côtes par éboulements successifs.

- ***Action chimique***

On peut citer en particulier l'hydrolyse, qui est un processus lent et qui conduit à la transformation climatique de certains minéraux silicatés, comme par exemple les feldspaths, dont l'altération entraîne la formation d'argiles. L'hydratation de certains minéraux (anhydrite, par exemple) accompagnée de gonflement, peut contribuer à désorganiser un massif.

4.1.3. La nature et les caractéristiques mécaniques des terrains :

La nature des terrains est un des principaux facteurs d'apparition de ce phénomène tout comme l'eau et la pente. La très grande majorité des glissements apparaissent dans des terrains

argileux ou dans des formations grenues suffisamment chargées en argile pour que ce matériau impose son comportement.

La variation importante lithologique, dans une même formation géologique peut être à l'origine d'une répartition des mouvements de terrain.

4.1.4. La structure des terrains :

La tectonique, simple ou cassante, conditionne notablement la susceptibilité des terrains aux instabilités.

Les discontinuités qui affectent les roches cohérentes jouent un rôle déterminant dans la stabilité des massifs rocheux. Elles constituent des surfaces de faiblesse sur lesquelles se désigne la rupture et qui peuvent être à l'origine d'une étude de prédiction du mécanisme et du type de glissement (glissements plans, des glissements de dièdres, etc.) en se basant sur leurs orientations.

Les joints sédimentaires, plan de schistosité ou de foliation sont eux aussi des surfaces de faiblesse qu'il faut prendre en compte. Ils jouent le même rôle (favorisant l'instabilité des massifs) que les discontinuités. (Bendjeddou, 2015).

4.1.5. La géomorphologie :

La stabilité d'un versant montagneux est liée d'une part, à la nature géologique des formations le constituant et d'autre part, à sa morphologie (pente, escarpement,). En effet, il existe de nombreux éléments qui interviennent dans la modification de la morphologie d'un versant (érosion torrentielle, érosion glaciaire, érosion météorique, facteurs anthropiques,..).

Par exemple, l'érosion glaciaire crée, dans un premier temps, des auges glaciaires qui favorisent l'augmentation de la pente et dans un deuxième temps engendre une diminution de la butée en pied de versant.

4.1.6. La couverture végétale :

Le rôle stabilisateur du couvert végétal et des arbres tient à plusieurs facteurs :

- ✓ L'ancrage par les racines : Le terrain du versant se trouve emprisonné dans un radiculaire dense et donc il est stable.
- ✓ Le drainage par l'évapotranspiration : Les arbres prélèvent dans le terrain une quantité d'eau considérable par l'évapotranspiration.
- ✓ La rétention des eaux de pluie : La couverture végétale permet la rétention des eaux pluviales qu'elles ne viennent pas imbiber la masse de terrain.
- ✓ La protection contre l'érosion : La couverture végétale représente un tapis protecteur qui réduit fortement l'action du ruissellement superficiel.

A l'inverse, l'action de la végétation peut être déstabilisante en :

- ✓ Chargeant le versant ;
- ✓ Favorisant l'infiltration ;
- ✓ Interceptant l'énergie éolienne et induction des forces de traction dans le sol ;
- ✓ Créant une structure étagée : roche mère, roche altérée et sol compacté par la structure des racines ;
- ✓ L'élargissement des fissures dans un massif fissuré et leur progression en profondeur par le développement des racines et par suite d'augmentation des forces motrices à l'écoulement.

Sur le terrain, la végétation peut être indicatrice des glissements, il est possible de localiser et de délimiter les différentes parties d'un glissement à partir de la tenue des arbres ; arbres en pipe, arbres inclinés, paquets d'arbres isolés.

4.2. Les facteurs aggravants :

Sont liés aux processus climatiques à moyen et long termes (de la dizaine au millier d'années), aux activités anthropiques (déforestation) et à l'utilisation du sol. Les précipitations pluriannuelles, les variations de l'isotherme du 0°C, les fluctuations du niveau piézométrique et le bilan hydrologique constituent les principaux paramètres pouvant abaisser le facteur de sécurité jusqu'à une valeur proche de 1. Elles rendent donc les pentes susceptibles de bouger sans toutefois en provoquer la rupture (état marginalement stable ou potentiellement instable).

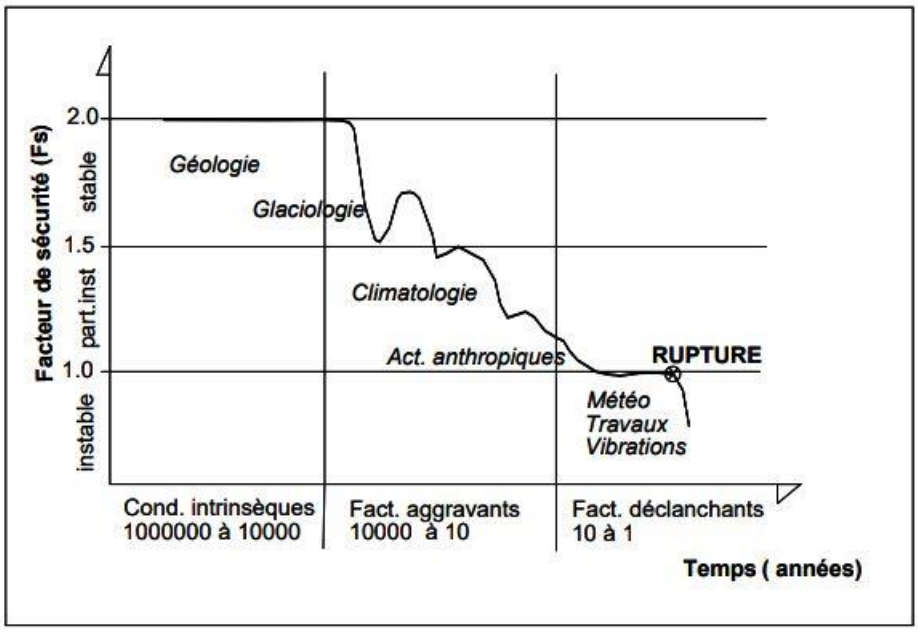


Figure I.17: Illustration schématique de l'évolution du facteur de sécurité (Fs) en fonction du temps des phénomènes d'instabilité qui se développent aujourd'hui (LATELTIN et al., 1997).

4.3. Les facteurs déclenchants :

Sont les paramètres qui initient le mouvement et qui font passer une pente d'un état d'équilibre instable (facteur de sécurité entre 1.0 et 1.5) à la rupture (facteur de sécurité < 1). Ils sont représentés surtout par les conditions climatiques de très court terme (d'ordre journalier à mensuel), les activités humaines (excavations, surcharges, travaux dans le versant,) ou des phénomènes vibratoires (séismes, explosions).

4.3.1. Les précipitations :

Les glissements de terrain apparaissent souvent au moment hydrologique le plus défavorable, c'est-à-dire lors de périodes pluvieuses prolongées, lors de fonte de neige ou après une longue période humide, selon des mécanismes tels que :

• L'augmentation de la pression interstitielle dans les sols saturés, due à un épisode pluvieux exceptionnel ou à une fonte de neiges, qui entraîne une diminution de la résistance au cisaillement du sol.

La saturation des sols par descente d'un front d'infiltration influe aussi et fait augmenter le poids moteur.

• Une réduction de la consistance d'une argile causée par l'augmentation de la teneur en eau, lorsque celle-ci se rapproche de la limite de liquidité wl, le milieu passe de l'état plastique à l'état liquide et la résistance au cisaillement diminue.

• L'érosion provoquant des changements de géométrie du versant, et par suite une modification de la pente qui implique une diminution du coefficient de sécurité.

• Des écoulements souterrains qui ont des actions défavorables sur la stabilité des pentes telles que la pression de courant et l'érosion souterraine. (Mahdadi.2019).

4.3.2. La température :

Les changements de température peuvent affecter la stabilité d'une pente sous au moins trois aspects. Tout d'abord, les changements de température peuvent provoquer des changements dans le couvert végétal (changement du type de végétation ou disparition de la végétation existante). Deuxièmement, la température affecte également les eaux souterraines. Comme la conductivité hydraulique du sol est fonction de la viscosité d'un fluide, la vitesse d'infiltration pourrait augmenter en raison d'une élévation de température. En outre, la masse d'eau souterraine subirait une dilatation thermique. Cette expansion thermique pourrait conduire à une élévation du niveau des eaux souterraines. Par conséquent, une augmentation significative de la température réduira la stabilité de la pente naturelle (Rathnaweera et al., 2012 ; Bo et al., 2008). Troisièmement, l'augmentation de la température peut dessécher le sol. Alors que dans certains cas, une teneur en humidité plus faible augmentera les paramètres de résistance du sol,

elle peut au contraire entraîner des pertes de cohésion du sol, par exemple en raison de la fissuration d'un dépôt d'argile (Gunzburger et al., 2004). Ces fissures accélèrent également l'infiltration avec une diminution du facteur de sécurité associé (Rathnaweera et al., 2012 ; Bo et al., 2008). En milieu montagnard et concernant la température de gel, une hausse ou une baisse de la température en hiver peut soit augmenter, soit diminuer le nombre de cycles de gel-dégel par an (Saad, 2012). En effet, dans une zone où les températures restent négatives longtemps en hiver, le décalage vers le haut de la valeur de la température peut entrainer l'apparition de cycles de gel-dégel. A l'inverse, pour une zone qui présente des cycles de gel-dégel avec des températures de gel négatives de quelques degrés, une hausse de la température pourrait entraîner un passage de la température du négatif au positif et donc faire disparaître les cycles de gel-dégel en question.

4.3.3. Le séisme et le volcanisme :

La stabilité d'un massif est fonction du rapport des forces stabilisatrices sur les forces déstabilisatrices. Rappelons, qu'en cas de séisme, il se produit une émission d'ondes sismiques ou ondes élastiques de deux types qui se propagent dans le sol : les ondes de volume dites ondes longitudinales et transversales et les ondes de surface dites ondes de Love et de Reyleigh. Ces ondes sismiques provoquent une sollicitation dynamique supplémentaire (Durville, 2000, Durville & Sève, 1996). L'équilibre des forces est ainsi modifié, ce qui peut conduire à des mouvements de terrain. Les déstabilisations dues aux séismes peuvent se manifester de différentes façons. Elles peuvent provoquer immédiatement des glissements de terrain, des coulées, des chutes de blocs et d'importantes dégradations des infrastructures à cause de la thixotropie des sols. Cette déstabilisation peut aussi avoir des effets à plus long terme, par augmentation de la fissuration du massif rocheux et diminution de sa résistance mécanique. De plus, les fissures agrandies tendent à plus long terme à augmenter l'infiltration de l'eau dans le massif, à favoriser l'éclatement du matériau à partir des cycles de gel-dégel et, ainsi aboutir à la rupture du massif.

L'explosion d'un volcan est souvent accompagnée d'une activité sismique qui favorise l'instabilité des versants. L'action de surpression de gaz et de vapeur d'eau peut, en outre, favoriser le déclenchement de mouvement de pentes sur les flancs du volcan.

4.3.4. L'action de l'homme :

L'homme, par ses nombreuses interventions lors des travaux d'aménagement, intervient surtout dans la modification morphologique du massif rocheux et des conditions hydrauliques initiales. Le cas le plus fréquent est l'excavation de la butée du massif lors de la construction

d’une route et la modification des circulations d’eau par la construction d’un mur de soutènement (Chamley, 2002).

Il est important de noter que ces facteurs peuvent souvent interagir de manière complexe, ce qui rend la prédiction des glissements de terrain difficile. Les zones à risque de glissements de terrain sont souvent identifiées à l'aide de cartes de susceptibilité et de modèles géologiques qui prennent en compte ces divers facteurs pour évaluer le risque potentiel. La gestion appropriée du territoire et des infrastructures, ainsi que la surveillance régulière des zones à risque, sont essentielles pour minimiser les impacts des glissements de terrain.

Les glissements de terrain peuvent être localement très meurtriers et causer des dommages importants sur les ouvrages et les infrastructures.

5. Synthèse de l'étude historique et de l'inventaire des mouvements de terrains :

Les Informations recueillis auprès de la DTP de Guelma, LTPE de Constantine et SETIA.

- **En mars 2010** Le village de Aïn Kharouba a failli se trouver isole après un mouvement de terrain qui a endommagé la route liant le village à la commune de Aïn H'ssainia et coupe la circulation suite aux fortes précipitations enregistrées en cette période, les sols gorges d'eau pluviale, ont accentué les menaces de glissements de terrain sur de nombreux secteurs de la ville. C'est au bord des routes que le danger est le plus élevé.



Photo I.11: RN20 Simple Glissement au niveau D'un talus. (Guelma).



Photo I.12 : CW 27 Glissement Complexe. (Guelma).

- **Période (2011-2012) Les glissements de la RN 16 :**

Toute la section située entre le PK 65+300 et PK 68+400.

Le tracé routier qui passe par cette zone fortement vulnérable traverse une ligne de partage des eaux (de direction sub méridionale) entre deux micro bassins hydrographiques.

Les différentes formes de désordre sont variées et semblent superficielles (Solifluxions creeping, coulées.), nous pensons cependant que ces désordres reflètent en fait de grands mouvements profonds. Ces mouvements profonds seraient étroitement contrôlés par le cadre géologique et surtout géodynamique. En effet, le secteur vulnérable longe une discontinuité géologique nette entre des formations jeunes du Pliocène (argiles rouges, grès de poudingue, marnes et calcaires lacustres) et des séries triasiques (formées essentiellement de dolomies, de brèches dolomitiques et des cargneules). Les déformations des séries pliocènes au contact des formations triasiques confirment d'une part la nature active du secteur et le rejeu récent et actuel du diapir triasique et d'autre part l'origine profonde de l'instabilité.

- **RN16-PK 65 +500 :**

Le mouvement de terrain concerne un linéaire assez important à cet endroit (Photo I.13-I.14).



Photo I.13 : vue globale du glissement.



Photo I.14 : état de la chaussée en surface.

Une déstructuration quasi totale des fossés d'assainissement mis en œuvre en contre bas de la route suite à des mouvements de terrain de la zone en aval de la route.





Photo I .15 : état des fossés en aval de la route.



Photo I.16 : mouvement de terrain en aval de la chaussée.

Les mouvements de terrains sont plus importants dans les zones ou les fossés sont rompus. Ces mouvements sont le résultat direct des infiltrations d'eau.

Pour résoudre ce problème, une étude géotechnique a été faite pour comprendre la nappe phréatique et les propriétés physiques et mécaniques du terrain, l'investigation réalisée à cet endroit et des essais au pénétromètre dynamique, des sondages avec prélèvements pour réaliser des essais d'identifications.

Les solutions envisageables sont une combinaison :

-D'un réseau de drainage des eaux internes à l'aide de tranché drainantes de toute la zone en mouvement,

-De la construction de remblai renforcé par des armatures extensibles (géogrille) aux endroits où les gabions sont à refaire.

RN 16 – PK 67

C'est un glissement récurrent et d'une grande ampleur. Le confortement mis en place est un gabionnage avec un réseau d'assainissement. Le glissement a subi des confortements à plusieurs reprises et toujours avec la technique des gabions et recharge (remblai) et ceci comme nous pouvons le remarquer à la couleur des pierres (Photos I.17 et I.18).





Photo I.17-I.18 : confortement successifs mis en œuvre.

Des signes d'instabilité sont visibles sur les talus amont de la route à des distances de plus de 200 m. La cinématique du glissement semble très complexe. Il semblerait que le mouvement concerne toute la zone (colline au-dessus de la route).





Photo I.19-I.20 : fissures de traction dans le talus amont et coulée de terre.

Sur la base des études réalisées dans cette régions la section de la RN16 comprise entre BOUCHEGOUF et la limite de la wilaya de SOUK AHRAS (PK 53+000 et le Pk 69+500) être considéré comme vulnérable et que toute action sur les talus doit être réalisée avec le maximum de précaution.

Les Glissements de la RN 80 :

RN 80 – PK 67+500

Il s'agit d'un glissement qui concerne une demi-chaussée de la route sur un linéaire d'environ 80 m de long (Photo I.21)**.** Le glissement est visible sur la partie aval de route, mais la zone d'influence de l'instabilité concerne également l'amont de la route (Photo I.22).

L'origine du glissement les fortes précipitations sur un terrain présentant un pendage favorable et un toit marneux et constitué principalement d'argiles et des marnes schisteuses friables à dures avec des passages de gypse qui ont accentué les déformations.

On point de vue géologique toute la zone comprise entre le PK 65+000 (oued Helia) et le PK 68+000 est vulnérable à instable.



Photo I.21 : état de la chaussée.



Photo I.22 : des fissures en amont de la route.

RN 80 – PK 68+000 :

C'est un glissement qui a évolué de manière spectaculaire entre février 2011 et avril 2012.

En février 2011 aucun signe d'instabilité n'est visible ni sur la route ni sur les talus amont et aval de la route.

C'est une route qui a été confortée en (2007). Les solutions mises en œuvre à cet endroit semblent avoir donné satisfaction.

Ces solutions consistaient en :

- La mise en œuvre d'une butée en gabions en contre-bas de la route (Photo I.23) ;
- Un terrassement judicieux avec une plate-forme très large sur le linéaire concerné par le glissement (Photo I.24) ;
- Un drainage et un assainissement efficaces à l'aide d'éperons drainants et de fossés béton (Photo I.25).



Photo I.23 : Butée en gabions.



Photo I.24 : Vue de la largeur de la plate-forme.



Photo I.25 : Vue des éperons et des fossés bétons.

En avril 2012, ce glissement a évolué de manière spectaculaire, il apparaît dans les photos ci-dessous



Photo I.26 : Affaissement métrique de la chaussée**.**



Photo I.27 : Décrochement de la chaussée.



Photos I.28 : fissure transversale sur la chaussée.

Les fissures millimétriques longitudinales ont évolué en fissures décimétriques avec affaissement de la demie chaussée côté remblai. Finalement la partie remblai exécutée à tasse et a donné un glissement spectaculaire comme il apparaît dans les photos ci-dessous.



Photo I.29 : fissures décimétriques et affaissement de la chaussée.



Photo I.30 : fissures décimétriques sur le corps de remblai.

Les causes probables de ce glissement est une désolidarisation du remblai meuble par rapport à l'interface rocheuse due au remblai de grade hauteur réalises sans bermes intermédiaires et aggravés par les dépôts réalises sur le talus remblai.

Les glissements du CW 27 :

CW 27 - PK 60 +30 :

C’est un glissement en amont de la route en profil mixte (déblai- remblai). Une vue du glissement est montrée sur la (Photo I.31)**.**

En amont de la route c’est un versant avec une déclivité moyenne et l’aval un talus assez raide délimité par un oued (Photo I.32).



Photo I.31 : état de la route au pk 60+300.



Photo I.32 : vue globale du glissement.

Des travaux de traitement et de confortement ont été entrepris et étaient en cours d'étude de site

- L'existence de lagune en amont du glissement. Lorsque celle-ci est trop pleine, l'eau se déverse de manière anarchique sur le talus dont les formations de surface sont des sols sensibles à l'eau (photos I.33 et I.34) ;
- Des arrivées d'eau sur le talus par suintement, probablement des eaux infiltrées et qui arrivent sur le talus par des chemins d'écoulement préférentiels ;
- Eboulement du talus ;
- Des fissures importantes ont été constatées sur la route (amorce d'un glissement) en aval de la route. Cette fissure existait avant le début des travaux.





Photos I. 33 et I.34: état de lagune lors de notre visite.

Les travaux entrepris et visibles sur le terrain sont :

- La vidange de la lagune par la réalisation d'une trachée remplie de bloc de taille décimétrique et plus (Photo I.35) ;
- La construction d'une butée en gabion au pied du talus amont (Photo I.36).



Photo I.35 : tranchée de vidange de la lagune en partie haute du versant



Photo I. 36 mur de soutènement en gabion en amont de la route

- La mise en place de fossés en béton pour la gestion des eaux de surface arrivant en crête du talus et à côté de la chaussée (Photo 37).



Photo I.37: état du fossé béton en crête de talus.

Les déblais issus des terrassements lors des travaux entrepris pour le confortement ont été mis en dépôt (déversés) sur le talus aval de la chaussée.

Les glissements du CW 123 :

CW 123 - PK 31++100

Le glissement est situé entre un oued et une zone d'habitation. D'après les constats sur site, l'instabilité concerne une zone plus ou moins importante dont une partie est urbanisée (Photo I.38).



Photo I.38 : vue de la zone instable.

Les pentes des terrains naturels de la zone en mouvement sont assez élevées et convergent toutes vers l'oued. De la méso-érosion on atteint le versant de toute la zone qui, à certains endroits s'est transformé en instabilités (Photos I.39 et I.40).



Photos I.39-I.40 : vue de la partie aval du glissement.



Photos I.41-I.42 : vue de la zone d'habitation et des signes de mouvement.

Les formations de surface s'apparentent à des matériaux argileux sensibles aux variations de la teneur en eau.

A lumière des résultats des investigations, des solutions pour stabiliser la zone seront proposées non pour éradiquer le mouvement de terrain mais pour diminuer sa vitesse.

Comme solution d'urgence, nous préconisons de traiter l'oued de manière à stopper le sapement de ses berges (enlèvement de la butée naturelle) et ce sur l'ensemble du linéaire concerné par le mouvement de terrain (130 à 150m) à l'aide d'un ouvrage adéquat type ovoïde ou similaire.

Apres les fortes intempéries d'avril 2012, le glissement a évolué dangereusement menaçant la zone urbanisée située à l'amont de glissement. La route (CW123) s'est affaissée sur une longueur de 120m d'une profondeur allant jusqu'à 1m.

Période 2015, Le glissement de la RN 80 :

PK 67+500 affectés par le mouvement surplomb de la route. Le site est dominé en amont par une colline très raide, au sud par un vaste et profond ravin qui abrite Chaabat Mansourat.

Les constats observés sont :

En amont :

- Amorce de glissement du talus de remblai entraînant un important affaissement en tête de remblai ;
- Absence de protection du pied de talus de remblai ;
- Présence de blocs sur les talus de déblai et remblai ;
- Ravinement profond dans le corps de remblai ;
- Le matériau de remblai comportant un fort pourcentage de blocs a permis aux eaux de ruissellent de s'infiltrer dans le corps de remblai en saturant à sa base le sol support argileux altéré.

En aval :

- Les mouvements constatés affectent le versant situé en aval de la RN80 au Pk 67+500. La rupture assez étendue se manifeste par un escarpement métrique atteignant une partie de la chaussée. Celui-ci fait apparaître des niches d'arrachement sous forme d'arc de cercle. La masse glissée inclinée vers l'aval, s'étale et progresse sur une pente dont la topographie est très accentuée ;
- La masse glissée mise en compression déborde en contre bas occasionnant aussi un bourrelet ;
- Aucune circulation d'eau n'a été constatée, mais en période hivernale, l'écoulement doit

être important et sa dispersion plus grande vu l'existence de plusieurs brises courantes. Le lit du talweg est bien prononcé.

- La concentration des matériaux glissés se fait vers cette zone et les glissements répétés de part et d'autre vont dans le même sens.




Photo I.43 : Une vue d'ensemble de l'étendue du glissement
Photo I.44 : La limitation du glissement sur la partie aval de la chaussée




Photos I.45-I.46 : Photos représentant le glissement des débris d'un mur réalisé pour confortement.



Photo I.47 : Vue en plan de l'ensemble du pont de glissement.

Les glissements de terrain RN 20 :

Le glissement situé sur la rive droite d'oued zenati, plus proche de la station d'essence à la sortie d'oued zenati. Ce glissement déplace une masse sur quelques dizaines de mètres, qui s'est produit dans une zone à forte pente. Le sol en mouvement est représenté par des argiles jaunâtres.

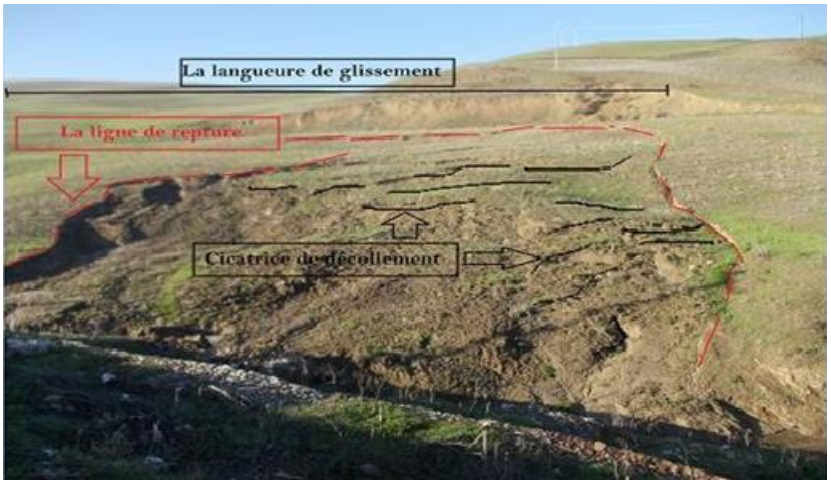


Photo I.48: Photo montrant un récent glissement à la sortie d'oued zenati.

Le deuxième point de glissement se trouve à la sortie d'Oued Zenati. Les sols superficiels sont constitués par des dépôts d'âge Quaternaire dont l'épaisseur est d'environ de 10m. Ils sont constitués par des argiles jaunes, des gravés, cailloux et blocs. Au sommet du site les sources sont perceptibles.



Photo I.49: Photo montrant un deuxième point de glissement récent à la sortie d'Oued Zenati

Un glissement situé à l'entrée de Salloua Announa , Les formations du glissement sont représentées essentiellement par des marnes noire à boules jaunes surmontées par la couverture Quaternaire glissante. Ce glissement a laissé une grande destruction de la route, marqué par l'affaissement de la masse argileuse qui a entraîné avec elle le talus et les gabions de soutènement vers le ravin.





Photos I.50- I.51 : Photos montrant clairement l'impact du glissement sur la route.

Période 2019-2024 : Le glissement PK12 de la Pénétrante autoroutière reliant Guelma à l'autoroute Est-Ouest :

En mai 2019 au niveau de la pénétrante autoroutière, on a vu la présence d'un certain glissement qui se différencie d'un talus par rapport à l'autre, mais les glissements majeurs se trouve au niveau Pk 12 et Pk 19.



Photo I.52 : Image satellitaire montrant la position des deux glissements PK 12 et PK19.



Photo I.53 : Photo satellitaire du glissement de terrain PK 12 (coordonnées : 36°33'49.43"N, 7°29'9.15"E)(05/2019).



Photo I.54 : Glissement de terre végétale au niveau du Pk 12.

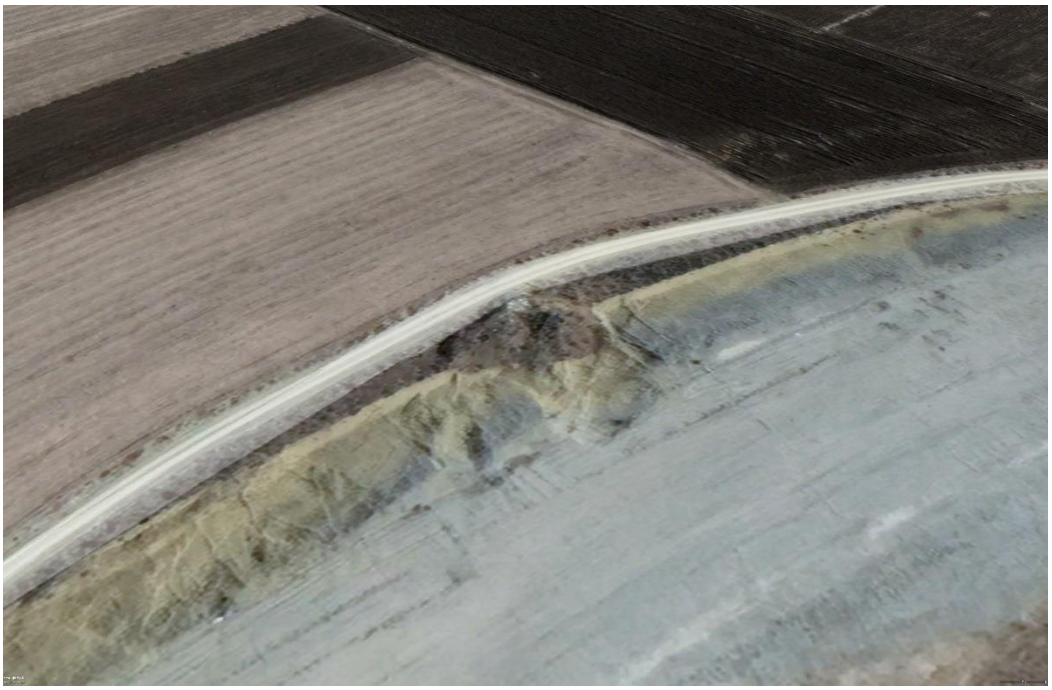


Photo I.55 : Photo satellitaire du glissement de terrain PK 19 (coordonnées : 36°36'35.23"N, 7°29'53.41"E)(05/2019).



Photos I.56-I.57: les fissures au niveau du talus de pk 19 et la présence d'eau.

Selon les sondages carottés réalisés au niveau de ces deux points, les formations qui se trouvent dans cette zone sont :

SC 1 :

De 0-1 m : Argile marneuse grise jaunâtre peu caillouteuse, oxydée renferme quelques concrétions blanchâtres de calcaire et de quartz.

De 1–16 m : Marne très oxydée grise verdâtre renferme les fragments de quartz et de calcaire entre 1m.et 7.80 m de profondeur, devenant dure d'aspect rocheux de couleur

grise bleuâtre, peu oxydée, recoupée par des veines de différentes directions à remplissage de quartz, avec des concrétions de calcaire blanchâtres et passage de marno-calcaire grise siliceux entre 9m et 9.10m/ 13.50m et 13.75m de profondeur.

De 16 –20 m : Banc de marno-calcaire grise marron peu oxydée, recoupée par des veines de quartz.

De 20– 24 m : Marne indurée d'aspect rocheux grise bleuâtre, peu oxydée, recoupée par des veines de quartz de différentes directions.

SC 2 :

De 0 – 5 m : Argile marneuse moyennement graveleuse, très oxydée, de couleur grise jaunâtre, devenant à aspect schisteux peu oxydée, avec des micros lits de calcite blanchâtre entre 1.50m et 5.00m de profondeur, et un passage de marno-calcaire très dur gris bleuâtre entre 4.45m et 4.60m.

De 5. – 12m : Marne argileuse à aspect schisteux grise bleuâtre renfermant des micros lits de calcite blanchâtre.

Glissement de la route RN 20 :

En mars 2021 : Un désordre important au PK 70+000 sur la RN 20 dû à un glissement de terrain affectant le talus aval de la route, ce glissement a engendré presque la coupure de la route.



Photo I.58: Photo satellitaire de la zone de glissement.

Sur le site, il a été constaté certaines dégradations engendrées par le glissement où une partie de la route a été détruite. Sur le plan géomorphologique, des niches d'arrachement ont été localisées avec un escarpement très important sur le côté Amont de la route (Escarpement de l'ordre de mètre).



Photo I.59 : Décrochement vertical important dans les remblais de quelques mètres en profondeur (source : sortie de terrain le 13 mars 2021).

Glissement de terrain à Ain Hassainia 2024 :

Le dimanche 17 mars 2024, un glissement de terrain assez important s'est produit dans la commune de Houari Boumediene (Ain Hassainia) en raison des conditions climatiques récemment connues par la zone qui ont provoqué de graves dégâts sur la route communale menant à la mechta "Ezarniza". Toute la circulation automobile s'est complètement arrêtée.



Photo I.60 : visite des responsables concernés au site de glissement.

6. Généralités et principes sur la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain :

La susceptibilité est définie comme étant la probabilité spatiale qu'un glissement de terrain de se produise sur le site d'étude pour différentes conditions environnementales locales, ainsi que l'estimation des zones pouvant potentiellement être affectés dans le futur. Nombreuses techniques d'analyses spatiales permettent d'évaluer les zones susceptibles aux glissements de terrain et plusieurs études de cas discutant de l'application de ces méthodes peuvent être trouvées entre autres dans, (Brabb, 1984 ; Varnes, 1984 ; Carrara, 1989 ; Nieto, 1989 ; Carrara et al., 1991 ; Soeters et Van Westen, 1996 ; Van Westen et al.,, 1997; Aleotti et Chowdhury, 1999 ; Guzzetti et al, 1999 ; Crozier et Glade, 2005 ; Guzzetti, 2005, Achour et al. 2017).

Au regard de la littérature, les méthodes d'évaluation de la susceptibilité (ou de l'aléa) et de la hiérarchisation (pondération) proposées peuvent généralement être divisées en deux groupes : 1- Qualitatives et quantitative 2- directes ou indirectes (Varnes, 1984 ; Carrara et al., 1995; Hutchinson, 1995; Soeters et Van Westen, 1996 ; Van Westen et al., 1997 ; Aleotti and Chowdhury, 1999 ; Guzzetti et al., 1999 ; Gorsevski et al., 2003 ; Guzzetti, 2005…etc). Les méthodes qualitatives sont subjectives et font évaluer la susceptibilité d'une façon descriptive en se basant sur les connaissances du géologue de terrain, et caractérisent les niveaux de susceptibilité selon la perception de l'analyste, alors que les méthodes quantitatives assignent les niveaux de susceptibilité par voie numérique (calcul automatique de la probabilité).

Quant aux méthodes directes, la cartographie de la susceptibilité aux mouvements de terrain s'effectue directement par simple zonage et interprétation géomorphologique sur le terrain, via les images satellitaires ou par interprétation des photos aériennes (Verstappen, 1983 ; Nossin, 1989). Elles sont cependant assez souvent (mais pas nécessairement) associées à une cartographie d'inventaire des mouvements de versants. Les méthodes indirectes semblent être les plus pragmatiques. Elles s'organisent généralement en cinq étapes :

1- La reconnaissance et la cartographie des mouvements de terrain du secteur concerné par l'analyse (training area), pour aboutir à une carte d'inventaire ;
2- L'identification et la cartographie des paramètres physiques, impliqués directement ou indirectement dans l'occurrence des instabilités des versants ;
3- L'estimation (par pondération) de l'importance relative de chacun de ces paramètres dans la genèse des mouvements ;
4- Le zonage du secteur en différents niveaux de susceptibilité ;
5- L'évaluation de la qualité du modèle appliqué.

7. Méthodes de cartographie de la susceptibilité aux mouvements de terrain :

D'une manière générale, la littérature scientifique identifie quatre échelles de cartographie de la susceptibilité et de l'aléa :

1- Petite échelle (parfois divisée en deux parties : échelle nationale et échelle régionale) ;
2- Échelle moyenne ;
3- Échelle large ;
4- Échelle locale (Soeters & van Westen, 1996 ; Maquaire, 2002 ; Fell et al., 2008a ; Fell et al., 2008b ; Cascini, 2008).

Tableau I.3 : Les différentes échelles d'analyse pour l'aléa mouvements de versant (d'après, Soeters & van Westen, 1996 ; Maquaire, 2002 ; Thiery, 2007 ; van Westen et al., 2008)

Echelle Valeur indicative	Valeur indicative	Taille indicative de la zone d'étude
Nationale	+ ou - 1/1.000.000ème	Pays et/ou région (> 10 000km²)
Régionale	1/100.000ème à 1/500.000ème	Région (de 10000 à 10 00km²)
Moyenne	1/25.000ème à 1/100.000ème	Bassin versant (de 1 000 à 100km²)
Large	1/5.000ème à 1/25.000ème	Bassin versant ou versant (de 100 à 10km²)
Locale	1/5.000ème au 1/1.000ème	Versant ou site instable (<10km²)

Chacune des méthodes qualitatives et quantitatives doit bénéficier d'une source d'information commune nécessaire et indispensable : Qu'est l'inventaire des phénomènes.

7.1. L'inventaire des glissements :

Il constitue la source d'information de base de toute analyse spatiale, permettant de calibrer et/ou valider les modèles (Guzzetti et al., 1999). Même si ceux-ci ne sont pas directement nécessaires à la construction des modèles (exemple des modèles déterministes), les informations sur la localisation des phénomènes permettent une validation du pouvoir prédictif des résultats (Santacana et al., 2003 ; Beguería, 2006 ; Guzzetti et al., 2006). Les inventaires doivent ainsi faire l'objet d'une attention particulière, et des moyens conséquents doivent être alloués à leur réalisation, dans la mesure où seuls des inventaires de bonne qualité permettront une analyse spatiale robuste (Glade & Crozier, 2005). À échelle large, les inventaires peuvent contenir des informations très précises sur les caractéristiques des mouvements de versant (type de phénomène, âge, état d'activité, période de retour, etc.) et peuvent ainsi être considérés comme des formes élémentaires de cartes de susceptibilité (Thiery, 2007). À petite échelle, l'inventaire représenté sous forme ponctuelle peut également constituer une première approche de la cartographie de la susceptibilité, informant sur la répartition générale des phénomènes (Gibson et al., 2012). Ces cartes se contentent de faire un état des lieux de la localisation des mouvements de versant et ne proposent pas d'informations sur la localisation potentielle d'autres phénomènes (Chacón et al., 2006 ; Fell et al., 2008a ; Kanungo et al., 2012).

7.2. Approches qualitatives :

7.2.1. L'approche experte ou heuristique :

La localisation potentielle de la susceptibilité ou de l'aléa est basée sur la connaissance a priori et l'expérience locale (ou par analogie avec des cas similaires) d'un expert en charge de l'étude. Les approches expertes sont basées sur l'utilisation de données spatialisées pour la localisation des zones potentiellement instables (pente, géologie, hydrologie, géomorphologie, géotechnique, occupation du sol etc.). Ces données sont acquises à travers de campagnes de terrain, de l'analyse d'images aériennes ou peuvent être directement disponibles. Dans le cas des approches expertes, la cartographie géomorphologique ou morphodynamique constitue une des bases essentielles de l'évaluation de la susceptibilité ou de l'aléa (Kienholz, 1978 ; Amadesi & Vianello, 1978 ; Porcher & Guillope, 1979). L'expert pondère ainsi les différents facteurs sur la base de sa propre expérience. La méthode de cartographie peut être directe, l'expert définissant manuellement les limites de différentes zones potentiellement stables ou instables (Van Westen, 2000 et 2003 ; Thiery, 2007). Il peut également avoir recours à des applications sous SIG (cartes d'index…) permettant d'attribuer un poids à chacun des facteurs de

prédisposition représentés par différentes couches thématiques. Celles-ci sont ensuite automatiquement combinées (Stevenson, 1977 ; Saaty, 1980 ; Castellanos Abella & van Westen, 2008 ; Malet et al., 2009 ; Malet et al., 2011). Cependant, l'estimation des poids est fortement dépendante de la personne en charge de l'étude. Les critères d'évaluation ne sont pas nécessairement clairs et identifiables par d'autres, ce qui constitue le problème majeur de ce type d'approche. Le caractère reproductible des cartes expertes est donc limité. Cependant, la subjectivité n'est pas nécessairement mauvaise dans la mesure où elle est basée sur l'opinion d'un expert (van Westen, 2000). Si ce dernier possède une solide connaissance du terrain et des processus, les cartes peuvent être très précises et applicables, notamment pour des approches préliminaires de la susceptibilité (Glade & Crozier, 2005).

7.3. Approches semi-quantitatives :

D'autres méthodes, telles que les logiques floues sont considérées comme des méthodes semi-quantitatives. Dans le cas présent, après "fuzification" des variables (transformation des facteurs de prédisposition sur une échelle de 0 à 1 en fonction de leur importance dans le processus), (Thiery, 2007). Cette méthode permet de formaliser des règles définies par l'expert. Elle garde la souplesse de l'approche experte mais, est considérée comme plus objective par le cadre formaliste qu'elle impose à son application (Poiraud, 2012). De nombreux exemples d'application des logiques floues à la cartographie de la susceptibilité aux mouvements de versant peuvent être trouvés, entre autres, dans (Bonham-Carter (1994), Ercanoglu & Gokceoglu (2002), Pradhan (2011), Thiery et al. (2013)). D'autre part, certains systèmes d'analyse hiérarchique (AHP) peuvent être considérés comme un autre type de méthodes semi-quantitatives, notamment les systèmes de combinaison par paires (Saaty, 1980 ; Saaty & Vargas, 2001).

7.4. Approches quantitatives :

Par opposition aux méthodes expertes, les approches quantitatives sont basées sur des critères de pondération "objectifs", théoriquement reproductibles, produisant des résultats identiques avec les mêmes jeux de données. Ces méthodes incluent les approches statistiques, les approches probabilistes, l'intelligence artificielle, les modèles déterministes et les approches temporelles. Au sein de ces méthodes, les approches probabilistes sont les plus utilisées. Celles-ci analysent les relations statistiques entre la localisation des phénomènes (passés et présents) et un jeu de données spatialisées représentant les facteurs de prédisposition (pente, géologie, occupation du sol, formations superficielles, etc.). Sur la base de cette relation, une densité de phénomènes peut être calculée permettant de dériver des pondérations. Les méthodes bivariées peuvent être utilisées pour comparer chaque facteur avec la localisation des phénomènes. Les

poids sont ici calculés en fonction de la relation entre chaque facteur et les mouvements de versant de manière indépendante. Plusieurs méthodes bivariées ont été proposées dans la littérature. Les principales divergences concernent la méthode sélectionnée pour le calcul des pondérations (allant du simple calcul de densité à l'introduction de méthodes bayésiennes). Les méthodes les plus couramment utilisées sont la méthode de pondération de l'infirmation (information value method) (Yin & Yan, 1988 ; Saha et al., 2005) et la théorie de l'évidence (Weight of Evidence) (van Westen, 1993 ; Bonham-Carter, 1994 ; Lee et al., 2002 ; Süzen & Doyuran, 2004b ; Thiery, 2007 ; Neuhäuser & Terhorst, 2007).

Cependant, en utilisant des méthodes de statistiques multivariées, toutes les combinaisons entre les facteurs peuvent être mises en relation avec la localisation des glissements via une matrice. Cette matrice peut ensuite être analysée par des tests statistiques tels que l'analyse discriminante (Baeza & Corominas, 2001 ; Santacana et al., 2003), la régression multiple (Carrara, 1983 ; Chung et al., 1995), la régression logistique (Ayalew & Yamagishi, 2005 ; van den Eeckhaut et al., 2006 ; Bai et al., 2010) ou les modèles additifs généralisés (Brenning & Trombotto, 2006 ; Brenning, 2008 ; Petschko et al., 2012). Parmi ces méthodes, la régression logistique est la plus employée actuellement et de nombreuses études comparatives (Süzen & Doyuran, 2004a ; Brenning, 2005 ; van den Eeckhaut et al., 2010 ; Rossi et al., 2010 ; Oh et al., 2010). Plus récemment, de nouvelles méthodes, principalement issues de l'intelligence artificielle sont également utilisées pour la cartographie de la susceptibilité tels que les réseaux de neurones (Lee et al., 2003 ; Ermini et al., 2005 ; Ercanoglu, 2005), les arbres de décision (Yeon et al., 2010 ; Nefeslioglu et al., 2010) ou les machines à vecteur de support (Yao et al., 2008 ; Xu et al., 2012). Ces tests statistiques donnent des informations sur les facteurs ou la combinaison de facteurs permettant d'expliquer au mieux l'occurrence des mouvements de versant. Les zones dépourvues de mouvement mais, dont l'association des scores équivaut à celles affectées par des mouvements, sont considérées comme susceptibles.

Le résultat de ces méthodes de cartographie ne propose qu'une évaluation de la susceptibilité (probabilité spatiale), dans la mesure où celles-ci ne contiennent pas d'informations sur l'occurrence temporelle ou la magnitude des phénomènes. Pour la cartographie de l'aléa stricto sensu, deux types d'approches quantitatives existent : les approches déterministes et les approches temporelles. Les méthodes déterministes utilisent des données topographiques (pente, exposition et courbure des versants, etc.) couplées à des données hydrologiques (saturation des sols, perméabilité, conductivité hydraulique etc.) et des données géotechniques (cohésion, angle de frottement interne, poids spécifique etc.) pour analyser la stabilité des versants (facteur de sécurité), (Morgenstern, 1992). Les méthodes

déterministes nécessitent de disposer de jeux de données très importants qui doivent être acquis par de longues campagnes de mesure sur le terrain et en laboratoire.

Enfin, les méthodes temporelles visent à intégrer des informations sur la variation temporelle de la fréquence et de la magnitude des phénomènes aux cartes de susceptibilité (Zêzere et al., 2004 ; Remondo et al., 2005). Cette méthode est généralement appliquée aux mouvements de versant à commande hydrologique déclenchés par des précipitations intenses. La probabilité de survenance des phénomènes est estimée en lien avec la période de retour des événements déclencheurs. Une analyse du couple intensité/durée des précipitations et des dates d'occurrence des phénomènes permet d'établir un ou plusieurs seuils de déclenchement (Corominas et al., 2003). Le couple magnitude/fréquence des mouvements peut également être analysé par des méthodes statistiques, permettant une approche probabiliste (Malamud et al., 2004). Les résultats finaux sont généralement présentés sous forme de cartes multiples, proposant différents scénarios selon plusieurs périodes de retour et plusieurs degrés d'intensité (Guzzetti et al., 2005 ; Jaiswal et al., 2010). Les méthodes temporelles nécessitent la disponibilité de jeux de données précis relatifs à la date de déclenchement des phénomènes, et ce en quantité suffisante, pour pouvoir mener une analyse statistique. De même, des données pluviométriques, au pas de temps journalier, sont indispensables.

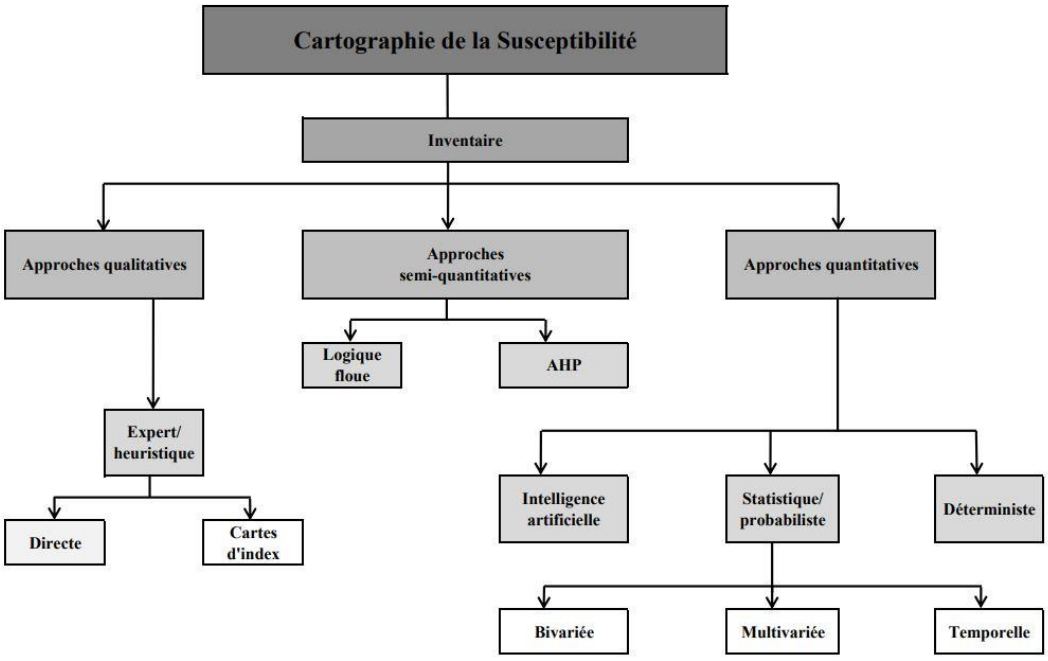


Figure I.18 : Diagramme représentant des différentes méthodes de cartographie de la susceptibilité suivant le type d'approche.

8. Apport des SIG : un environnement à multiples facettes et favorable pour une approche prédictive :

L'objectif ultime d'un SIG est de permettre la mise en place d'un support pour une prise de décision fondée sur des données spatiales, ce qui revient à prédire ou envisager le comportement, ou l'occupation, l'évolution, ou le devenir…d'une zone géographique donnée. et qui permettront d'orienter les futurs sites d'extension urbaine et les tracés de nouvelles routes…en fonction du comportement futur des versants (l'occurrence des mouvements de terrain). Cela montre que les SIG constituent un outil incontournable, et justifie leur utilisation pour l'évaluation de la susceptibilité et de l'aléa 'mouvements de terrain', puisqu'ils permettent de combiner (en plus de la superposition, des analyses, des requêtes…) des données et métadonnées indicatives (couches) de différents types (matricielles, vectorielles) et différentes sources dans une base unifiée et homogène, pour anticiper la variation spatiale d'un phénomène donné comme les glissements de terrain dans notre cas, variations météorologiques, variations eustatiques…etc. De telles démarches ont été rendues possibles, car les SIG sont conçus pour rassembler , créer, numériser, mettre à jour régulièrement et aisément…etc. Toutes ses étapes et bien plus d'autres ont été utilisées lors du chapitre V pour l'inventaire des mouvements de terrain et leurs analyse. Les mêmes étapes ont été abordées dans ce chapitre pour l'acquisition, la description des variables prédictives, ainsi que la caractérisation de leur relation avec les glissements de terrain. A tout cela s'ajoute le large éventail d'extensions et de codes de calculs qui sont disponibles sous des interfaces différentes comme l'extension ArcSDM, ArcGis 10.8, 10.5, Qgis , dans notre cas. Dans un environnement SIG, l'utilisateur peut améliorer les modèles de calcul par les diverses méthodes d'ajustement des données d'entrée. Il peut procéder à plusieurs analyses de sensibilité des modèles et optimiser les résultats par des procédures d'essais et vérification. Cela permet d'améliorer progressivement la qualité et notamment la précision. Il peut aussi comparer ses modèles entre eux par des procédures de superposition ou de croisement pour choisir plus facilement le modèle le plus adapté à son site de recherche.

9. Etapes de la modélisation de la susceptibilité sous SIG :

La première des étapes est de se fixer une ou des échelles de travail et la définition des méthodes adaptées, suivie par la collecte des données existantes (cartes géologiques, géomorphologiques, topographiques, ou toute autre carte thématique, rapports, données bibliographiques…etc).

La deuxième étape, l'interprétation des données de la télédétection spatiale satellitaire et aéroportée est conduite et complétée par des missions de contrôle sur le terrain pour réaliser :

1- L'inventaire des phénomènes (glissements de terrain ou appelés variable à modéliser) hérités et actuels du secteur en question, et où chaque phénomène est distingué selon son type et son activité. ;

2- La cartographie des paramètres les plus significatifs (facteurs conditionnant) et leur analyse. En parallèle la structuration d'une base de données et de sa métadonnée est effectuée ainsi que son géocodage, sans oublier la possibilité d'ajout de nouvelles données en entrée (input data). Toutes les étapes que l'on vient d'énumérer doivent être validées, et les données qui en résultent, doivent être transformées au format adéquat pour leur exploitation informatique ;

3- La définition des pondérations relatives (en respectant les lois de chaque méthode utilisée) pour chaque facteur causal pour la localisation des phénomènes, ce qui définit la relation entre la distribution spatiale des phénomènes et les facteurs intervenant dans leur genèse, afin d'aboutir au produit ultime qui est la carte de susceptibilité.

10. Conclusion :

Ce chapitre commence par une typologie et une classification des mouvements de terrain qui constituent un aléa naturel conséquent. Une fois l'instabilité induite, il est difficile d'arrêter son mouvement et de revenir à un état stable et acceptable. De plus, lorsque des solutions de stabilisation sont réalisables, elles sont souvent très coûteuses. Il est donc nécessaire de comprendre l'état de stabilité du site et d'effectuer une cartographie détaillée. Un bref résumé des méthodes disponibles pour le zonage de la susceptibilité, qui ont été considérablement développées au cours des dernières décennies grâce à l'application de méthodes qui intègrent les SIG.

Les méthodes statistiques et probabilistes ont été optimisées pour les échelles régionales et méso-échelles et permettent d'obtenir des prévisions de haute qualité. Par ailleurs, de nouvelles méthodes développées dans divers domaines sont de plus en plus utilisées pour la prévision des glissements de terrain. Pour les calculs prédictifs, la qualité et la quantité des données disponibles sont des paramètres critiques. Face à ces obstacles, l'introduction de l'expertise dans les méthodes statistiques, considérées comme objectives, est toujours simple et pratique. C'est pourquoi de nouvelles méthodes basées sur des algorithmes d'intelligence artificielle sont de plus en plus proposées dans la littérature récente.

CHAPITRE II :
PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE



1. Cadre géographique géomorphologique et géologique du bassin de Seybouse :

1.1. Localisation géographique :

Le bassin de la Seybouse située à l'extrême Nord-Est de l'Algérie, la Seybouse couvre une superficie d'environ 6471 km2, Il occupe la troisième place quant à la superficie après l'Oued El Kebir du Rhumel et l'Oued Medjerdah- Mellegue en territoire algérien.

Il est limité à l'Est par le bassin versant de Medjerda et au Nord - Est par le bassin versant de Mafragh, et au Sud par le bassin des hauts plateaux constantinois, à l'Ouest et Nord-Ouest successivement par le bassin versant de Kébir-Rhumel et Côtiers Constantinois vers le Nord.

Il présente des ensembles naturels forts variés et s'étend des hauts plateaux constantinois aux massifs telliens, et à la plaine d'Annaba à l'aval, en bordure de la Méditerranée.

Le bassin de la Seybouse est divisé en 03 parties à savoir :

- **La haute Seybouse :** Elle se constitue du sous bassin Amont d'Oued Cherf.
- **La moyenne Seybouse :** Appartiennent quatre (04) sous bassins, le sous bassin de Guelma, le sous bassin d'Oued Mellah, le sous bassin Aval d'oued Cherf et le sous bassin de Bouhamdane.
- **La basse Seybouse :** Contient le sous bassin de Seybouse Maritime.

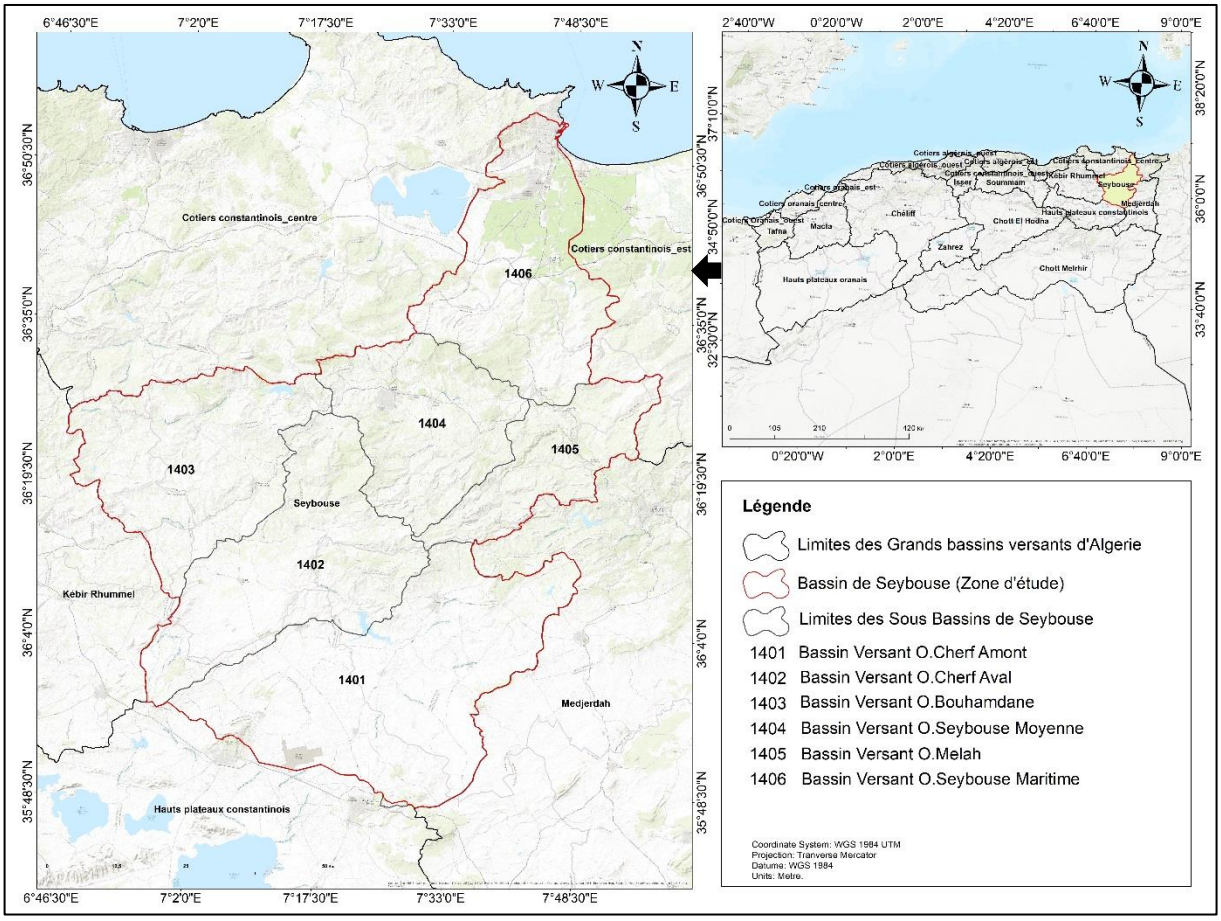


Figure II.1 : Situation géographique du Bassin versant Seybouse.

1.2. Cadre morphologique :

Le bassin de la Seybouse se caractérise par un relief fort et contrasté à pentes fortement inclinées :

1.2.1. Le bassin de la haute Seybouse :

C'est une zone, au relief plat, parsemée de plaines avec un encadrement montagneux (Djebel Teffech, El- Guelaa, Sidi Reghiss , ….). Les oueds et leurs affluents convergent tous vers ‘’Moulin Rochefort’’. Cette zone peut être divisée en deux parties :

a- La plaine de Sédrata :

La plus grande partie de cette plaine est tributaire de la Seybouse. D'abord par l'Oued Ain Snob qui descend des affleurements du calcaire de Djebel Tereguelt, puis par l'Oued Trouch qui par ses nombreuses ramifications prend ses sources dans le Djebel Lezreg et EL- Kalaa au Nord à l'Est d'Ain Beida d'une part et du Djebel Tereguelt d'autre part. Ces deux Oueds sont parallèles l'un à l'autre dans leurs cours inférieurs et se jettent dans l'Oued Cherf au Sud du Moulin Rochefort, de même qu'Oued Settara qui se jette aussi au Moulin Rochefort.

b- La plaine de Tamlouka :

La plaine de Tamlouka qui correspond à une cuvette synclinale est à une altitude varie entre 800 et 900 m. Elle est drainée par l'Oued El Melah qui prend ses sources dans le Djebel Amar et le flanc Sud-Ouest du Chebbet Sellaoua. La rencontre de ce dernier et de l'Oued Ain Arko forme Oued Mgaïsba. Ce dernier est tributaire d'Oued Cherf. Ainsi, la haute Seybouse est formée de deux grands bassins presque fermés, situés sur la bordure septentrionale des hautes plaines. Ce sont la plaine des Harecta et la plaine des Sellaoua. Les eaux de ces deux bassins pénètrent dans le tell par deux issues, le premier est la cluse de Moulin Rochefort où convergent les oueds de la plaine des Harecta, la deuxième est la capture pratiquée par l'Oued Mgaïsba sur le secteur Nord-Est de la plaine.

1.2.2. Le bassin de la moyenne Seybouse :

C'est une région montagneuse, formée d'une chaîne imposante au relief accidenté. Il est caractérisé par des altitudes qui varient d'un bassin à l'autre entre 300 m et 1500 m.

L'orientation générale de celle-ci est Ouest - Sud-Ouest, Est - Nord-Est. Sa largeur moyenne varie environ de 25 à30 km. C'est l'atlas tellien. En effet, le bassin de la moyenne Seybouse est vaste, il est enserré entre les hautes plaines au Sud et la chaîne numidique au Nord. Seul le versant Sud de cette dernière est en partie tributaire de la Seybouse, les oueds du versant septentrional sont directement dépendants de la méditerranée, contrairement au bassin supérieur, ici, oued Cherf a difficilement ouvert son chemin et il est souvent encaissé dans des gorges profondes ; par sa superficie et l'importance des oueds. Le secteur de la moyenne Seybouse constitue la partie essentielle du bassin. Quatre artères maîtresses principales qui correspondent aux quatre sous bassins, drainent ce vaste territoire de la moyenne Seybouse : Oued Cherf du Moulin Rochfort à Medjez Amar, Oued Bouhamdane qui prend le nom de Oued Zenati dans son cours supérieur, Oued Cherf et Oued Bouhamdane sont les deux principaux affluents qui forment la Seybouse à Medjez Amar, après avoir traversé le bassin de Guelma, la Seybouse reçoit le Mellah à Bouchegouf .

1.2.3. Le bassin de la basse Seybouse :

La Basse Seybouse présente un relief dissymétrique avec une zone de moyennes montagnes, relativement accentuée sur la rive gauche de l'oued Seybouse. La Seybouse acquit un chemin entre Bouchagouf et Drean, de direction Sud-Nord à travers la zone septentrionale du tell formé uniquement de grés et de formation récente, et qui constituent le dernier rempart à franchir par cet Oued, puis il finit dans la plaine littorale d'Annaba pour se jeter dans la méditerranée.

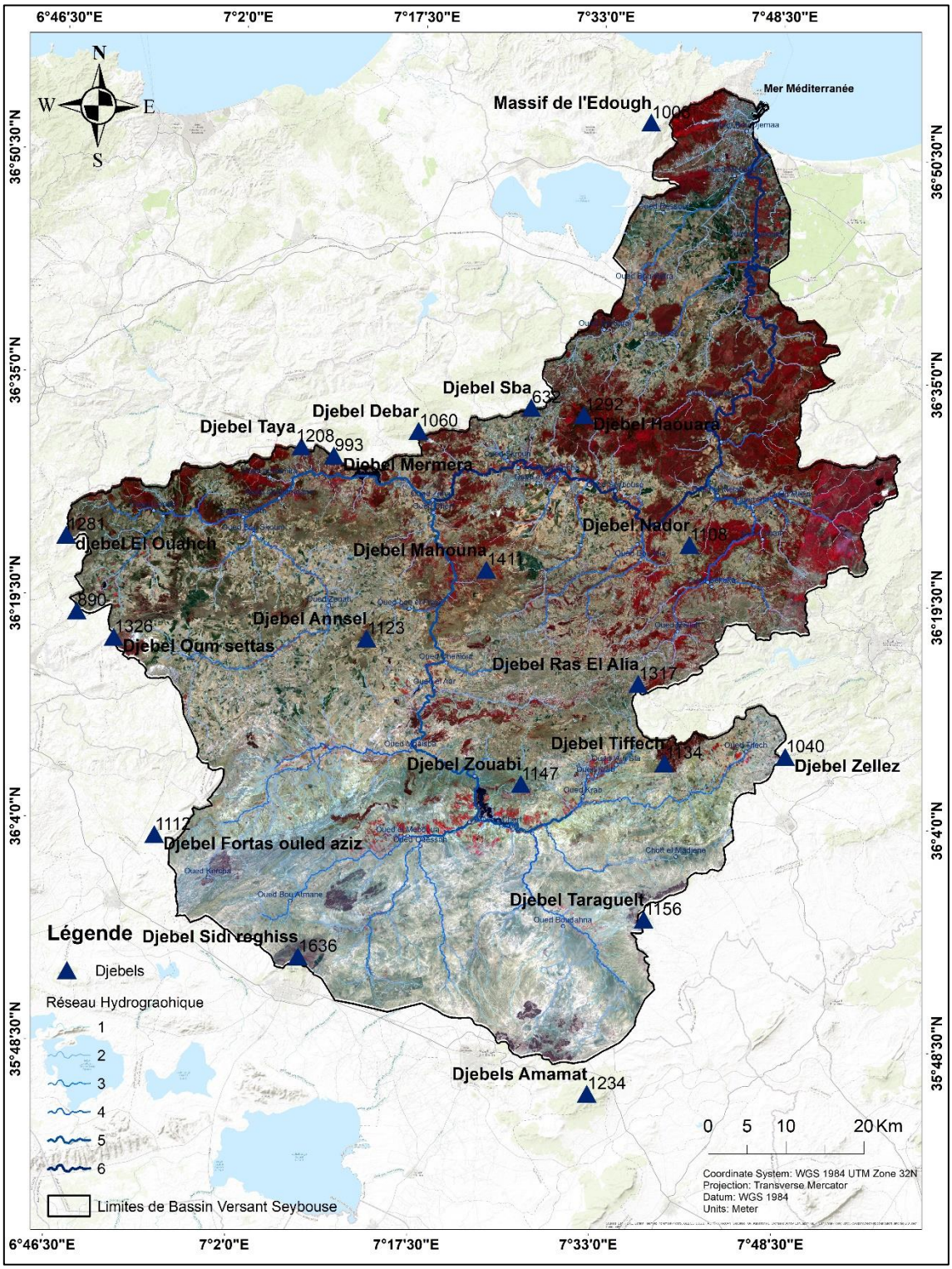


Figure II.2 : Localisation des principales montagnes du BV de la Seybouse sur un fond d'image satellitaire Sentinel 2A.

1.3. Cadre Géologique Détaillé :

1.3.1. Aperçu sur la géologie régionale :

L'Algérie orientale a fait l'objet de plusieurs études géologiques, dont celles de : J-M Vila (1980) sur la chaîne alpine d'Algérie orientale, la synthèse de Wildi (1983) sur la chaîne tello-rifaine de l'Algérie du Nord, et l'étude de Laffite (1939) sur les Aurès. On peut distinguer du nord vers le sud, de nombreuses unités structurales subdivisées en trois grandes familles.

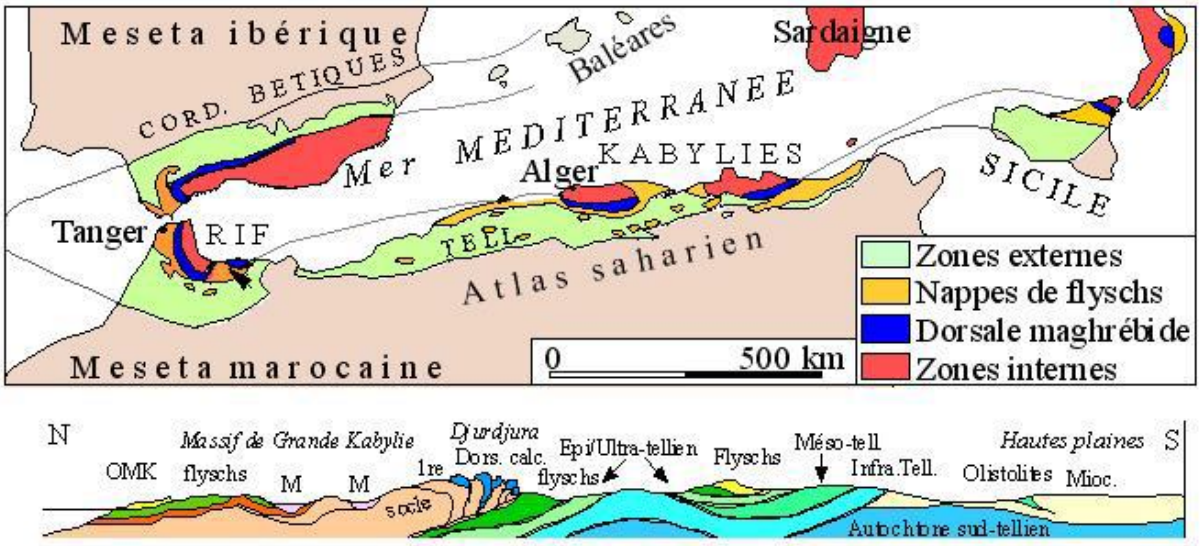


Figure II.3 : Haut : Carte structurale schématique de la chaîne Magrébide montrant la disposition des zones internes et externes, Bas : coupe simplifiée sur la transversale de la grande Kabylie, d'après Delga et Fontboté (1980).

Les unités structurales divisées en :

- Zones internes ;
- Zones des flyschs ;
- Zones externes.

Dont ces trois unités tectonostratigraphiques qui forment l'organisation allochtone ; la chaîne côtière de la chaine alpine. L'avant pays est constitué d'Ouest en Est par les unités suivantes :

- L'unité néritique du Sud Sétifienne.
- L'unité néritique constantinoise,
- Les écailles des Sellaoua et l'avant pays autochtone (Wildi, 1983).

1.3.1.1. Le domaine interne :

Les zone internes sont représentées par le socle kabyle (Raoult, 1974) et de la dorsale calcaire (Glangeaud, 1932 ; Durand Delga, 1969 et Bouillin et al, 1976). Un socle métamorphique panafricain et hercynien ; et des terrains cambriens à carbonifères modérément métamorphisés (Sonet, 1969) et sa couverture mésozoïque et tertiaire formant la dorsale calcaire. Ces zones internes sont principalement développées à l'Est d'Alger et constituent les massifs de Grande et Petite Kabylie. A l'Ouest, le massif de Chenoua et le Cap Ténès qui sont des témoins, réduits à des unités de la dorsale calcaire. Les zones internes chevauchent le domaine des flyschs et le domaine tellien. En petite Kabylie, les chevauchements des formations mésozoïques et tertiaires métamorphisées sont très plats, appartenant à l'unité tellienne et aux flyschs, émerge comme une fenêtre sous le socle kabyle à quelques dizaines de kilomètres en arrière du front de chevauchement.

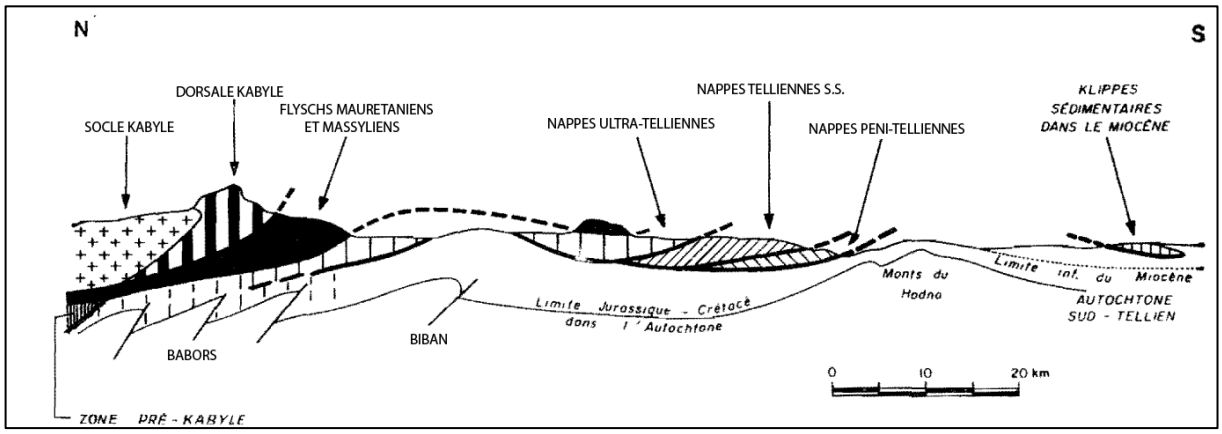


Figure II.4 : Coupe géologique schématique illustrant les Rapports structuraux entre les différentes unités de la chaîne des Maghrébides (d'après Delga, 1969).

1.3.1.2. Le domaine des flyschs :

C'est un ensemble d'âge qui s'étend du Crétacé à Paléogène, et chevauche largement les zones externes. Ce sont des nappes de flysch avec une dominante carbonatée en écailles et souvent décollée de son substratum initial (bouillin J.P. ; 1986).

Dans ce domaine, la zone des flyschs est longtemps mal connue en raison de sa structure complexe et la pauvreté de fossiles, On distingue :

1.3.1.2.1. Flyschs Mauritaniens :

Il s'agit des flyschs septentrionaux de type « Guerrouch » (Tithonique- Crétacé inférieur) (Gélard, 1969), relativement épais, occupant une position interne dans le domaine des flyschs. Ils sont constitués d'une alternance de bancs argileux, calcareux et gréseux. La série commence par des radiolarites rouges du Dogger-Malm et se termine avec des lits conglomératiques du Paléocène.

1.3.1.2.2. Flyschs Massyliens :

Il s'agit des flyschs argilo-quartzitiques du Crétacé inférieur à des phtanites d'âge Cénomanien, suivis d'une alternance d'argiles et de micro-brèches du Crétacé supérieur (Raoult, 1969).

1.3.1.2.3. Flyschs Numidiens :

Ils forment une entité indépendante. Ils occupent une position structurale allochtone, la plus haute de l'édifice alpin Ce sont des grés pélitiques d'âge Oligocène supérieur au Burdigalien inférieur (Lahondère et al, 1979). Ces derniers ont subi un détachement et un chevauchement vers le nord avant la fin du Burdigalien (Bouillin, 1977 et Vila, 1980).

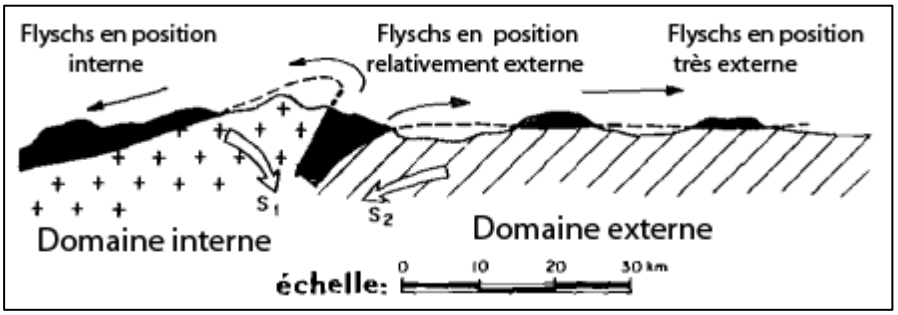


Figure II.5 : Position des nappes de flyschs par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides.

1.3.1.3. Le domaine externe :

Le domaine externe est représenté par d'importantes séries mésozoiques et cénozoiques, à dominante marno-calcaire ou gréseuse. On distingue trois grandes unités (Guiraud, 1973., Vila, 1980., Obert, 1981., Wildi, 1983), et qui sont du Nord vers le Sud :

- Les unités ultra-telliennes : Elles sont définies par un faciès homogène essentiellement marneux du Crétacé à l'Eocène avec quelques intercalations de bancs de calcaire à silex noir. Ces séries n'affleurent de façon importante qu'à l'Est du Djebel Sidi Driss (J.F.Raoult, 1968) puis s'élargissent au Djebel Bou Sbaa au Nord de Guelma (J.M. Villa, 1968). Dans ces unités, y est représenté le socle cristallin du Djebel Edough « massif cristallin externe » de l'Est de l'Algérie alpine.

- Les unités telliennes sensu-stricto : Elles s'étendent du Trias au Lutétien avec des variations de faciès au fil du temps. Le Lias est de type plateforme, le Dogger et Malm marneux, le Cétacé en premier lieu détritique et se transforme en marneux à argilo-calcaire, l'Eocène se caractérise par des marnes épaisses et l'yprésien est calcaire.
- Les unités péni-telliennes et les unités méridionales à nummulites : Le terme péni-tellien a été créé pour désigner une série allochtone du versant nord du Djebel Zouaoui, dans le massif du Chettaba, (Villa et Lahondère in Marre et al. 1977). Les séries se situent ainsi du Lias au Sénonien supérieur alternant entre des faciès telliens typiques et des faciès rappelant ceux des domaines néritiques Sétifiennes ou Constantinois, plus méridionaux. La taille et la nature des blocs remaniés au Sénonien appuient l'hypothèse d'une proximité paléogéographique immédiate entre ces domaines.

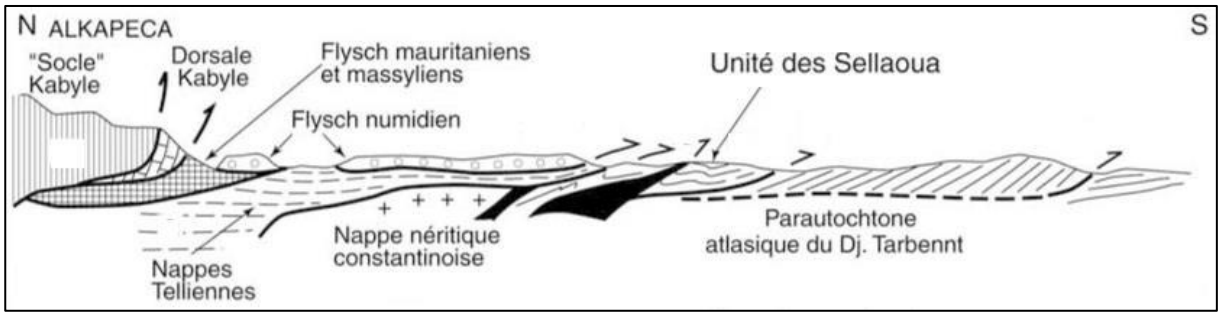


Figure II.6 : un exemple d'agencement des différents domaines et unités cités précédemment en Algérie (exemple du Constantinois, Algérie Nord-Orientale).

1.3.1.3.1. Les séries de l'avant-pays :

La chaîne des Maghrébides est bordée, au Sud, par des séries de l'avant-pays de nature et de comportement tectonique variables. Elles se représentent successivement d'Ouest en Est par les unités et domaines suivants (Wildi, 1983) :

- Les unités sud sétifiennes ;
- L'unité néritique constantinoise ;
- Les écailles des sellaoua;
- L'avant- pays autochtone.

a-L 'avant- pays allochtone :

-Les unités sud sétifiennes :

Elles ont été décrites par Vila (1980) sous l'appellation « ensemble allochtone sud-sétifien ». Les séries sétifiennes présentent uniformément un caractère de plate-forme

subsidence, seule leur partie méridionale présentant des changements significatifs, suggérant un mouvement plus sud d'autochtone Hodnéen vers l'Ouest (Djebel Tafourer). Elles ses Situent au Sud et à l'Ouest de la nappe néritique Constantinoise, et sont considérés comme autochtone depuis les travaux de Savornin (1920) et Glaçon (1963).

-L'unité néritique constantinoise

Elle représente la plupart des massifs calcaires qui composent la série néritique Constantinoise des massifs isolés, de différentes tailles, caractérisées par d'épaisses formations carbonatées plus au moins karstiques du Mésozoïque à caractère de plate-forme subsidence. La série sud des massifs calcaires ne s'étend pas au-delà du Turonien et se termine par un contact anormal. La formation d'âge éocène n'a aucun lien stratigraphique avec la série néritique Constantinoise (Vila, 1980). Cette unité est considérée comme autochtone (Durand Delga, 1969), pour Vila (1980), elle est allochtone et chevauche les écailles de Sellaoua et les unités sud- sétifiennes. L'autochtonie de ces unités est reprise par Chadi (1991) et Coiffait (1992).

-Les unités des Sellaoua

Ces unités ont fait l'objet d'étude détaillée par David (1956) et Voute (1967). Elles proviennent d'un sillon allongé s'étendant du Sud-ouest au Nord-est. Elles affleurent dans la partie Sud-Est des massifs composant l'unité néritique constantinoise et sont constituées principalement des terrains marno-calcaires du crétacé avec des apports détritiques dans le Crétacé supérieur. Le Paléocène et le Lutétien supérieur sont des marnes, tandis que l'Yprésien est carbonaté, riche en Nummulites et l'Oligocène est signalé par Vila (1980) et Coiffait (1992). L'écaillage de ces séries est accordé à des raccourcissements considérables entrainant des chevauchements à grandes ampleurs.

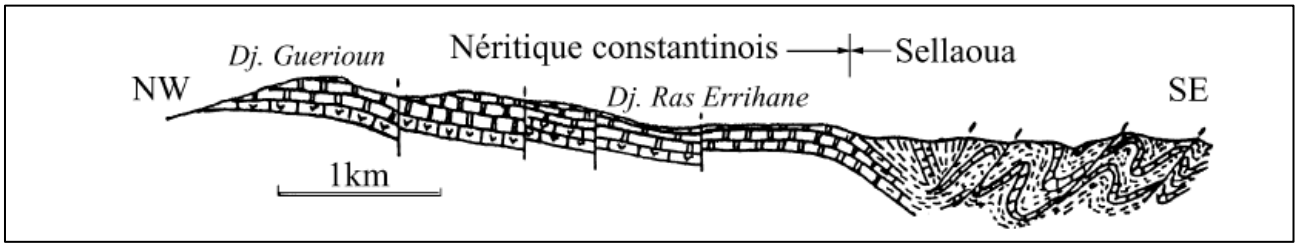


Figure II.7 : La relations structurale **:** Néritique / Sellaoua (Chadi et al. 1999).

b-L'avant pays autochtone :

La région entière est représentée par les Monts du Hodna, les Monts de Batna et les massifs des Aurès. Il se distingue par des séries Mésozoïques épaisses. La sédimentation y est restée homogène à faciès de plate-forme subsidence envahie par une sédimentation gréseuse qui commence au Berriasien et se termine à l'Albien (Guiraud, 1973 et Vila, 1980).

1.3.2. Géologie du bassin versant Seybouse :

1.3.2.1. La géologie de la basse Seybouse :

- Le Néo-protérozoïque- Paléozoïque :

Le massif de l'Edough constitue le complexe métamorphique le plus oriental du littoral algérien. Il est composé d'une variété de roches métamorphiques du Précambrien au Paléozoïque, qui forment toutes une antiforme avec un axe Nord-Est-Sud-Ouest. (Hilly, 1962 ; Vila, 1970 ; Gleizes et al.1988 ; Marignac et Zimmermann, 1983 ; Marignac, 1985 ; Bouguerra, 1990 ; Monié et al. 1992 ; Hammor, 1992 ; Aissa et al. 1995 ; Hammor et Lancelot, 1998 Laouar et al. 2002). Le gneiss forme la base et les métapélites se trouve juste au-dessus du gneiss et formant les deux unités principales :

- Les micaschistes à grenat et à disthène alternent avec des couches de marbre et de skarns d'une épaisseur métrique.
- Une unité supérieure du Paléozoïque (Ilavsky et Snopkova, 1987) constitué de schistes alumineux andalousite et staurotides qui alternent avec des quartzites feldspathiques.

-Le Mésozoïque- Cénozoïque :

Le massif de l'Edough est recouvert au Sud et à l'Ouest par des terrains sédimentaires formant une série de nappes assez complexe (Neumann et Vila, 1967 ; Marignac, 1985). De bas en haut, la structure est la suivante :

- L'autochtone est représenté par une formation néritique du crétacé et constituée principalement de calcaires massifs présentant parfois des fissures ou des vides karstiques ;
- Le flysch mauritanien, d'âge Cénomanien à Oligocène, affleure à Ain Berda et est constitué de plusieurs faciès : brèches, calcaires et grès micacés ;
- La dorsale Kabyle se compose de deux unités : l'unité inférieure (du Néocomien à Eocène) composée de sédiments pélagiques et l'unité supérieure (de l'Eocène à Oligocène) caractérisée par des formations néritiques ;
- Le flysch massilien du crétacé est constitué de grès, d'argiles et des marnes ;
- Le flysch Numidien est constitué de grès d'Oligo-Miocène.

La plupart de ces roches sédimentaires sont recouvertes par des sables Mio-pliocène jusqu'au Quaternaire.

-Le Trias :

Les affleurements triasiques sont situés à quelques kilomètres au sud de la région de Bouchegouf (Talbi et al, 1991).

La structure de la couverture sédimentaire peut s'expliquer par le phénomène de diapir triasique. Il se compose de formations évaporitiques composées des marnes gypseuses, d'argiles bariolées, des dolomies, des calcaires et des sels.

-Le Mio-Pliocène

Le moi-pliocène comprend les faciès suivants :

- Faciès marin (Plaisancien) : ce sont des marnes bleues intercalées de calcaires.
- Faciès continental : caractérisé par des conglomérats, grés et argiles associés aux dépôts d'effondrement, et constituant le réservoir de la nappe captive des plaines d'Annaba-Bouteldja.
- Faciès fluviatile : il est bien développé dans la plaine d'Annaba et est principalement formé par des galets et d'argiles le long des vallées fluviales.

-Le Quaternaire :

L. Joleaud (1936) a donné une description détaillée du Quaternaire dans la région, divisée en trois niveaux :

- **Le Quaternaire ancien** (hautes terrasses) : entre 75 et 150 m d'altitude, composé des formations alluviales (argiles, limons, sables, graviers et galets), qui forme un réservoir d'eau superficielle.
- **Le Quaternaire moyen** : correspond à de terrasses basses d'une épaisseur de 20 à 50 m composée d'argiles et des sables.
- **Le Quaternaire récent :** Il correspond aux sables des cordons dunaires littoraux et aux limons alluvionnaires de la Seybouse.
- **Le Quaternaire actuel :** est formé d'alluvions, représentées par des sédiments du lit actuel de l'Oued Seybouse, et sont généralement constituées de matériaux divers (argiles, sables et des galets) produits par l'érosion des formations traversées par l'oued.

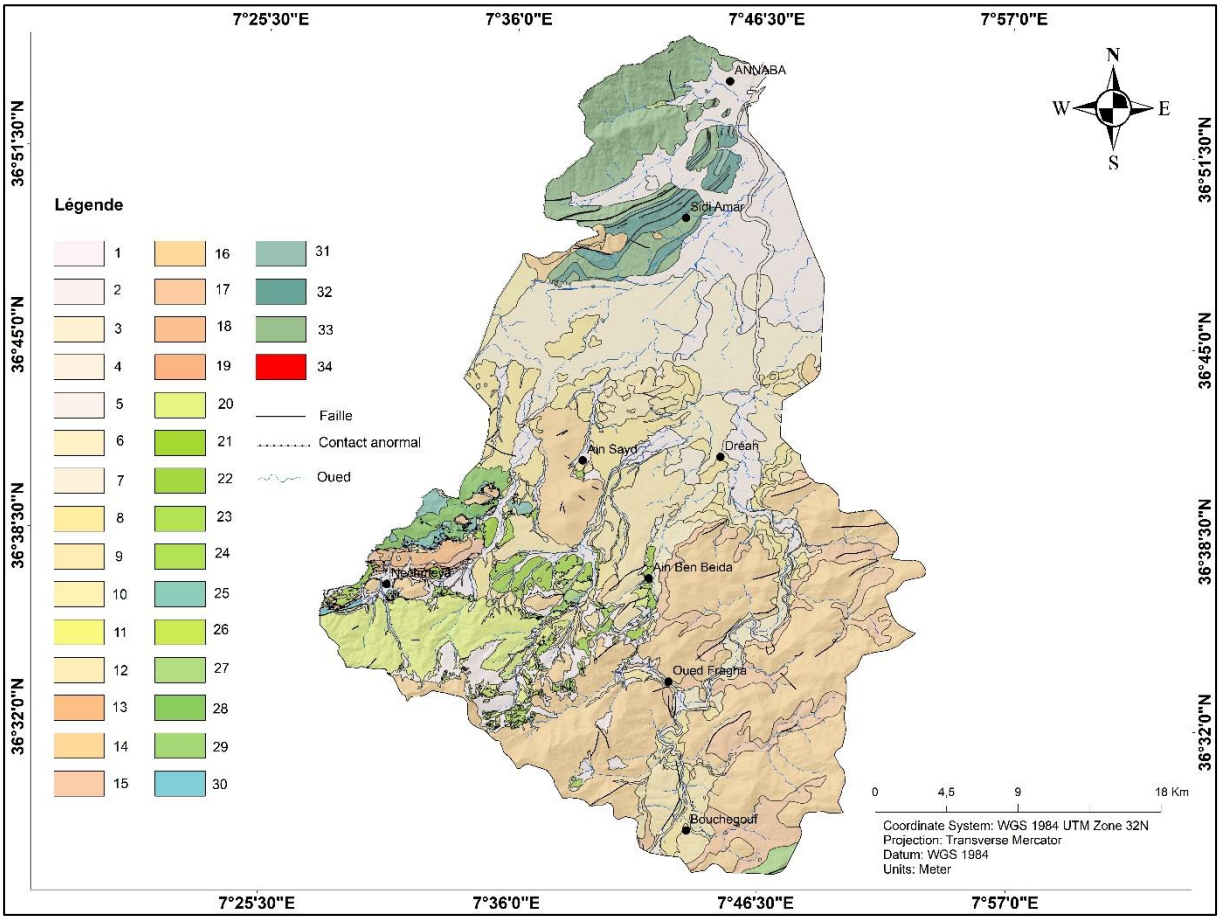


Figure II.8: Carte géologique du bassin versant de l'Oued Seybouse Maritime.

***1**. Alluvions récentes,**2**. eboulis à blocs,eboulis à gangues marneuses,**3**. formation laguno-marins de la plaine de Annaba,**4**. Dunes,**5**. alluvions actuelles et récentes,**6**. alluvions des basses terrasses des vallées,**7**. alluvions des moyennes terrasses des vallées du chebka des sellaoua,**8**. alluvions des moyenne terrasses des vallées (tensiftien),**9**. Alluvions des hautes terrasses des vallées,**10**. alluvions anciennes des vallées,**11**. croute calcaire,**12**. flysch gréso-micacé,**13**. argiles et grès (molasse -argiles numidiennes),**14**. flysch à microbrèches rousses,**15**. Grés numidiens,**16**. Argiles numidiennes,**17**. flysch conglomératique à nummulites,**18**. niveaux rouges,**19**. marnes et marno -calcaires clairs,**20**. flysch à bandes siliceuses,**21**. microbreches intercalations de faciès pélagiques fins,**22**. marnes marno-calcaires et shistes gris,**23**. phtanites et brèches siliceuses,**24**. complexe de base avec calcaires fins,**25**. marnes et marno-calcaires,**26**. grès fins,**27**.* marnes et marno-calcaires à ammonites ,**28**.*calcaires marneux,**29**. dolomies noires,**30**.* marnes à ammonites pyriteuses ,**31**.*calcaires cristallins en amas et en bandes,**32**. schistes micacés et micaschistes et amphibolites,**33**. Gneiss,**34**. microgranulites.*

1.3.2.2. Géologie de la moyenne Seybouse :

Du primaire jusqu'au Quaternaire, les terrains qui affleurent dans cette région sont :

-Le Trias

Il s'agit de la formation la plus ancienne de la région. Elle ne représente pas beaucoup d'affleurements, seuls trois faciès se retrouvent dans la partie Nord du massif Nador N'bail :

- Trias inferieur : composé d'argile d'aspect schisteux, affleure au Nord du massif de Nador.
- Trias moyen : formé de calcaires lités à cassures, contenant quelques bancs de calcaires vermiculés (calcaires à ficoïdes).
- Trias supérieur : se rencontre à l'Est du Djebel Debagh, caractérisé par une alternance des marnes et des schistes de faibles épaisseurs.

-Le Néritique

Il s'agit d'un faciès Jurassique-Crétacé plus ou moins karstifié. Il apparaît également sous forme des fenêtres au Djebel Mahouna, Djebel Debagh, Nador et plus à l'Ouest au Djebel Taya.

-Le Jurassique

Il s'agit des dolomies noires avec des schistes et des calcaires de faibles épaisseurs qui affleurent dans la région de Djebel Debagh.

-Le Crétacé

- Le Crétacé inférieur : affleure sous forme de calcaires massifs lissés et de dolomie à Algues d'âge Aptien à Dj.Debagh et Hammam Bredaa,
- Le Crétacé moyen : représenté par des calcaires massifs ou lithiques et calcaranites.
- Le Crétacé supérieur : caractérisé par des niveaux de calcaires dolomitiques riches en Orbitolines et des débris à Rudistes datant du Cénomanien-Vraconien.

-Le domaine des nappes

- **La nappe Numidienne :** on a retrouvé au Nord-Est et au Sud-est de la région (Djebel Bezioun), au centre et à l'Est (les massifs boisés de Houara et Beni Mezline) et au Nord et au Sud des massifs néritiques constantinois. Cette nappe forme la hauteur des reliefs gréseux de part et d'autre de la rivière de Seybouse, et se caractérise par la présence de deux faciès fondamentaux les grès et les intercalations argileuses (Vila, 1980, Lahondère et al, 1979).

-Le domaine des flysch : ce sont des dépôts des grands fonds dont l'âge s'étend du Crétacé inferieur à l'Oligocène. Nous distinguons :

- **Les flysch de Penthièvre :** formés au Sud-Est du Djebel Debagh selon une séquence continue du Cénomanien à l'Oligocène. On s'y retrouve :

- Le Flysch gréso –micacé à patine jaunâtre d'Oligocène.
- Le Flysch à micro brèches rousses formé par des argiles à micro brèches assez fines du Priabonien à l'Oligocène.
- Le Flysch conglomératique à Nummulites du Lutétien.

- **Les flysch de Guerouche :** affleure au Sud de l'extrémité orientale du Djebel Debagh et à l'Ouest du foret de Beni Mezlin. Nous distinguons :

- Grés du Crétacé inférieur : Il s'agit une série gréseuse avec de fines intercalations argilo-schisteuses grises ou brunâtres.
- Complexe de base à calcaires fins : c'est une série argilo-gréseuse avec de nombreuses intercalations de bio micrites claires.

-La Nappe Ultra Tellienne : ce sont des séries superposées anormalement au Crétacé néritique constantinois du Djebel Debagh et du Douar Bouzitoune dans la région de Guelma (Durand Delga, 1969).

-La Nappe Tellienne : correspond au domaine tellien externe et est constituée par des nappes allochtones de matériel épais et profond d'âge Crétacé-Paléogène qui se chevauchent avec l'autochtone et apparaîssent en fenêtres.

-L'unité néritique constantinoise : la série la plus complète est représentée par l'extrémité orientale du Djebel Debagh, qui traverse les nappes et réapparait en fenêtre à la piscine romaine d'Héliopolis et dans le coin Sud –Est de Nador. La série comprend des niveaux siliceux à la surface du charriage, qui ont l'apparence de grés bruns d'âge Numidien. Les calcaires qui s'étendent sur des centaines de mètres, du Campanien-Maestrichtien au Barrémien, contiennent de nombreux types de fossiles et présentent des faciès assez divers, des bancs de dolomies noires de base à une épaisseur de 250 à 300 m largement cristalline.

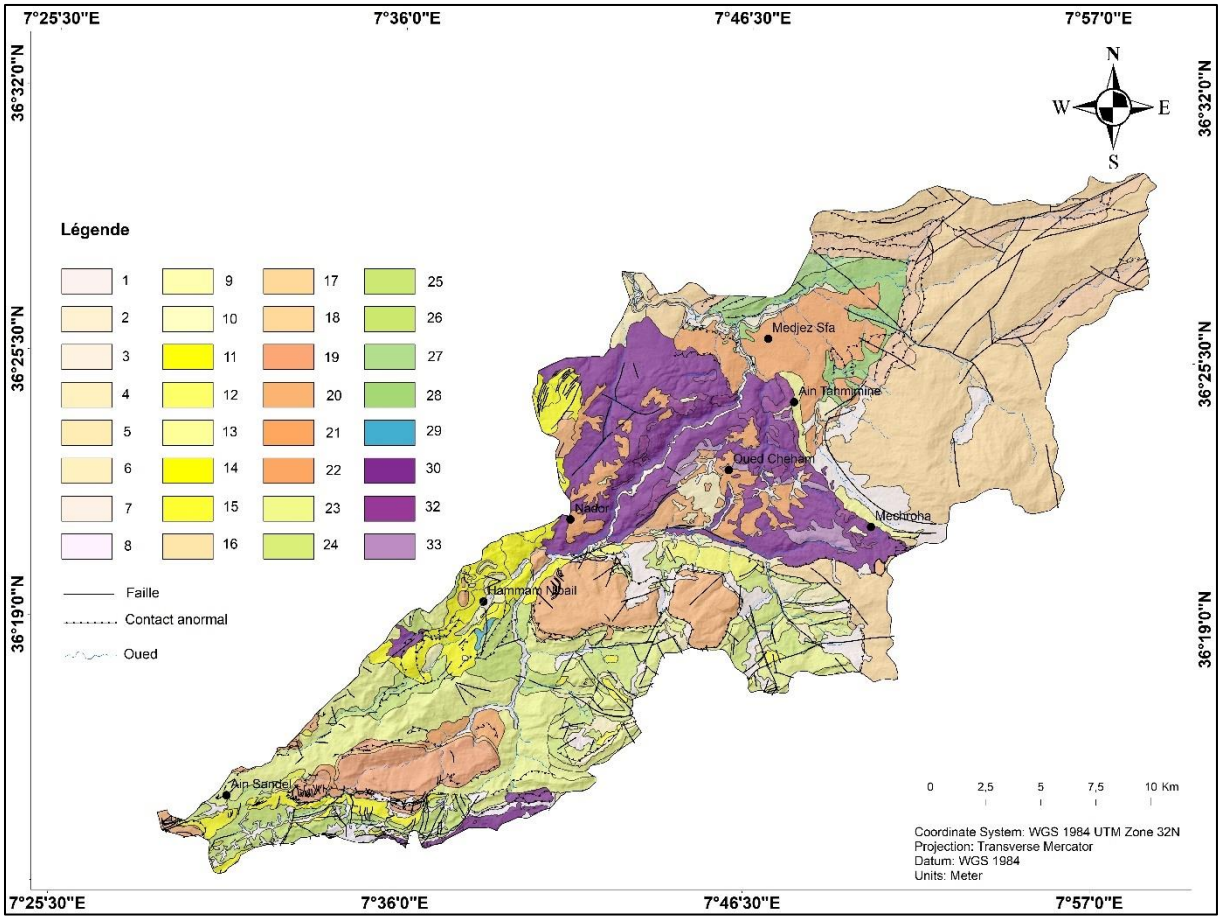


Figure II.9: Carte géologique du bassin versant de l'Oued Mellah.

***1**. éboulis à blocs,**2**.eboulis,**3**.alluvions des basses terrasses des vallées **4**.alluvions des moyennes terrasses,galets,graviers,sables,limons,**5**. formations déluvio- proluviales cailloutis,sables,limons,**6**. alluvions des hautes terrasses des vallées,**7**. formations déluvio-gravitationnelles éboulis de pente: brèches, cailloutis, sables, limons ,**8**. travertins récents, **9**.terre arables, formations de pente ,alluvions anciennes et quaternaire indéterminé, **10**.travertins du nador (calcaires lacustres),**11**. conglomérates,grès,argiles,**12.**argiles rouges gréseuses et poudingues,**13**.Marnes argileuses, coglomérats, gravélites, **14**.argiles, marnes, siltsones intercalations de grè ,**15**.argiles grises à gypse,**16.** grés,marnes,conglomérats,**17**. argiles verdatres,**18.** argiles et grès (molasse de Guelma-argiles numidiennes),**19**.Grés numidiens,**20.**calcaires massifs à nummulites,**21**.calcaires blancs bitumineux à cassure noire et silex noirs, faciès à globigérines et à débris **22**. marnes argileuses noires et marno - calcaires noirs à patine grise claire,**23**. argiles rouges, grès de poudingue ,intercalation de marnes, de calcaires lacustres,**24**.calcaire ,calcaires gréseux et marno-calcaires à inocérames,**25**.marnes et marnes argileuses grises et passées de marno-calcaires,**26**. biomicrites à globotuncana de l'oued cheniour, marnes indifférenciés,**27**. marno-calcaires et marnes blancs à traces d'algues, marno-calcaires et marnes glauconieuses,**28**. marnes à ammonites pyriteuses,**29**.calcaires marneux,**30**. calcaires liasiques,**31**.formations argilo-gypso-grèseuses à fragments et blocs de roches diverses,**32**. dolomies et brèches dolomitiques grises,cargneules,**33**.alternance de grès, argiles et marnes rouges et bleuâtres.*

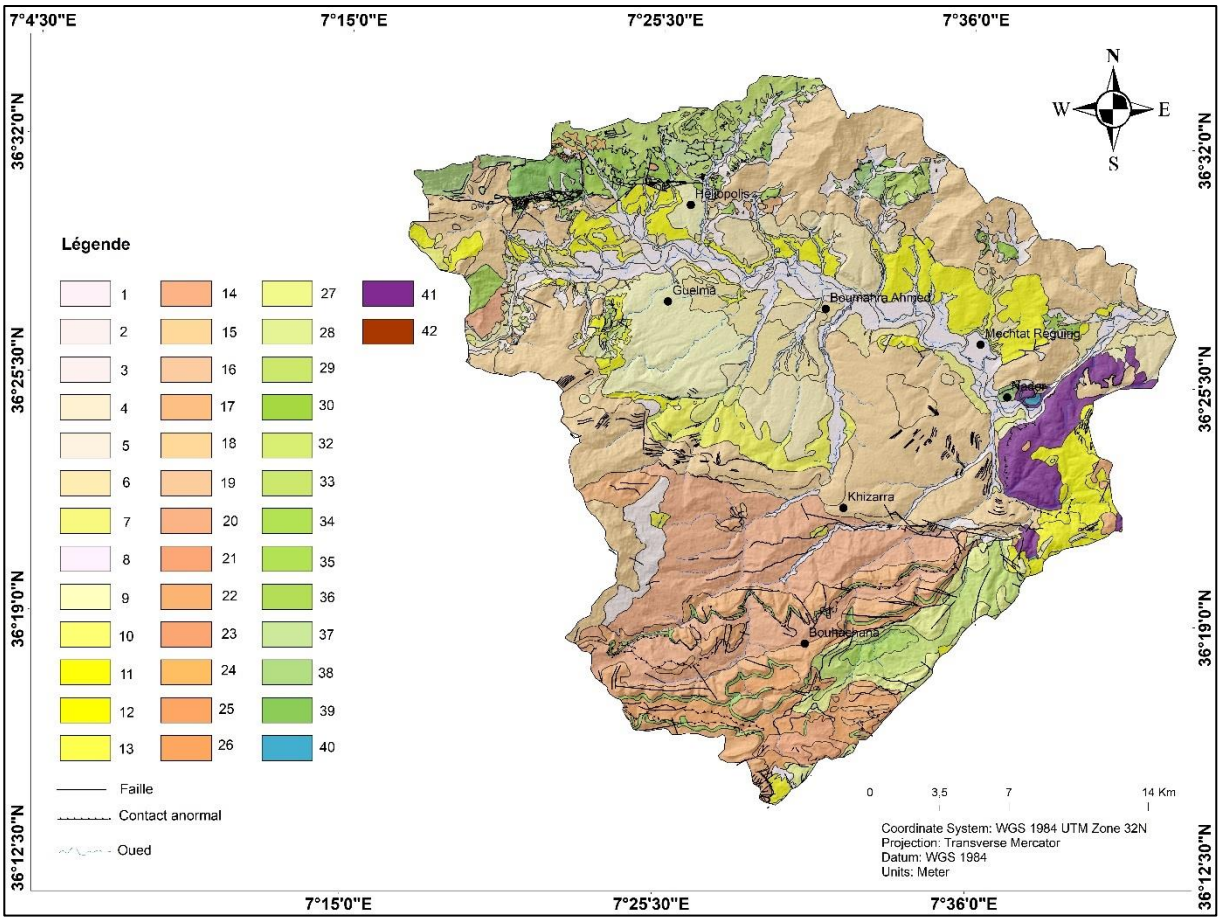


Figure II.10 : Carte géologique du bassin versant de l'Oued Seybouse Moyenne.

1.*eboulis à blocs,* ***2****.eboulis de grès,****3****. rebord des terrasses (alluvions récentes),****4****.alluvions des basses terrasses des vallées,****5****.alluvions des moyennes terrasses, galets, graviers, sables, limons,* ***6.*** *alluvions des hautes terrasses des vallées,****7****.alluvions anciennes cônes de déjection torrentiels,****8****.terre arables, formations de pente,****9****.travertins,****10****.tufs et calcaires lacustres de guelma,****11****.argiles rouges gréseuses et poudingues,****12****.argiles grises à gypse,****13.*** *mollasse jaune sableuse grès à hélix,****14.****marnes schisteuses,****15****.Grés numidiens,****16****.Argiles numidiennes,****17****.flysch gréso-micacé,****18.****argiles et grès (molasse de guelma-argiles numidiennes),****19****.marnes à lumachelles d'ostrea strictiplicata,****20****.calcaires massifs à nummulites,****21****.calcaires blancs bitumineux à cassure noire et silex noirs, faciès à globigérines et à débris,****22****.marno-calcaires et calcaires à silex phosphatés et bitumineux ,****23****.argiles rouges, grès de poudingue, intercalation de marnes, de calcaires iacustres,****24****.marnes noires et alternances de marnes et de marno-calcaires noirs,* ***25****.argiles noires,* ***26****.calcaire ,calcaires gréseux et marno-calcaires à inocérames,* ***27.****calcaires massifs organo-détritiques,****28****. Marnes et marno -calcaires clairs,****29****. microbreches intercalations de faciès pélagiques fins,****30****.marnes grises,****31****.marno-calcaires et marnes blancs à traces d'algues,****32****. marno-calcaires et marnes glauconieuses,* ***33.****phtanites et brèches siliceuses,* ***34****.schistes et marno-calcaires,* ***35****.schiste noir,* ***36****.calcaires massifs,* ***37****. marnes et marno-calcaires à ammonites,* ***38****.schistes,****39****.complexe de bases avec calcaires fins,****40****.Calcaires liasiques,* ***41****.Formations argilo-gypso-grèseuses à fragments et blocs de roches diverses ,****42****. niveaux siliceux roux broyés.*

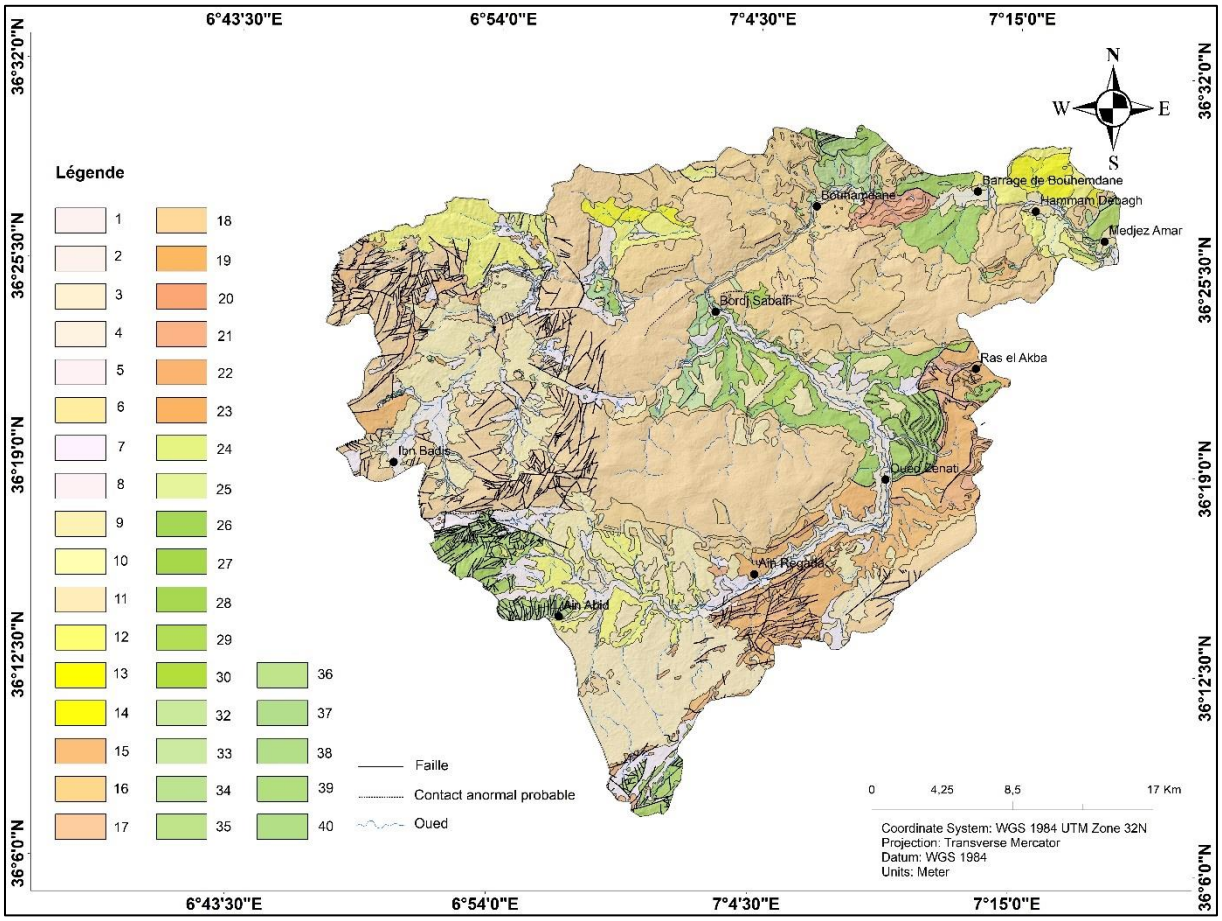


Figure II.11 : Carte géologique du bassin versant de l'Oued Bouhamdane.

__1__.eboulis à blocs,__2__.alluvions actuelles et récentes,__3__.basse terrase,__4__.alluvions des moyennes terrasses, galets ,graviers, sables, limons,__5__.alluvions des moyenne terrasses des vallées (tensiftien),__6__.terrasse intermédiaire parfois encroutée,7.alluvions des hautes terrasses des vallées,__8__.terre arables, formations de pente, alluvions anciennes et quaternaire indéterminé,__9__.glacis polygénique méridionaux,__10.__glacis anciens à galets patinés,__11__.travertins,__12__.croute calcaires,__13__.poudingues rouges, travertins lacustres, alternance de grès des argiles et de marnes,__14__.argiles grises à gypse,__15__grès et sables de bizot,__16__. argiles de base à tubotomaculum,__17__.argiles et grès (molasse de Guelma-argiles numidiennes),__18__.poudingues,__19__.Grés numidiens,__20__.marnes noires, éboulis de marnes,__21__.marno-calcaires,__22__.calcaires, marnes grises,__23__.calcaires clairs à rares niveaux de silex et microfaunes grano-classées,__24__.marnes claires à niveaux claires bio-détritique,__25__.marnes et marno -calcaires clairs __26__.flysch à microbrèches,__27__.marnes schisteuses,__28__. transgressif du rocher de Constantine et du djebel kellal,__29__.marnes grise et bancs calcaires,__30__.schistes et marno-calcaires,__31.__marnes schisteuses grises __32__.calcaires massifs marno-calcaires,__33__. marnes schisteuses grises et marnes feuilletées __34__. Schistes ,__35__. calcaire a miliolidés, orbitolines avec ovalveolina reicheli au sommet,__36__. calcaires massifs, __37__. marnes schisteuses et marno-calcaires lités, __38__. calcaires compacts néritiques, __39__. calcaire et marneux, __40__. calcairo-dolomitique : versant nord du djebel oum settas.

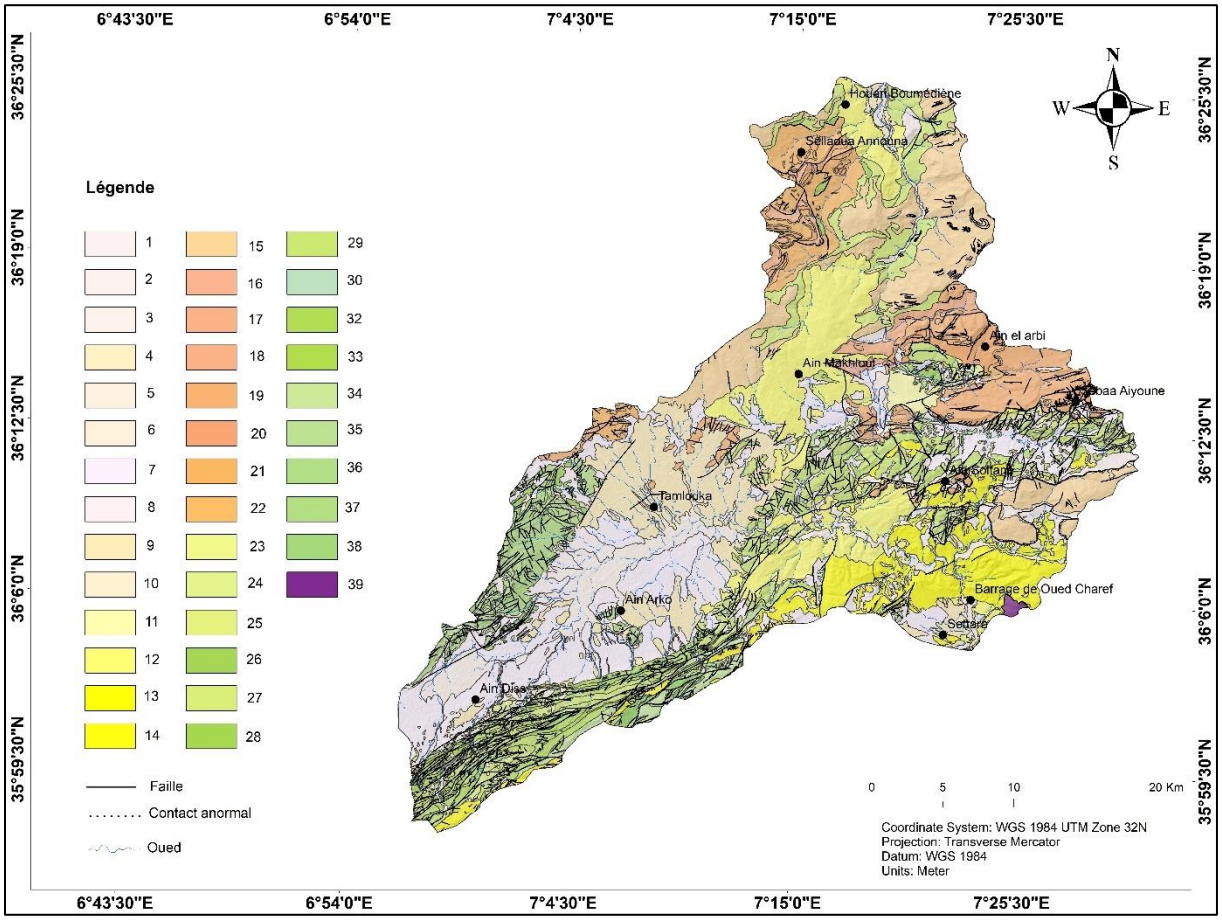


Figure II.12 : Carte géologique du bassin versant de l'Oued Cherf Aval.

***1**.eboulis,**2**.eboulis à blocs,**3**.eboulis de grès,**4**.alluvions actuelles et récentes,**5**.alluvions des basses terrasses des vallées,6.alluvions des moyennes terrasses, galets, graviers, sables, limons,**7**.alluvions des moyennes terrasses des vallées du chebka des sellaoua,**8**.terre arables, formations de pente, alluvions anciennes et quaternaire indéterminé,**9**.glacis polygénique méridionaux,**10**.croute calcaire,**11**.cone de déjection rouge et cimentées des grands massifs calcaires,**12**.travertins,**13**.poudingues rouges, travertins lacustres, alternance de grès des argiles et de marnes,**14**.dominante marneuse à l'W de sedrata,**15**.transgressif conglomératique et surtout gréseux,**16**.argiles et grès (molasse de guelma-argiles numidiennes),**17**.Grés numidiens,**18**.marnes à lumachelles d'ostrea strictiplicata,**19**.faciès marneux,**20**.calcaires, marnes grises,**21**.calcaires blancs bitumineux à cassure noire et silex noirs, faciès à globigérines et à débris,**22**.marno-calcaires et calcaires à silex phosphatés et bitumineux,**23**.marnes noires, éboulis de marnes,**24**.marnes noires, calcaires marneux,**25**.argiles noires,**26**.calcaire, calcaires gréseux et marno-calcaires à inocérames,**27**.calcaires et marnes à inocéramus regularis,**28.**calcaire de l'oued cheniour,**29**.marnes schisteuses,**30**.marno-calcaires et marnes grises ou glauconieuses,**31**.marnes grise et bancs calcaires,**32**.biomicrites à globotuncana de l'oued cheniour, marnes indifférenciés,**33**.marno-calcaires et marnes blancs à traces d'algues, marno-calcaires et marnes glauconieuses,**34**.marnes et marno-calcaire,**35**.calcaires subrécifaux, marno-calcaires gris-blanc, argiles et marnes brunes et vertes, grès blancs,**36**.marnes gris-bleu à ammonites de l'oued cheniour,**37**.calcaires oolithiques fossilifères,**38**.marnes grises verdâtres (faciès du Dj. Ouahch) à ammonites ferrugineux marno-calcaires et dolomies,**39.** formations argilo-gypso-grèseuses à fragments et blocs de roches diverses.*

1.3.2.3. Géologie de la haute Seybouse :

Le secteur du Haut Cherf est formé essentiellement par des formations quaternaires, qui sont constituées d'argile et de sable.

-Mio-Plio-Quaternaire :

- Les alluvions actuelles ou récentes : ce sont des limons, des sables, et des graviers gris. Ils sont situés le long des oueds Nord (oued Cherf oued Settara, et oued Lahmimine) et le long de l'oued Trouch qui s'écoule dans le fossé de Terraguelt.
- Alluvions anciennes et glacis polygéniques : Il s'agit de débris bien calibrés présentant l'aspect d'une croûte calcaire rosâtre feuilletée, organisées en pentes douces.
- Miopliocène continental **:** Argiles, conglomérats, grès et calcaires lacustres. Ces formations se développent au Nord de la faille de Berriche à oued el-Lahmimine. l'extrémité nord du fossé du mio-plio-quaternaire de Terraguelt qui forme une grande partie du versant nord du Djebel Tiguilaline. Il s'agit d'argiles jaunes ou ocres, de conglomérats orange peu cimentés, de grès calcareux jaunâtres et de calcaires lacustres ou rosés, on les retrouve à Sedrata et M'Daourouch.
- Miocène marin transgressif : affleurement uniquement sur le versant sud du Djebel Hammimet, ce sont des grès et des calcaires à débris de Balames et de Pecten.

-Crétacé supérieur-sénonien :

- Des affleurements du Crétacé supérieur ou du Sénonien, entourent la région de Sédrata, et sont composés de marnes-grises, de marno-calcaires et de marnes noirâtres. La plaine du Tiffech est située entre le Djebel Tellez et le Djebel Tiffech et est constituée de formations argilo-sableuses.

  Le bassin de Haut Cherf est encadré au Sud-Est par des calcaires, tandis que le Sud-Ouest et une partie du centre sont occupés par des calcaires et des marno-calcaires.

-Trias :

- Le Trias est présent à la base de la klippe de Bir bou Haouch et chevauche sur le Maestrichien du Djebel Tiguilaline, généralement sous la forme de plusieurs klippes isolées (Bir bouHaouch et Oued Settara). La klippe de Bir bouHaouch ne montre que sa bordure Nord où les dépôts triasiques, reposant sur le Miocène gréseux, constitue la semelle d'un lambeau des unités méridionales des Sellaoua. Il s'agit d'un ensemble broyé d'argiles versicolores et de gypses.

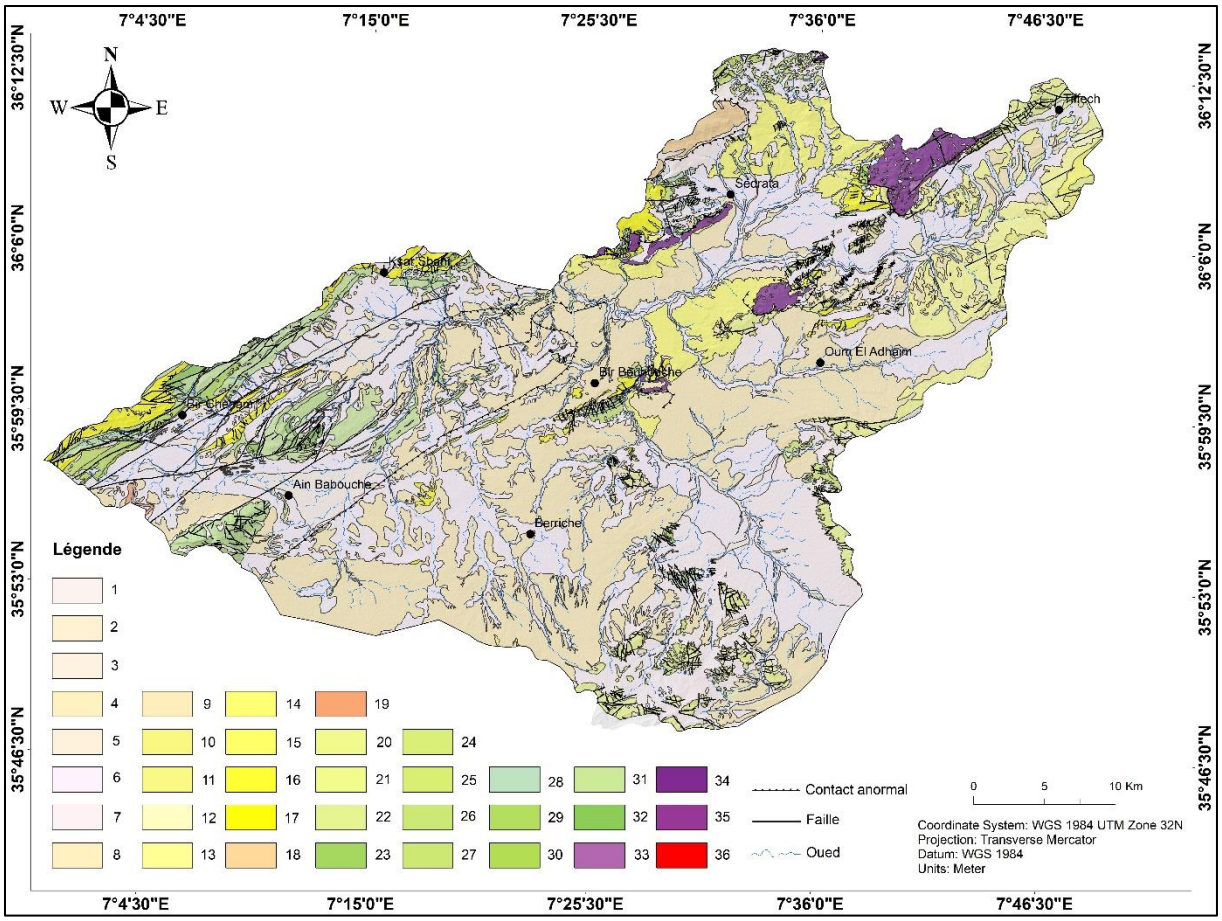


Figure II.13 : Carte géologique du bassin versant de l'Oued Cherf Amont.

***1**.eboulis à blocs, **2**.eboulis, **3**.alluvions des basses terrasses des vallées ,**4**.alluvions des moyennes terrasses, galets, graviers, sables, limons, **5**.formations déluvio-proluviales cailloutis, sables, limons **6**.alluvions des moyennes terrasses des vallées du chebka des sellaoua,**7**.terre arables, formations de pente,alluvions anciennes et quaternaire indéterminé, **8**.glacis polygénique méridionaux,**9**.formations déluviales, limons à nombreux fragments de croutes calcaire,**10**.croute calcaire,**11**.argiles rouges, limons,**12**.calcaires lacustres,**13**.conglomérates, grès, argiles,**14**.conglomérats, gravélites, grès, argiles et marnes,**15**.poudingues rouges, travertins lacustres, alternance de grès des argiles et de marnes,**16**.argiles, marnes, siltsones intercalations de grès,**17**.grés, marnes, conglomérats,**18**. dominante marneuse à l'W de sedrata, **19**.Grés numidiens, **20**.marno-calcaires et calcaires à silex phosphatés et bitumineux, **21**.calcaire à inocèrames, **22**.calcaires à rares intercalations de marnes, **23.**marnes argileuses, marno-calcaires, **24**.marnes à intercalations de calcaires ,**25**.marno-calcaires et marnes grises ou glauconieuses ,**26**.alternances de calcaires noduleux et de marnes grises, **27**.biomicrites à globotuncana de l'oued cheniour, marnes indifférenciés, **28**.marno-calcaires noirs en plaquettes à la base, marnes et biomicrites à globotruncana helvetica au sommet, **29**.marnes à petites intercalations marno-calcaires à rotalipores, **30**.calcaires subrécifaux N de chebka des sellaoua, marnes et marno-calcaires, **31.**argilo-marneux sombre à rares bancs de grès quartzite, **32**.marnes grises et vertes à ammonites ferrugineux, argiles vertes, siltstones verts, marno-calcaires et calcaires et localement intercalations de poudingues dans les calcaires de niveau inférieure, **33**.calcaire gris et noirs en plaquettes à rares intercalations de dolomies jaunes, **34**.formations argilo-gypso-grèseuses à fragments et blocs de roches diverses, **35**.dolomies et brèches dolomitiques grises, cargneules, **36**.filons minéralisés.*

1.4. Aperçu structural et tectonique :

La région de Seybouse maritime est caractérisée par une tectonique très complexe, elle peut être subdivisée en deux unités structurales (J.M. Vila, 1977).

- Les monts de cheffia : Ce sont des formations grés-argileuses qui occupent la partie sud de la région et s'expriment par des rides tectoniques caractérisées par des anticlinaux à noyaux argileux, parfois faillés.
- La plaine d'Annaba qui a connu deux évènements tectoniques. Initialement, du Miocène inférieure au Miocène supérieure, les mouvements tectoniques ont provoqué l'affaissement progressif des grés numidiens (résultat de la deuxième phase alpine). Par la suite, il y a eu un remplissage Plio-Quaternaire par des dépôts détritiques (formations continentales).

Au cours du Miocène inférieure, toute la zone a été affectée par l'orogenèse et est devenue complètement isolée du massif de l'Edough. La plaine est ainsi située au centre du bassin, délimitée au Nord par l'antiforme du massif de l'Edough et au sud par le grand anticlinal de la chaîne numidique.

Du Pliocène au pendant le Quaternaire, l'effondrement a déclenché des processus de formations et de remplissage des deux fosses, la fosse de Ben Ahmed d'orientation Nord-Sud et la fosse de Ben M'hidi d'orientation Sud-Ouest Nord-Est. Les deux fosses sont limitées par des failles à fort pendage (60° à 80°) et sont séparées par un horst subméridien montré par l'élévation de Daroussa à laquelle appartient le monticule de Daroussa.

Les formations triasiques, peut-être diapiriques, se produisent dans la zone de Bouchegouf – Drean. Elle recoupe les divers plis dans la direction Nord-Est Sud-Ouest (J. Blayac, 1912).

La structure actuelle de la moyenne Seybouse est le résultat d'une série de mouvements tectoniques. Les différentes étapes mises en évidence peuvent être résumées comme suit :

-Phase fini-éocène (atlasique) : Elle marque la fin du cycle sédimentaire principal du bassin maghrébin qui a débuté avec des dépôts depuis le Trias supérieur jusqu'au Lutétien. Elle est responsable de la genèse des flysch et des nappes telliennes, y compris les couches les plus méridionales où sont enregistrés des plis couchés spectaculaires.

-Phase miocène inférieure

Elle est responsable de la naissance de la structure actuelle (Ecaillage et charriage des nappes telliennes vers l'avant-pays, Ecaillage de l'avant pays).

-Phase tectonique post-nappe : Du Tortonien au présent, cette zone a connu de multiples interactions de déformations plicatiles et cassantes qui se sont remplacées et accordées (Vila ,1980). Ces accidents ont créé un spectaculaire réseau de failles dans la direction atlasique (NE-

SW). L'accident qui borde au Nord du bassin Mio-Pliocène de Guelma est bien défini dans une direction Est-Ouest. Cette grande faille est interceptée par des failles plus petites qui lui sont perpendiculaires.

Le bassin de Guelma a subi plusieurs cycles de remplissage liés à la tectonique régionale. On constate que les sources thermo-minérales sont réparties le long des failles directionnelles (NE-SW et Nord-Sud). Dans la première direction, c'est la tectonique de mise en place des nappes, dans la deuxième orientation (N-S), c'est la tectonique de réajustement de la structure et la naissance du relief actuel.

La région de haut Seybouse fait partie de la structure alpine du Nord de l'Algérie, plus complexe que celle du Sahara et caractérisée par des reliefs jeunes et une séismicité active**.** Après l'observation des deux feuilles de Sedrata et celle de Bérriche qui couvrent la totalité du bassin de l'oued Cherf Amont, on note la présence de deux limites, l'une septentrionale étant l'endroit où s'accumulent les unités allochtones, incluant des séries appartenant au faciès de la zone de Sellaoua et l'autre méridionale appartenant à l'édifice autochtone Nord Aurésien. Du Nord au Sud, on distingue :

- la klippe de l'Oued Settara : Elle est constituée des terrains marneux et ou marno-calcaires allant de l'Albien au Cénomanien et qui reposent au Nord et au Sud sur du Miocène. C'est la présence d'un contact à sa base qui permet de comprendre pourquoi le Miocène de l'Oued Settara plonge vers le Nord c'est à dire en dessous de l'Albien de la rive gauche de l'Oued.
- L'écaille de l'Oued Cherf et la klippe de Bir Bouhouch : Elle est hypothétique, mais peut correspondre à l'extension du chevauchement de Sedrata. Nous prouvons le relier au Trias flottant du Djebel Tiguilaline et la spectaculaire klippe de Bir Bouhouch. Son contact de base est nettement visible le long de l'Oued et Trouch à l'Aine el Haloua.
- L'écaille du Djebel Hammimat : Elle ne montre pas le contact de base méridionale enfermé par le recouvrement quaternaire. Il s'agit d'un paquet froissé avec des plis verticaux d'une centaine de mètres de rayon et des phénomènes de schistosité qui se manifestent un peu plus à l'Ouest notamment au niveau des anciennes mines. L'argument le plus distinct pour son alloctonalité est la façon dont l'axe de l'anticlinal déversé de Sidi Rerhis à Oum el Bouaghi à creusé en tunnel dans sa direction. Les deux séries sont très différentes. Cette dernière structure présente une barre de calcaire très épaisse (plus de 250 m). Djebel Hammimat ne présente à ce niveau qu'une dizaine de mètres de carbonates. La présence d'un contact plat à la base de la formation du Djebel Hammimat exprime bien la réapparition de l'autochtone là où passe le prolongement de l 'axe Sidi Rheris.

La base de ces unités est formée par les formations autochtones nord aurésiennes. Il est déployé dans de grandes et lourdes structures synclinales et anticlinales. La direction atlasique du synclinal de Bir bou Houch est généralement à Nord 40° Est. Toutes ces formations est recoupé par une tectonique cassante Plio- Quaternaire, produisant le fossé de Terraguelt orienté NNW-SSE. D'un point de vue paléogéographique on peut opposer un domaine septentrional où les faciès sont marneux du Crétacé inférieur, à un domaine méridional, enfermé par les recouvrements quaternaires. La série du Djebel Hammimat constitue un élément intermédiaire précieux pour cette reconstitution.

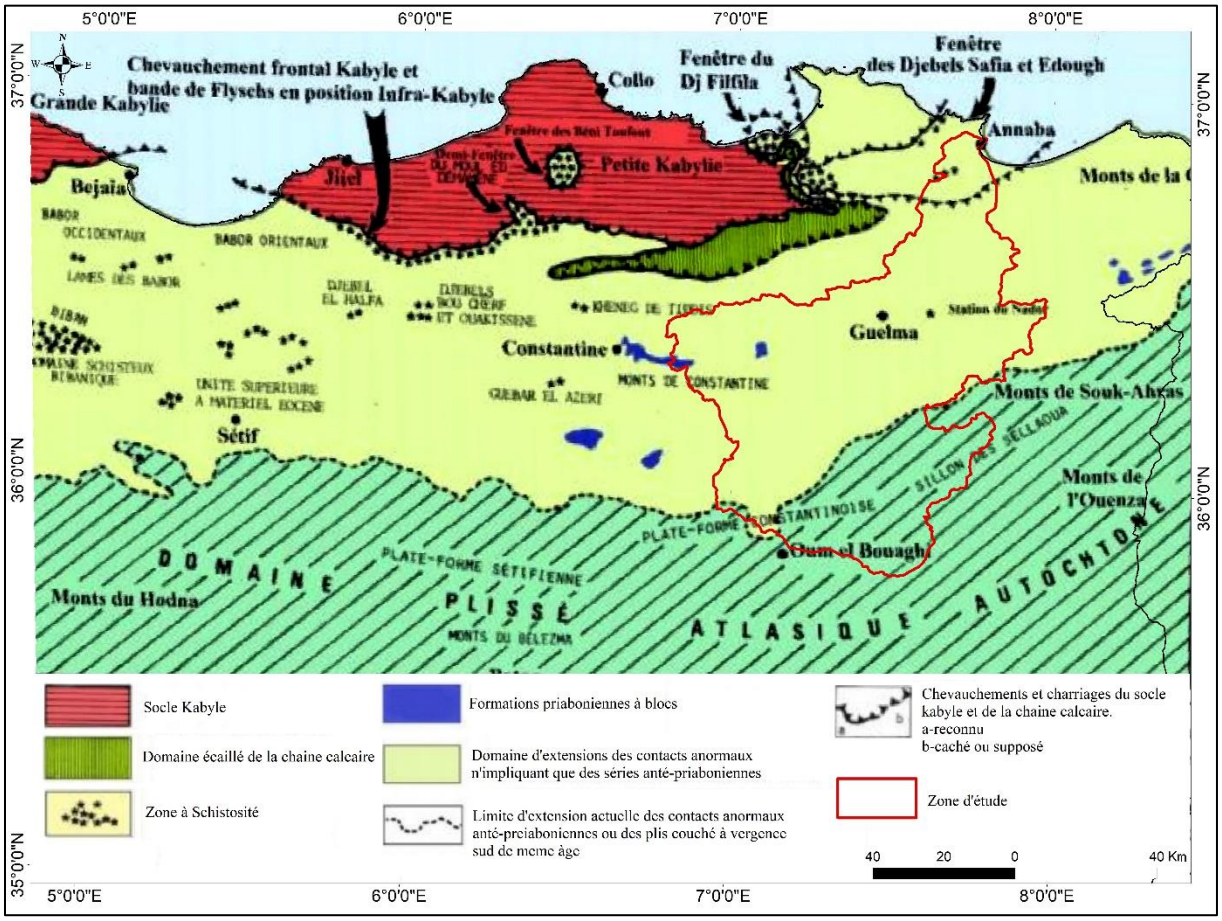


Figure II.14 : Les structures et les formations imputables à la tectonique priabonienne (J. M. Vila, 1980).

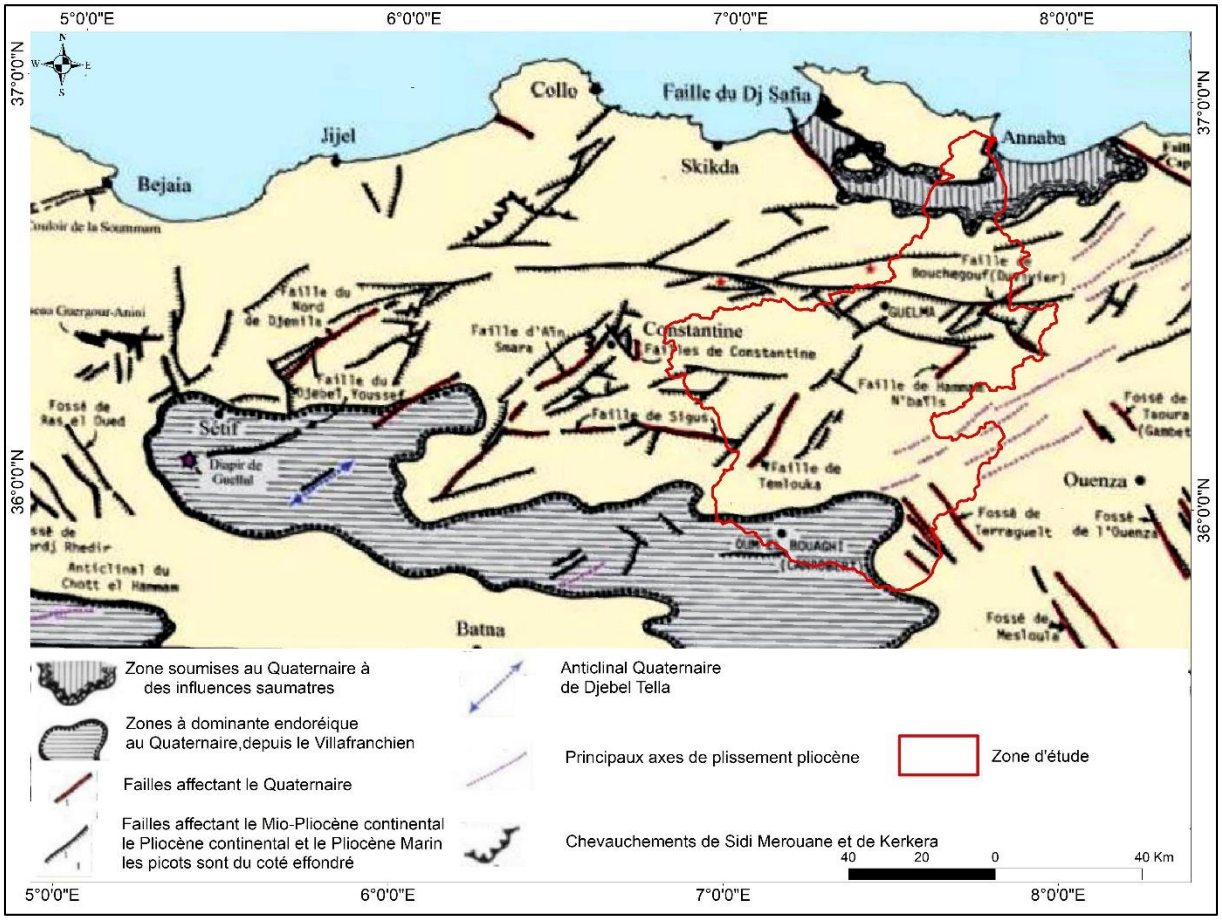


Figure II.15 : Représentation des principaux effets de la néotectonique. (J. M. Vila, 1980) .

2. L'hydrologie et l'hydrogéologie de la région d'étude :

2.1. Hydrologie :

La Seybouse draine un ensemble de régions très hétérogènes, dans les hautes plaines, avec un relief assez simple et un écoulement lent et parfois nul, succède l'Altas Tellien très accidenté qui présente une structure très complexe où le réseau hydrographique est tantôt adapté, tantôt inadapté à la structure. Les oueds sont torrentiels. Le profil en long irrégulier et tendu assurant l'évacuation rapide des eaux.

La présence de dépressions renfermant des nappes alluviales aquifères traversées et reliées par la Seybouse permettent de régulariser l'écoulement saisonnier de cet oued, considérant que la chaîne montagneuse reçoit une forte proportion de précipitations hivernales.

A l'exutoire de cette dernière, la Seybouse entre dans la plaine d'Annaba en perdant ses turbulences et abandonnant l'essentiel de sa charge solide. Les faibles pentes, le cordon dunaire et les champs d'inondations très vastes favorisent largement la stagnation des eaux et rendent

l'écoulement fluvial difficile. Ainsi l'oued Seybouse est né dans les hautes plaines des Harecta et des Sellaoua et finit dans la plaine littorale d'Annaba pour se jeter à la méditerranée.

La longueur du chevelu hydrographique qui présente la Seybouse dépasse 3000 Km, dont 42 oueds mesurent plus de 10 Km. Il présente des ensembles naturels très hétérogènes, ce qui engendre des modes d'alimentation et de ruissellements très différents.

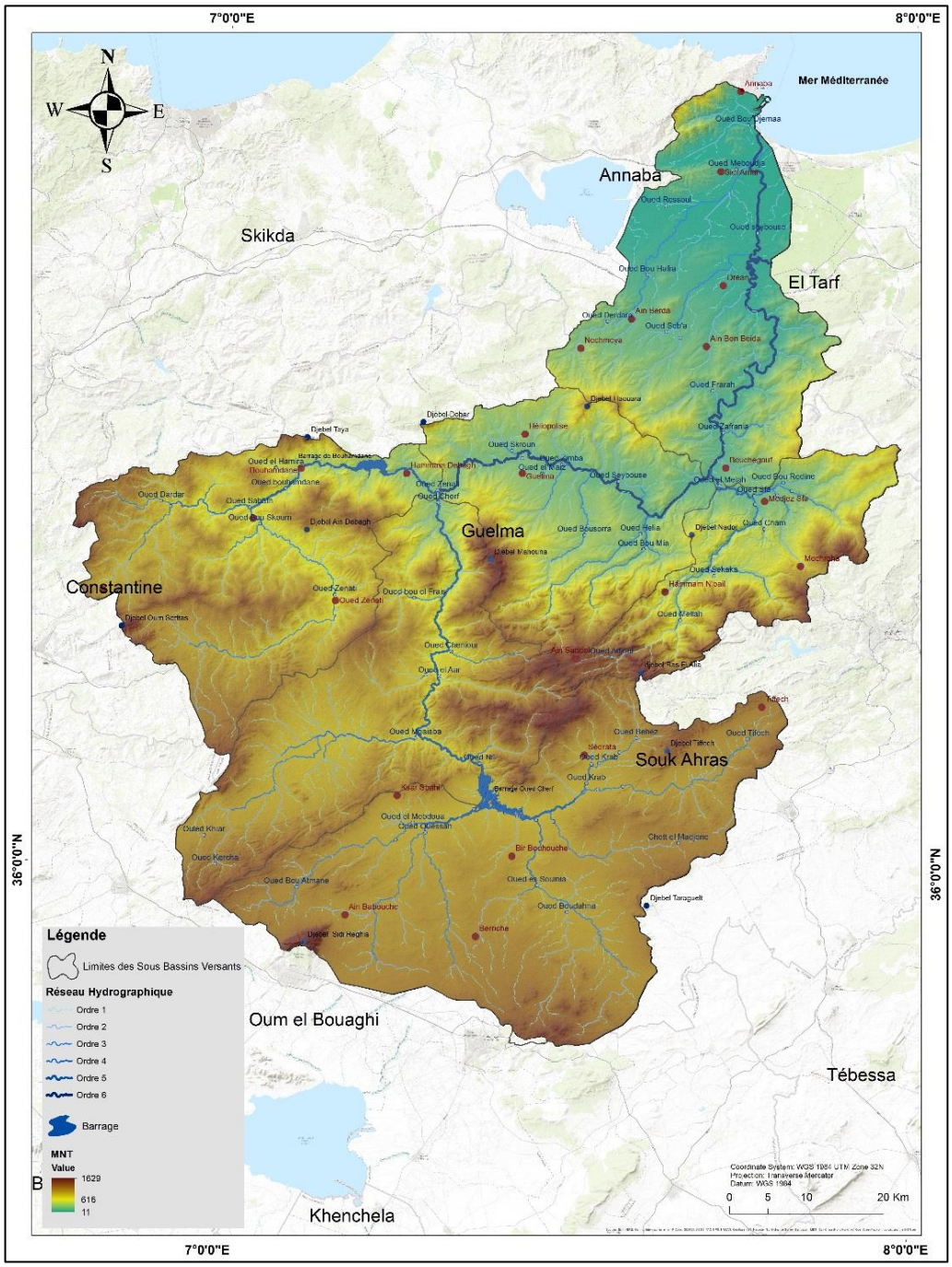


Figure II.16 : Réseau hydrographique du bassin versant d'oued Seybouse.

La figure II.17 Montre le graphique des longueurs des cours d'eau, selon les données d'ABH, actualisés à l'aide des images satellitaires du Google Earth Pro et des cartes topographiques.

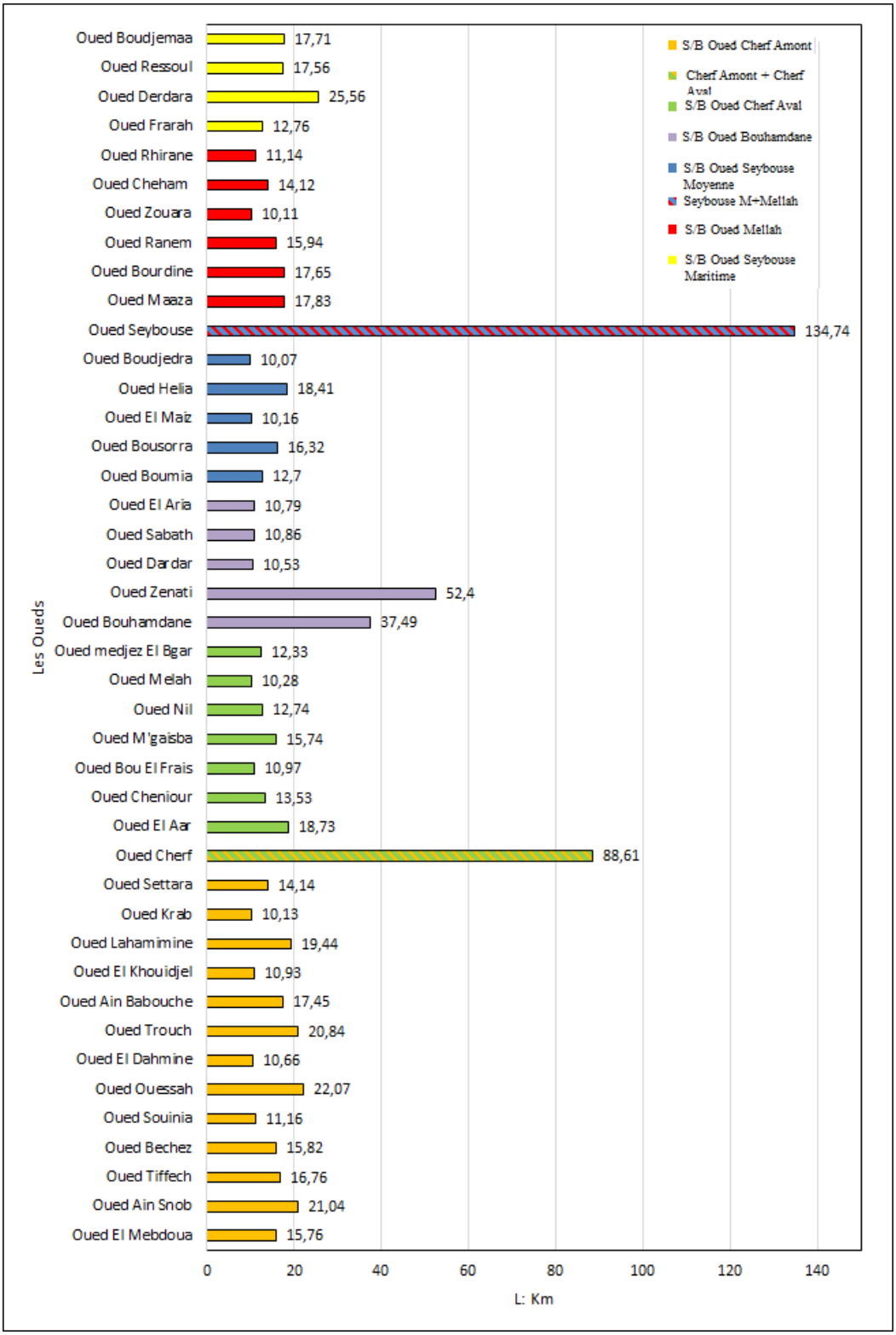


Figure. II.17 : Réseau hydrographique du bassin de la Seybouse (Source des données : ABH CMS 1999).(modifié 2024).

2.2. Hydrogéologie :

Le bassin de Seybouse présente une très grande diversité lithologique, qui obligatoirement, entraîne des conséquences sur la stabilité du régime des eaux souterraines. Au premier abord, la haute Seybouse semble réunir toutes les conditions pour permettre l'accumulation des eaux souterraines, cependant les calcaires susceptibles d'emmagasiner des réserves d'eau sont assez peu représentés dans ce bassin. Le quaternaire de ces hautes plaines présente des alluvions perméables, mais peu épaisses ; parfois discontinues, souvent recouvertes d'une croute calcaire imperméable, ce qui explique la violence du ruissellement temporaire dans ce secteur. Quant à la moyenne de Seybouse, elle comporte des roches ou des terrains de recouvrement imperméable caractérisés par une capacité de rétention faible sans action régularisatrice, notamment dans les secteurs oued Zenati et Medjez Amar.

Des calcaires et marno-calcaires perméables hachés et disloqués, relativement arrosés affleurent au sud de Guelma et le bassin supérieur du Melah. Ces formations karstiques ont une bonne capacité de rétention et sont capables de soutenir les débits en période d'étiages des affluents de la rive droite de la moyenne Seybouse. Cependant, l'existence de nombreux affleurements de trias gypseux remontés à la faveur de plis diapirs salent les eaux de surface lorsqu'elles les traversent. La basse Seybouse est peu perméable dans le secteur amont malgré un sol protégé par une végétation dense et une pluviométrie élevée. Il ne referme pratiquement pas d'eau souterraine. Enfin, les alluvions quaternaires de la plaine ouest d'Annaba sont perméables et contiennent des niveaux aquifères considérables, mais dans son ensemble, le bassin de la Seybouse est pauvre en eau souterraines.

3. Climat et végétation :

3.1. Climat :

La région de La haute Seybouse est une zone montagneuse au climat dégradé typiquement méditerranéen, avec un été chaud et hiver partiellement doux ; l'amplitude annuelle caractérise le degré de climat continental dans le Sud du bassin de la Seybouse.

Pour La moyenne Seybouse, la saison chaude dure de mai à octobre avec une température moyenne de 25°c, et la température maximale est atteinte en août, correspondant à la saison sèche, avec une absence des précipitations. La saison humide correspond à la saison pluvieuse, qui s'étend d'octobre à avril, la température moyenne inférieure à 15 °C.

Le maximum des températures enregistré dans la basse Seybouse est d'environ 46 °C au mois de juillet et le minimum est d'environ 23 °C.

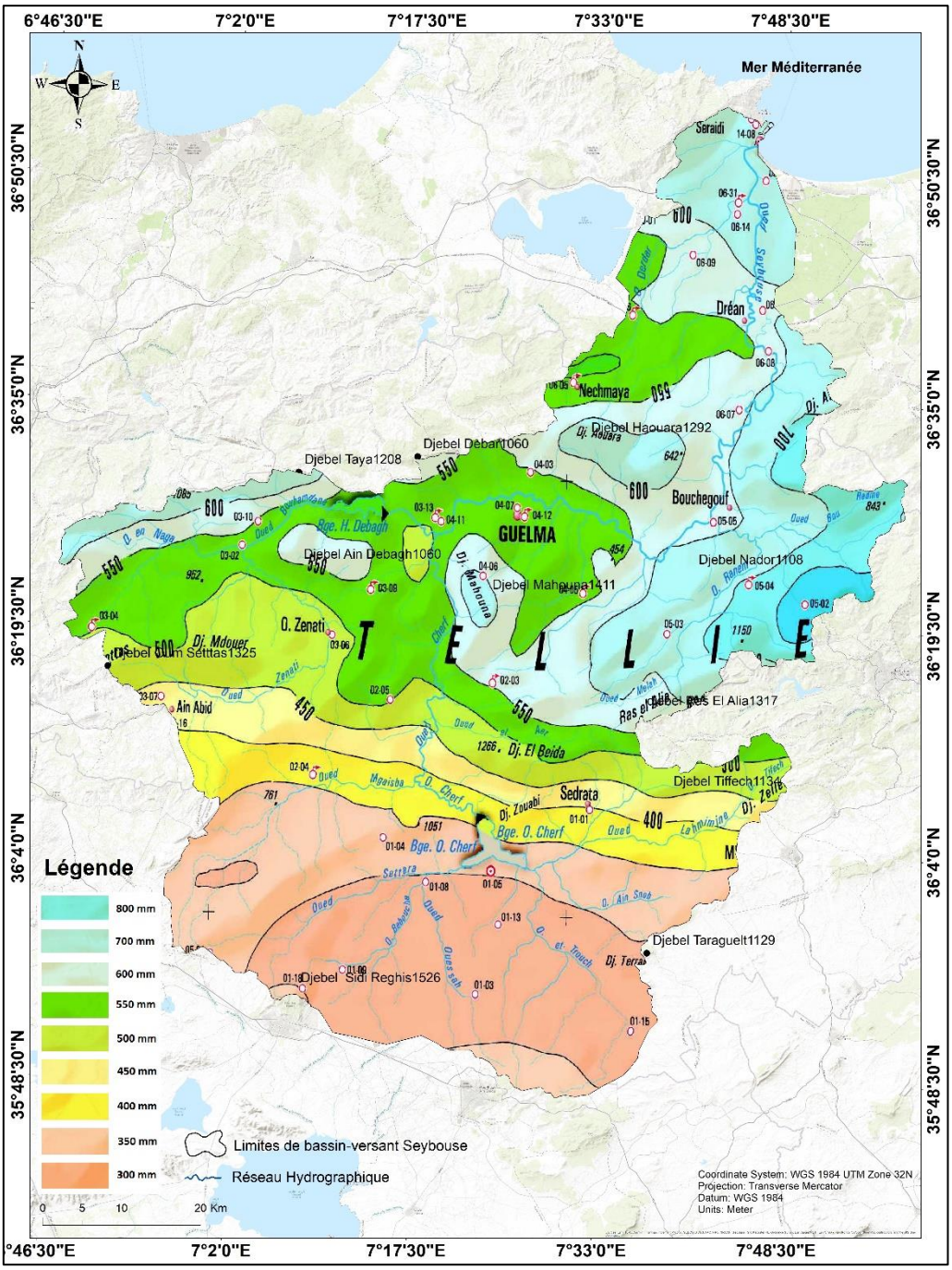


Figure II.18 : carte pluviométrique du bassin versant Seybouse extraite de la carte des pluies moyennes annuelles du Nord de l'Algérie (ANRH).

3.2. Végétation :

Le cas du bassin de la Seybouse, est caractérisé par une dégradation et une déforestation en montagnes très accentué ; provoquées par les incendies, l'agriculture extensive à petite échelle et le surpâturage dans la région. La haute Seybouse c'est le bassin le plus dénudé en couverture végétale. Durant l'été, les plantes herbacées disparaissent presque. La moyenne Seybouse est couverte par des forêts telliennes, le type de peuplement forestier est constitué principalement de Chêne liège et de Chêne zen. La basse Seybouse est située dans la zone nord de la chaîne atlastique et est couverte de forêt tellienne de type Chêne liège et Chêne zen.

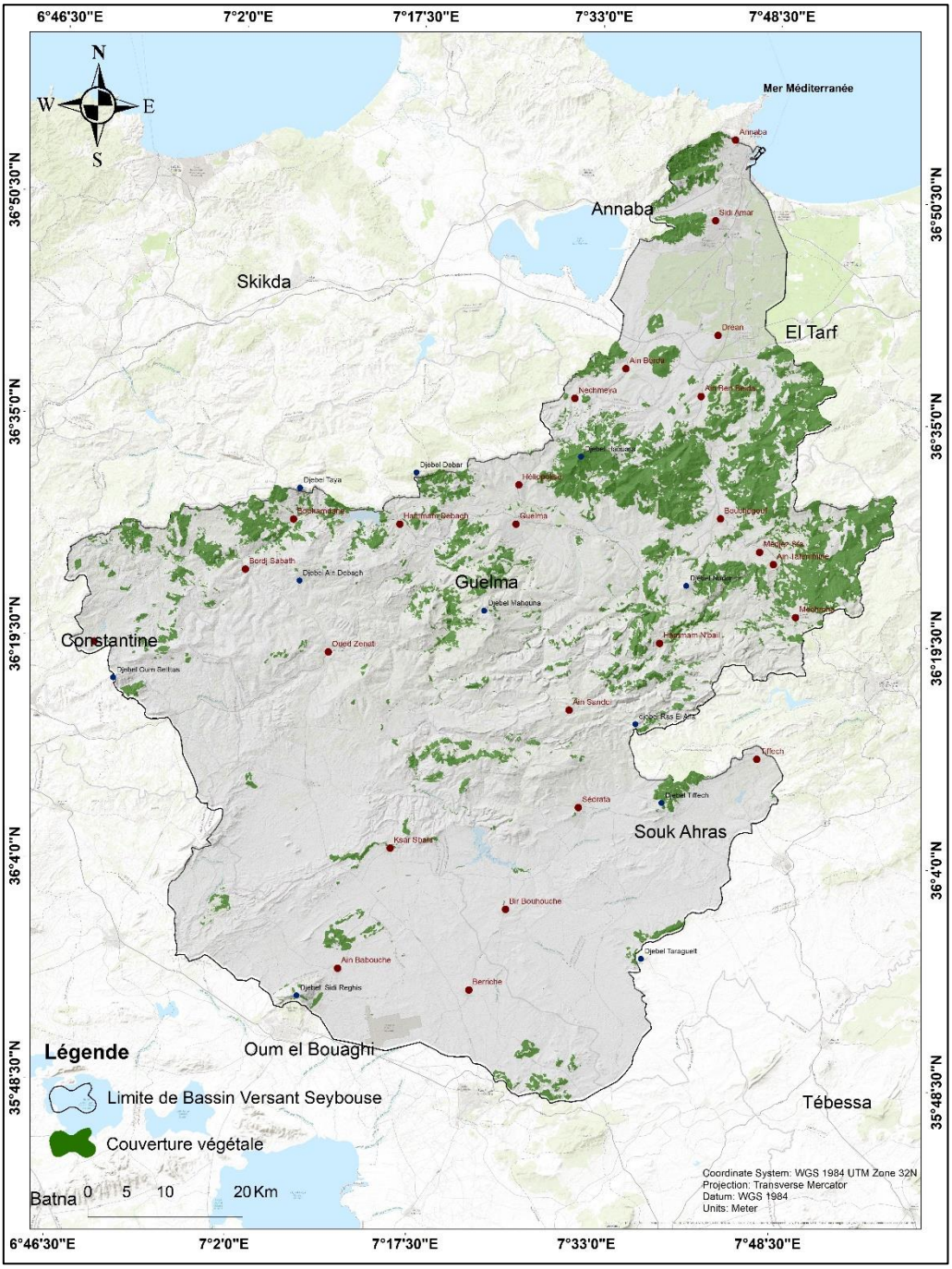


Figure II.19 : végétation du bassin. (Images Sentinel 2A).

4. Aperçu socio- économique :

La région est connue par ses activités agricoles et industrielles intensives. La population y est estimée à 800700 habitants (RGPH, 2008) soit une densité de : 125 hab/km2, concentrée principalement dans les grandes villes suivantes : Guelma, Sedratta, Bouchegouf, Drean, El Hadjar, Sidi Amar et El Bouni,…. etc. (Louati 2020).

4.1. Agriculture :

L'agriculture est présente dans toute la région, avec une grande variété de cultures, notamment les céréales, le maraîchage et l'arboriculture. La superficie irriguée du bassin de Seybouse est de 13 976 hectares, comprenant l'irrigation traditionnelle (gravitaire) dans le sous-bassin Haut du charef et l'irrigation moderne (aspersion) dans la basse et moyenne de Seybouse. Les périmètres d'irrigation sont présentés dans la figure ci-dessous.

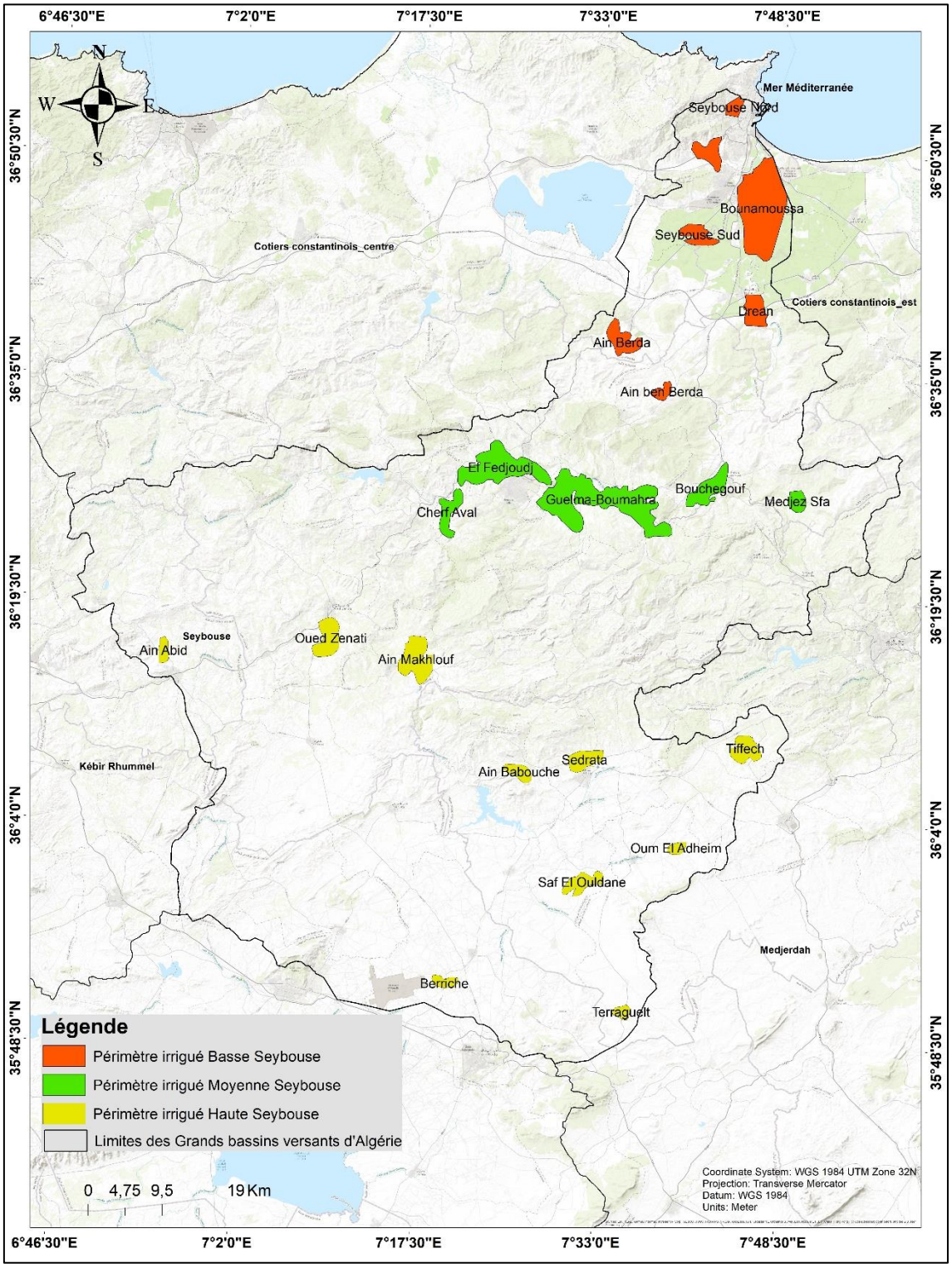


Figure II.20 : Présentation des périmètres irrigués dans le Bassin versant d'Oued Seybouse (ABH.2013, Modifié en 2024).

4.2. Industrie :

L'industrie du Bassin de la Seybouse est principalement concentrée dans la basse et la moyenne Seybouse, notamment dans les industries chimiques et diverses, à travers différentes zones industrielles situées dans la région d'Annaba, à savoir la Zone Industrielle de Meboudja, la Zone Industrielle de Pont Bouchet - El Hadjar la zone industrielle d'El Allelik-El Bouni, ZAC de Sidi Salem et le complexe sidérurgique El Hadjar.

Selon le dernier recensement des établissements industriels réalisé en 2011, pour les unités rejetant leurs effluents dans le bassin de l'Oued Seybouse et la zone de Berrahel, le nombre total des établissements est d'environ 307 unités entre l'industrie lourde, chimique et dizène unités de l'industrie agroalimentaire (laiterie, abattoir, conserverie et raffinerie), sans compter celles situées en bord de mer (une vingtaine d'unités).Des dizaine d'entreprises recensées (30 unités) dans la zone Ouest d'El Tarf faisant partie d'Oued Seybouse, regroupées dans deux zones d'activités importantes, la zone de Dergaina de Chebaita et la ZAC de Drean, dont le secteur agroalimentaire est le plus dominant. Au niveau de la moyenne Seybouse, le tissu industriel (21%), est répartie entre trois zones essentielles la zone d'El Fedjoudj, la ZI de Belkhier et Certain unités situées au sein de Guelma (SORA SUCRE, CYGMA et ETER de Guelma), ainsi que la zone de Boumahra vers Bouchegouf (ZAC de Boumahra, certaines entreprises de l'agroalimentaire), sur l'ensemble faisant partie du secteur agroalimentaire.

Par ailleurs, la structure industrielle de la haute Seybouse n'est pas importante, hormis quelques unités de production de semoule et de farine et quelques stations de lavage.

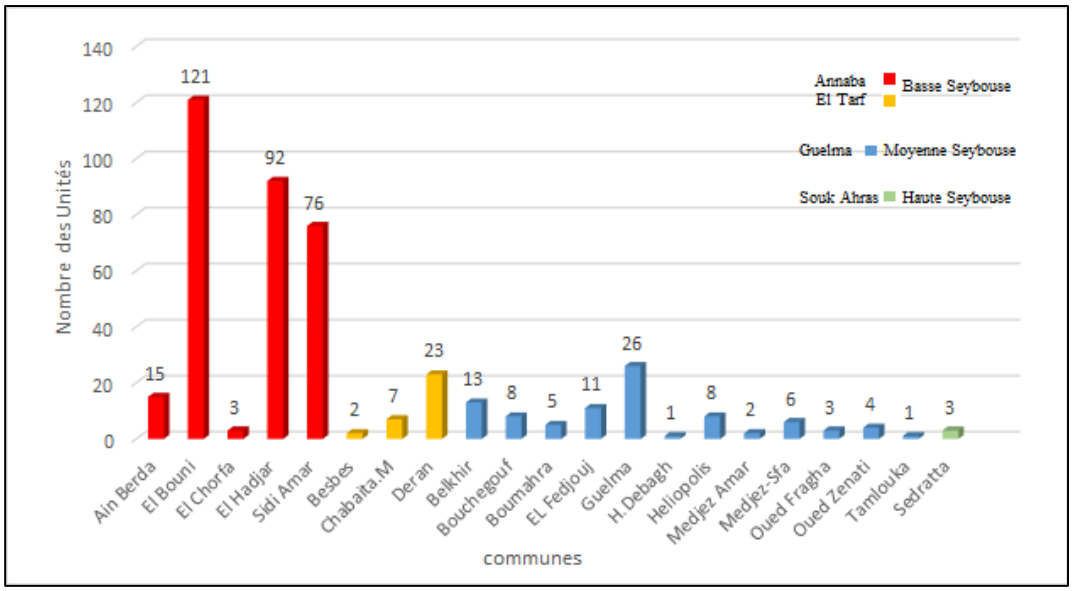


Figure II.21 : Nombre des unités industrielles dans le BV de la Seybouse (DCA).

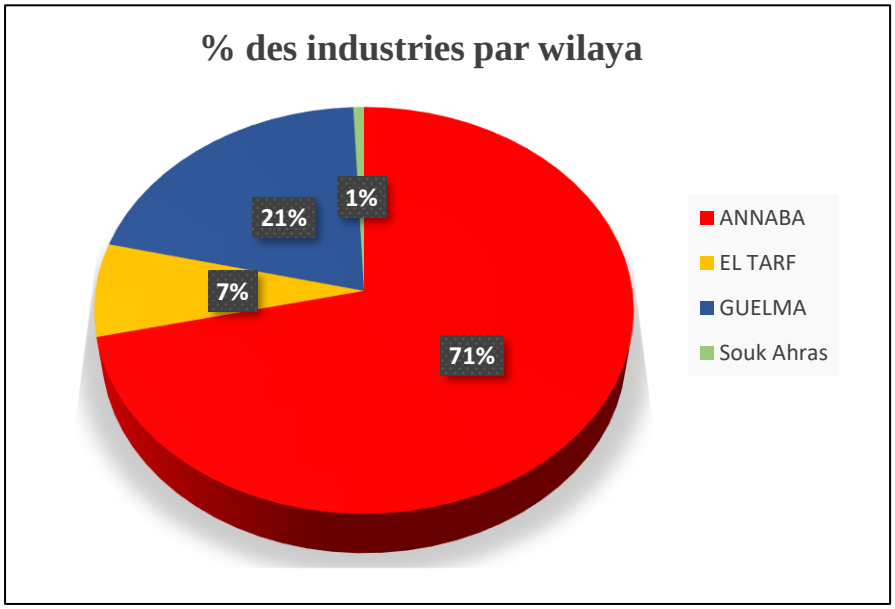


Figure II.22 : Répartition des industries par wilaya.

4.3. Population :

La population appartient à la zone d'étude, répartie sur 07 wilaya et 68 communes, dont 30 communes entièrement incluses dans le Bassin versant et 38 autres sont partiellement touchées par le bassin versant. Elle est fortement concentrée dans les agglomérations les plus importantes (chef-lieu de la Wilaya, des daïras et des communes). La carte ci-après, montre le nombre de population parvenue de l'office national des Statistiques RGPH , recensement (2008).La répartition de la population est hétérogène sur les différentes wilayas qui appartiennent au bassin versant, dont les wilayas d'Annaba et Guelma avec successivement un taux de 42 et 35%, puis Souk Ahras (9%) représentée par des communes rurales dans l'Ouest de la wilaya, El Tarf (5%,) et la wilaya d'Oum El Bouaghi (4%) représentée par 05 communes rurales, et en fin Constantine et Skikda…

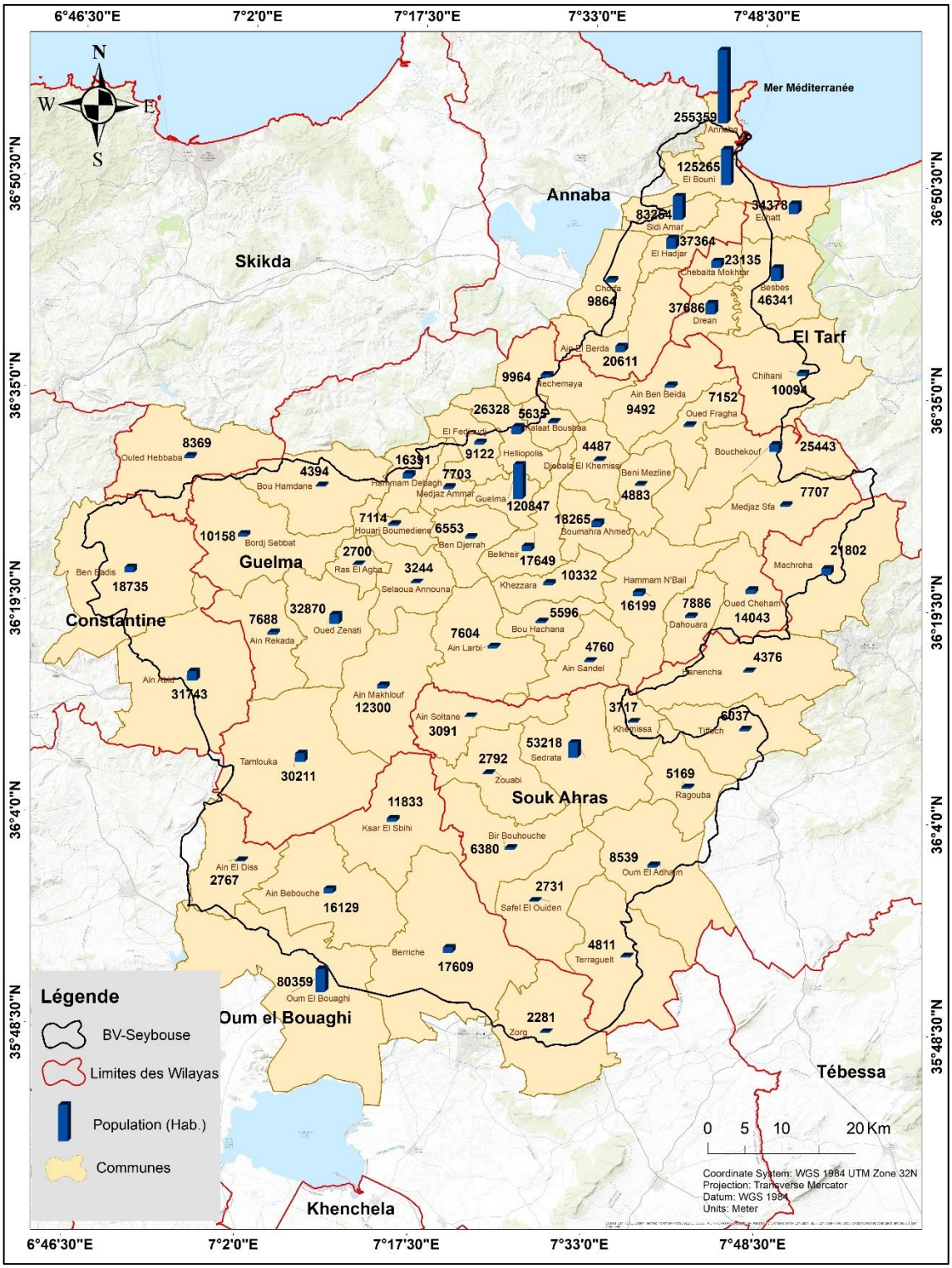


Figure II.23 : Répartition de la population par commune dans le bassin de la Seybouse. (Les données du RGPH -2008).

CHAPITRE III :
ETUDE HYDRO-CLIMATOLOGIQUE

1. Introduction :

Les glissements de terrain se déclenchent en fonction des divers aléas qui affectent ces unités. Dans notre région d'étude l'aléas hydro-climatique met en jeu et mobilise les matériaux instables disponibles sur les versants. Les mouvements de terrain sont étroitement liés aux manifestations hydro¬ climatiques : la plupart d'entre eux se produisent pendant ou après les pluies torrentielles.

Un des effets d'augmentation des précipitations va être une augmentation du niveau des nappes phréatiques. Cela conduira à une réduction de la résistance au cisaillement du sol et une augmentation des forces et des vitesses d'infiltration. Une augmentation du gradient hydraulique associé à une augmentation de la vitesse d'infiltration pourrait réduire considérablement les facteurs de sécurité. Une augmentation des forces de percolation pourrait également avoir une incidence sur l'érosion hydraulique interne du sol (Bo et al., 2008). En outre, une augmentation de l'infiltration remplirait les vides d'air dans les sols avec de l'eau, et la force significative obtenue à partir de la succion du sol serait perdue. L'augmentation des précipitations entraînera également un excédent d'eau dans les bassins versants causant l'augmentation des débits dans les cours d'eau et des inondations extrêmes (Didier et al., 2010). Cela pourrait provoquer l'érosion du pied des pentes naturelles dans les plaines inondables ou en bordure de cours d'eau (Bo et al., 2008). Ce processus peut déclencher un glissement de terrain dû à la réduction de la résistance (perte de butée) en pied de falaise. L'érosion de surface peut également se produire par enlèvement de la végétation et augmentation de l'infiltration des eaux de ruissellement.

Dont notre étude, malheureusement nous ne possédons pas les données des précipitations journalières des statistiques des mouvements de terrain et des longues listes des crues pour pouvoir tirer les conclusions globales. Nous nous contenterons donc d'exploiter les données disponibles.

2. Présentation du bassin versant étudié :

2.1. Caractéristiques géométriques d'un bassin versant :

Les différents paramètres géométriques d'un bassin (Superficie, Élévation, formes des unités hydrologiques, pente, topographie, etc..) sont souvent impliqués de manière combinée dans les modèles d'écoulement. Leur but est de le condenser en un certain nombre de paramètres numériques, à savoir la fonction = f(x,y) au sein du bassin versant (h hauteur, coordonnées x,y du milieu du bassin versant).

Les plus importants types de paramètres géométriques sont :

2.1.1. Surface A :

Le bassin versant est une zone qui reçoit des précipitations et alimente des cours d'eau afin que le débit d'eau soit relié à sa surface. La superficie d'un bassin versant est donc la première et la plus importante caractéristique. Elle est obtenue par planimétrage sur des cartes topographiques après que l'on y ait tracé les limites topographiques et éventuellement hydrogéologiques ou mieux par des techniques de numérisation. Elle correspond à la superficie délimitée par tous les points qui composent la ligne de partage des eaux.

La surface A d'un bassin s'exprime généralement en km^2.

2.1.2. La forme des bassins :

La forme d'un bassin versant à un impact direct sur les régimes d'écoulement de surface associés aux fortes averses. En effet, le temps de concentration des eaux pour un bassin de forme allongée est plus long que pour un bassin de forme récolté. Ceci est en raison des temps de transmission de l'eau à l'exutoire plus importants, ce qui facilite l'infiltration aux dépens du ruissellement.

La caractéristique de forme la plus couramment utilisée est le "coefficient de Gravelius'' ou l'indice de compacité K_C (c'est-à-dire qu'il doit prendre en compte la plus ou moins grande vitesse de concentration à l'exutoire des eaux de ruissellement provenant de différentes parties du bassin, à savoir le temps de concentration. Il se définit comme le rapport du périmètre du bassin versant au périmètre du cercle ayant même surface (appelée aussi coefficient de capacité), a également un certain impact sur l'écoulement ; il détermine, dans une certaine mesure, la forme de l'hydrogramme de crue. Un bassin très allongé ne réagira pas, toutes choses égales d'ailleurs, de la même manière qu'un bassin de forme ramassée (M.Roche, 1963).

$$Kc = \frac{0.28\ x\ P}{\sqrt{A}}$$

Avec :

K_C : est l'indice de compacité de Gravélius,

A : surface du bassin versant [km^2],

P : périmètre du bassin [km].

0 < Kc < 1	Bassin parfaitement circulaire
1 < Kc < 1.128	Bassin carré
1.128 < Kc < 3	Bassin allongé

2.1.3. Le périmètre :

La mesure de périmètre est curviligne sur une carte cartographique. Cependant, selon l'échelle de la carte, les détails peuvent être plus ou moins nombreux ce qui entraîne par conséquent des écarts dans les mesures. De plus, il y a souvent des spécificités concernant la frontière que nous devrions prendre en compte même si nous savons intrinsèquement quelle n'affectent pas l'écoulement. Avant de procéder au curvimétrage, il faut donc a priori réaliser une représentation abstraite d'une limite de bassin versant : soit par des courbes à grands rayons de courbure, soit par un tracé polygonal.

Dans certains cas, comme celui ou le bassin se replie sur lui-même, on peut être amené à tracer des contours virtuels pour rendre compte de chaque cas particulier.

Le périmètre P n'est généralement pas utilisé directement mais est le plus souvent utilisé une valeur qui en dérive, telle que la "longueur L du rectangle équivalent"**.**

On utilise aussi pour décrire la forme d'un bassin, son "rectangle équivalent" et le rapport de sa longueur maximale sur sa largeur verticale maximale.

2.1.4. Rectangle équivalent :

On définit le rectangle équivalent comme un rectangle de longueur L et de largeur l qui a la même superficie et le même périmètre que le bassin versant.

Le rectangle équivalent ou rectangle de Gravelius est défini pour pouvoir comparer facilement les bassins entre eux.

Les valeurs de la longueur et de la largeur du bassin sont définies selon les formules suivantes :

$$L = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.12}\left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{Kc}\right)^2}\right) \quad \text{(Km)}$$

$$l = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.12}\left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{Kc}\right)^2}\right) \quad \text{(Km)}$$

Avec:

A : la superficie du bassin versant en Km^2

Kc : coefficient de compacité

2.1.5. Topographie / Relief :

Afin de décrire et d'interpréter la forme du relief, il faut générer des courbes dites "hypsométriques". Pour ce faire, nous disposons de cartes topographiques à partir desquelles nous pouvons répartir la superficie du bassin par tranche d'altitude. Ensuite, le cumul des valeurs de surface élémentaires et les valeurs altimétriques est alors reporté sur une échelle arithmétique, permettant de tracer la courbe hypsométrique du bassin. Cette dernière peut changer avec le temps au fur et à mesure que le bassin est consommé par l'érosion. Dans certains cas, il est approprié d'utiliser, un pourcentage cumulé de superficies élémentaires, par rapport à la superficie totale au lieu de la surface cumulée. Dans la plupart des cas, une courbe hypsométrique peut être remplacée si elle n'est pas associée à un histogramme des fréquences altimétriques.

2.1.6. Les altitudes caractéristiques :

a- Les altitudes maximale et minimale :

Elles sont acquises directement à partir de cartes topographiques. L'altitude maximale identifie le point le plus élevé du bassin et l'altitude minimale marquée comme le point le plus bas, qui est généralement situé à l'exutoire. De plus, ces deux données deviennent particulièrement importantes lors de l'établissement de certaines relations impliquant des variables climatologiques telles que la température, les précipitations ou la couverture neigeuse. L'amplitude altimétrique du bassin versant dépend directement de ces mesures et interviennent également dans le calcul de la pente.

b- L'altitude moyenne

La détermination de L'altitude moyenne peut être dérivée soit en analysant la courbe hypsométrique, soit en examinant les détails fournis sur une carte topographique. Ce paramètre peut être défini de la manière suivante :

$$H_{moy} = \sum(Ai * \frac{hi}{A})$$

Avec :

H_{moy} : altitude moyenne du bassin [m] ;

A_i : aire comprise entre deux courbes de niveau [km^2] ;

h_i : altitude moyenne entre deux courbes de niveau [m] ;

A : superficie totale du bassin versant [km^2].

c- L'altitude médiane :

L'altitude médiane correspond à l'altitude lue au point d'abscisse de la courbe hypsométrique à 50% de la surface totale du bassin.

Dans le cas où la courbe altimétrique du bassin versant concerner présente une pente régulière, cette grandeur est proche de l'élévation moyenne.

2.1.7. La pente moyenne du bassin versant :

La pente moyenne est une caractéristique importante qui fournit des informations sur la topographie d'un bassin. Elle donne une bonne indication du temps de propagation du ruissellement direct et donc du temps de concentration Tc. Cela affecte directement les débits de pointe lors de fortes averses.

L'estimation de la pente moyenne d'un bassin se fait à travers plusieurs méthodes. Une méthode a été suggérée par Carlier et Leclerc (1964) ; ils ont proposé le calcul de la valeur moyenne pondérée de la pente pour toutes les aires élémentaires délimitées entre deux altitudes données. La pente moyenne est finalement donnée approximativement par la relation suivante :

$$i_m = (D * L)/A$$

Avec :

i_m : pente moyenne [m/km ou 0/00],

L : longueur totale de toutes les courbes de niveau [km],

D : équidistance entre deux courbes de niveau [m],

A : surface du bassin versant [km2].

2.1.8. L'indice de pente ip :

L'indice de pente est calculé à partir du rectangle équivalent. Il est égal à la somme des racines carrées des pentes moyennes de chacun des éléments pondérés par la superficie associée, soit :

$$i_p = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^{n} (x_i \sqrt{(\frac{d}{x_i})}$$

Avec :

ip: indice de pente [%],

L: longueur du rectangle [m],

xi: distance qui sépare deux courbes sur la longueur du rectangle [m] (la largeur du rectangle étant constante, cette distance est égale au facteur de pondération),

d: Différence d'altitude entre 2 courbes de niveau successives (peut être variable) [m],

d/xi: pente moyenne d'un élément [%].

2.1.9. L'indice de pente global ig

Le relief joue un rôle important dans la détermination du potentiel de ruissellement des terrains. Une façon d'évaluer. Cela consiste à calculer un indice de pente global (Ig).la formule pour déterminer l'indice de pente globale est la suivante :

$$i_g = \frac{D}{L} \qquad \text{(m/Km)}$$

D : dénivelée simple ou bien la distance verticale qui, exprimée en mètres, sépare les altitudes ayant 5% de la surface du bassin au-dessous d'elles ; elle peut être assimilée à la distance séparant les deux courbes de niveau maîtresses extrêmes qui délimitent le bassin.

L : longueur du rectangle équivalent telle que définit par M.Roche (km).

Pour permettre de comparer plus précisément les bassins quant à leur relief, nous calculons la valeur de dénivelé spécifique Ds puis établissons le relief :

$$Ds = i_g . \sqrt{A}$$

A : la superficie du bassin versant en Km^2.

Tableau III. 2 : Sous classes de relief au sens des hydrologues de l'O.R.S.T.O.M. (IRD actuellement)

Ds < 10 m	Classe R1	Relief très faible
10 < Ds < 25 m	Classe R2	Relief faible
25 < Ds < 50 m	Classe R3	Relief assez faible
50 < Ds < 100 m	Classe R4	Relief modéré
100 < Ds < 250 m	Classe R5	Relief assez fort
250 < Ds < 500 m	Classe R6	Relief fort
Ds > 500 m	Classe R7	Relief très fort

2.2. Caractéristiques du réseau hydrographique :

2.2.1. Topologie des cours d'eau :

L'ordre des cours d'eau est l'une des classifications d'une section de cours d'eau, définie par le modèle de bifurcation du cours d'eau. Il existe nombreuses classifications des cours d'eau et la classification de Strahler (1957) est peut-être la plus utilisée. Cette classification permettra de décrire sans ambiguïté l'évolution d'un réseau de drainage au sein d'un bassin de l'amont vers l'aval. Sur la base des réglementations ultérieures :

- Si un cours d'eau manque d'affluents, on dit qu'il est d'ordre un.
- Lorsque le cours d'eau formé par la réunion de deux cours d'eau d'ordre différent prend l'ordre du plus élevé des deux.
- Le cours d'eau formé par la jonction de deux cours d'eau du même ordre est augmenté d'un.

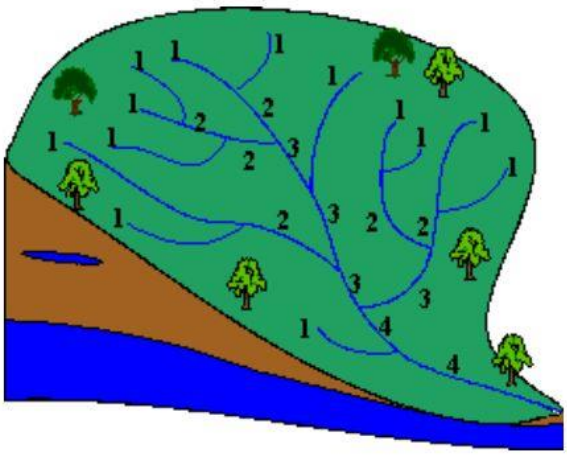


Figure III.1 : Classification du chevelu hydrographique (Règle de Strahler).

2.2.2. Longueur et pente :

a- Longueurs caractéristiques :

La longueur du cours d'eau principal (L) est définie comme une distance curviligne depuis l'exutoire jusqu'à la ligne de partage des eaux, toujours via le segment d'ordre le plus élevé s'il y a bifurcation et par extension du dernier jusqu'à la limite topographique du bassin versant. Si les deux segments à la jonction ont un ordre similaire, on suit celui qui draine la plus grande surface.

b- Le profil en long du cours d'eau :

Il est courant chez nous de représenter graphiquement le changement d'altitude du fond d'un cours d'eau en fonction de la distance à l'embouchure. Le profil longitudinal d'un cours d'eau permet de déterminer sa pente moyenne.

c- La pente moyenne d'un cours d'eau :

La pente moyenne du cours d'eau est un paramètre important pour déterminer la vitesse du ruissellement de surface qui atteint l'exutoire d'un bassin et donc le temps de concentration. Une pente abrupte favorise et accélère l'écoulement superficiel, Une pente raide permet à l'eau de s'accumuler et de se répandre rapidement à la surface, tandis qu'une pente douce ou nulle laisse suffisamment de temps à l'eau pour s'infiltrer complètement ou partiellement dans le sol.

$$P_{moy} = \frac{\Delta H_{max}}{L}$$

Avec :

Pmoy : pente moyenne du cours d'eau [m/km] ;

DHmax : dénivellation maximale de la rivière [m] (différence d'altitude entre le point le plus éloigné et l'émissaire) ;

L : longueur du cours d'eau principal [km].

2.2.3. Le Degré de développement du réseau :

a- La densité de drainage

Horton a introduit le terme densité de drainage, qui désigne la longueur totale du réseau hydrographique par unité de surface du bassin versant :

$$D_d = \frac{\sum Li}{A}$$

Avec :

Dd : densité de drainage [km/km2] ;

Li : longueur de cours d'eau [km] ;

A : surface du bassin versant [km2].

b- La fréquence des cours d'eau ou densité hydrographique :

Le nombre de canaux d'écoulement par unité de surface est appelé densité hydrographique.

$$F = \frac{\sum Ni}{A}$$

Avec :

F : densité hydrographique [km-2] ;

Ni : nombre de cours d'eau ;

A : superficie du bassin [km2].

Il existe une relation stable entre la densité de drainage (Dd) et la densité hydrographique (F), qui peut être exprimée dans une formule.

$$F = \alpha . D_d^2$$

Avec : a est un coefficient d'ajustement.

2.3. Les Caractéristiques morphométriques et hydrographiques des unités hydrologiques de la Seybouse (Tableau III.3) :

Tableau III.3 : Caractéristiques morphométriques et hydrographiques des unités hydrologiques de la Seybouse.

Indices	S	P	KC	L	l	Hmin	Hmax	Hmoy	H50	H5	H95	IP	Ig	DS	LP	Dd	F	Ct	Tc
Unités	**Km^2**	**Km**	**-**	**Km**	**Km**	**M**						**-**	**%**	**m**	**Km**	**km/km2**	**Km-2**	**-**	**h**
Cherf amont	1739,47	232,93	1,56	98,46	17.67	684	1629	930.40	879	1060	752	0,12	3,12	130,46	243,13	0,836	0.24	0,200	6,30
Cherf aval	1197,76	199,67	1,62	85,76	13.94	250	1450	834.20	825	1120	570	1,25	6,41	221,95	190,38	0,914	0.30	0,270	9,20
Bouhamdane	1106,69	180,53	1,52	75,39	14.62	236	1350	786.79	800	1035	450	1,32	7,76	258,15	158,28	0,952	0.33	0,310	5,28
Seybouse moyenne	820,25	138,89	1,36	54,14	15.11	90	1490	470.56	415	1010	125	2,3	16,35	468,14	177,2	1,098	0.45	0,490	10,35
Melah	553,10	149,73	1,78	66,38	8.31	91	1304	655.72	625	1150	200	1,63	14,31	336,59	85,65	0,778	0.29	0,230	4,96
Seybouse maritime	1062,54	178,04	1,53	74,60	13.98	0	1050	178.74	135	535	15	1,26	6,97	227,23	235,95	0,896	0.34	0,310	22,37

S : superficie ; P : périmètre ; Kc: coefficient de compacité ; L : longueur du rectangle équivalent ; l : largeur du rectangle équivalent ; Hmin : altitude minima ; Hmax : altitude maxima ; Hmoy : altitude moyenne ; Ip : indice de pente de Roche ; Ds : Dénivelée spécifique ; Lp: longueur du thalweg principal ; Dd : densité de drainage ;F : : Fréquence des thalwegs ;Ct : coefficient de torrentialité ; Tc : Temps de concentration.

3. Etude Hydro-climatique de la zone d'étude :

L'étude et l'analyse des caractéristiques hydro climatologiques est indispensable pour toute étude géologique et/ou géotechnique. L'eau est l'un des facteurs déclenchant des mouvements de terrain, il présente une force destructrice difficile à concevoir.

Les facteurs climatiques présentent une influence très importante sur le comportement mécanique du sol. Elle joue un rôle primordial dans la perception et les comportements des cours d'eaux, les variations des réserves, la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux naturelles qui contribue à l'alimentation des nappes phréatiques. Donc l'étude de la climatologie constitue un domaine de premier ordre pour la connaissance de l'avenir de l'eau tombée. Pour cela, l'élaboration du bilan hydrique est indispensable pour mieux comprendre le fonctionnement et les influences d'un système hydraulique de surface.

La zone d'étude est caractérisée par un climat de type méditerranéen, son régime climatique dépend de deux paramètres principaux ; la précipitation et la température.

3.1. Etude de la pluviométrie :

La pluviométrie en Algérie a été étudiée par plusieurs auteurs (P. Seltzer 1913-1938, H. Gaussen 1913-1947, G. Medinger 1913-1953, Chaumont et C. Paquin 1913-1963). La plupart des stations de notre bassin d'étude ont été arrêtées pendant la guerre d'Algérie, d'autres ont subi des modifications après 1962. Notre travail basé sur deux séries pluviométriques d'efférentes, une série pluviométrique standard qu'on appelle série normale (1947-1974) et une série récente (1958-2021).

Les informations pluviométriques disponibles sont souvent entachées d'un certain nombre d'erreurs d'observation qui ont pour origine :

-Le déplacement du pluviomètre ;

-La modification progressive du pluviomètre ;

-La disparité de la documentation statistique.

3.1.1. Station des mesures :

L'observation s'est faite à travers les stations météorologiques de : Guelma, Bordj Sabath, Bouchegouf, Boukhemouza, Hammam Debegh, Héliopolis, Medjez Amar, Tamlouka, Machrouha, Hammam N'bail, Les Salines, et Pont Bouchet Le choix de ces stations de mesure est basé sur la représentativité de la zone d'étude et l'existence de séries complète.

Tableau III.4 : Caractéristiques des stations météorologiques.

Paramètres Stations	Code ANRH	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Période d'observations
LES SALINES	140624	7° 46' 14.88" E	36° 53' 44.88" N	50	1958 – 2021
PONT BOUCHET	140631	7° 43´ 45.12"	36° 48´ 45"	03	1958 – 2021
BOUKHEMOUZA	140607	07°44' E	36°34' N	40	1958 – 2021
BOUCHEGOUF	140505	7° 43´ 45.12"	36° 28´ 45.12"	110	1958 – 2021
GUELMA	140412	7° 26´ 15"	36° 26´ 15"	280	1958 – 2021
HAMMAM DEBEGH	140301	7° 13´ 45.12"	36° 26´ 15"	350	1958 – 2021
HELIOPOLIS	140403	7° 26´ 15"	36° 31´ 14.88"	280	1958 – 2021
MEDJEZ AMAR	140313	7° 18´ 45"	36° 26´ 15"	295	1958 – 2021
TAMLOUKA	140204	07°8' E	36°9' N	740	1958 – 2021
BORDJ SABATH	140302	07°2' E	36°24' N	525	1958 – 2021
MACHROHA	140502	7° 51´ 15.12"	36° 21´ 15.12"	750	1958 – 2021
HAMMAM N'BAIL	140503	7° 38´ 44.88"	36° 18´ 45"	460	1958 – 2021

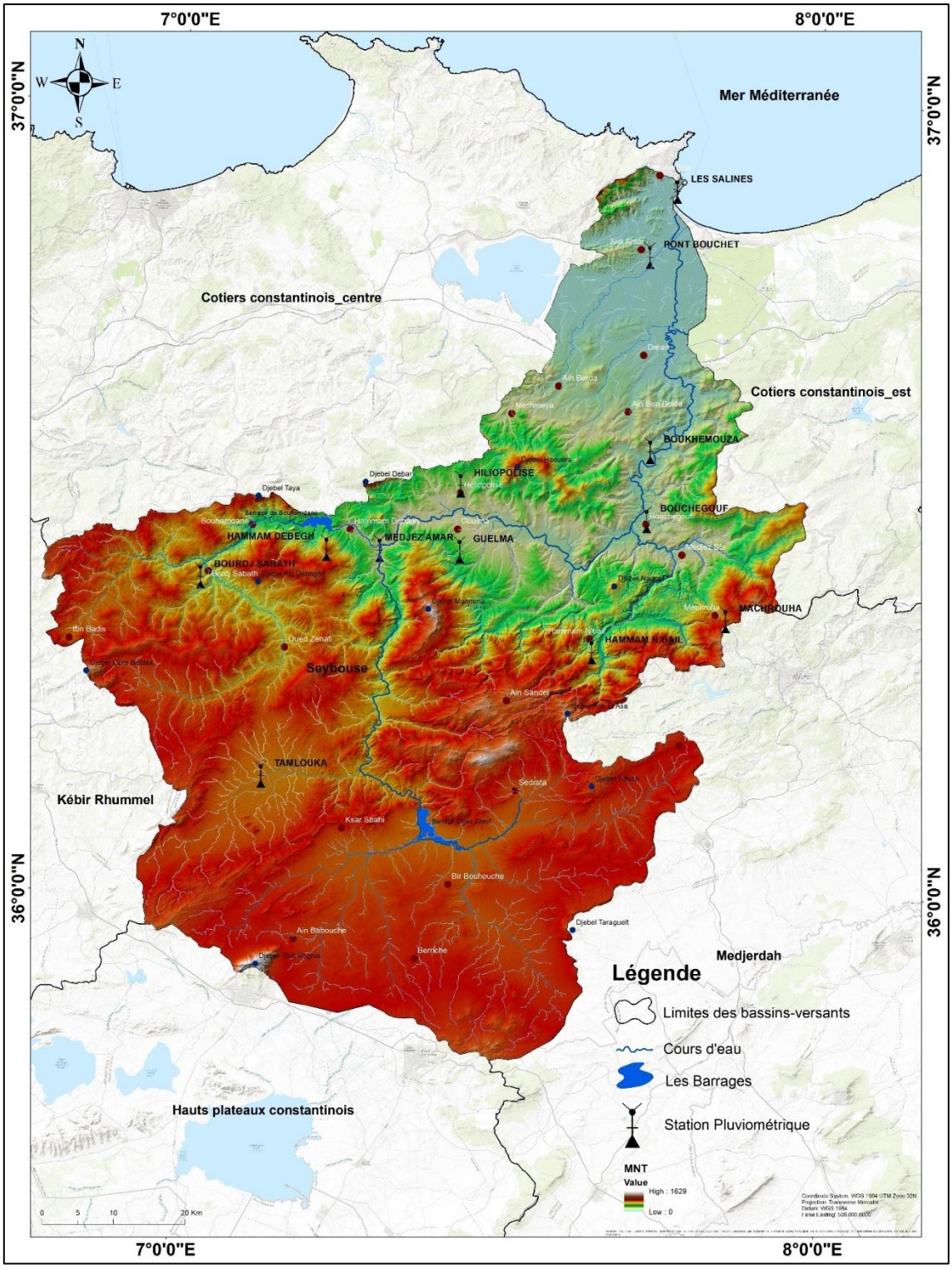


Figure III.2 : Carte de localisation des stations pluviométriques de mesure dans la région d'étude.

3.1.2. Les précipitations annuelles et leur évolution :

Pour mieux saisir et préciser l'intensité des irrégularités pluviométriques, on s'est fondé sur le coefficient de de Variation, paramètre très efficace pour la mesure du degré de la dispersion relative des valeurs particulaires autour de la moyenne globale.

Pour en savoir plus sur les spécificités régionales de la variabilité des précipitations et leur intensité, nous considérerons ces paramètres :

3.1.2.1.L'écart-type (σ) :

$$\boldsymbol{\sigma} = \frac{\sqrt{\sum(\boldsymbol{Pi}-\boldsymbol{P})^{\boldsymbol{2}}}}{\boldsymbol{N}}$$

Où,

Pi : Cumul annuel de l'année

P : Moyenne des pluies annuelles

N : Nombre d'année

L'écart-type est la mesure de dispersion la plus couramment utilisée en statistique lorsqu'on emploie les moyennes pour calculer les tendances centrales. Il mesure donc la dispersion autour des moyennes. Pour caractériser cette dispersion, on a défini la variance et l'écart-type. La variance consiste à prendre l'écart de chaque valeur par rapport à la valeur moyenne, d'élever chacun de ces écarts au carré, d'en faire la somme et de diviser le tout par le nombre de mesures. L'écart-type, souvent noté "Sigma" (σ), est la racine carrée de la variance. Un faible écart-type signifie que les valeurs sont peu dispersées autour de la moyenne.

3.1.2.2.Le coefficient de variation Cv :

$$Cv = \frac{\sigma}{P} . 100$$

C’est une valeur sans dimension : par le rapport d’une caractéristique de dispersion absolue à une caractéristique de valeur centrale.

Selon H. Grisolet, 1973, c’est le coefficient de variation qui se révèle le plus satisfaisant des indices de dispersion employés dans les études comparées de la variabilité des pluies dans nombreuses parties du globe. D’une part, il permet de donner un concept général sur la régularité d’une série chronologique, d’autre part, L’un des paramètres les plus expressifs est la variation, car elle illustre la mesure dans laquelle les sommes annuelles de précipitations diffèrent des précipitations moyennes. En général, le coefficient de variation suit une tendance inverse de celle des moyennes annuelles des précipitations, ce qui le distingue de l'écart-type.

Tableau III.5: Moyenne, écart-type et coefficient de variation de la série pluviométrique (1958-2021).

Stations		Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Années
SALINES	P	39,30	84,24	111,99	158,63	154,86	109,22	78,64	56,47	44,1	18,359	3,42	8,68	**867,89**
	∂	22,34	12,89	2,93	6,95	18,74	39,06	56,32	65,82	62,24	50,51	29,77	24,93	**392,50**
	C.V	**0,57**	**0,15**	**0,03**	**0,04**	**0,12**	**0,36**	**0,72**	**1,17**	**1,41**	**2,75**	**8,70**	**2,87**	**0,45**
PONT BOUCHET	P	39,26	79,10	101	146,99	143,67	102,33	74,59	53,66	42,99	18,38	3,43	9,79	**815,182**
	∂	21,85	12,92	2,95	7,78	18,73	37,04	51,37	61,53	58,23	47,31	28,34	23,72	**371,78**
	C.V	**0,56**	**0,16**	**0,03**	**0,05**	**0,13**	**0,36**	**0,69**	**1,15**	**1,35**	**2,57**	**8,26**	**2,42**	**0,46**
BOUKHEMOUZA	P	32,18	59,81	77,96	113,42	112,03	83,58	65,45	52,22	43,67	19,54	2,63	9,78	**672,27**
	∂	22,10	13,58	2,18	7,56	15,16	28,17	40,16	48,31	46,16	38,24	24,59	22,56	**308,76**
	C.V	**0,69**	**0,23**	**0,03**	**0,07**	**0,14**	**0,34**	**0,61**	**0,93**	**1,06**	**1,96**	**9,35**	**2,31**	**0,46**
BOUCHEGOUF	P	35,57	56,43	68,27	92,16	87,84	67,16	62,22	52,21	44,41	22,43	6,05	15,68	**610,41**
	∂	22,09	14,17	4,76	11,69	17,09	25,93	32,44	41,03	37,44	31,57	23,29	21,16	**282,66**
	C.V	0,62	0,25	0,07	0,13	0,19	0,39	0,52	0,79	0,84	1,41	3,85	1,35	0,46
GUELMA	P	34,07	51,86	65,82	86,76	86,88	65,38	62,47	51,76	48,17	23,53	6,15	15,59	**598,46**
	∂	24,02	14,62	4,78	11,54	16,45	24,36	30,72	38,82	37,09	30,00	23,53	21,03	**276,97**
	C.V	**0,71**	**0,28**	**0,07**	**0,13**	**0,19**	**0,37**	**0,49**	**0,75**	**0,77**	**1,27**	**3,83**	**1,35**	**0,46**
HAMMAM DEBEGH	P	36,56	53,65	69,46	94,85	98,71	71,13	66,35	53,71	52,63	25,13	6,15	14,90	**643,26**
	∂	26,43	15,63	4,75	11,32	16,98	25,66	32,76	43,55	44,53	33,33	24,98	21,62	**301,54**
	C.V	**0,72**	**0,29**	**0,07**	**0,12**	**0,17**	**0,36**	**0,49**	**0,81**	**0,85**	**1,33**	**4,06**	**1,45**	**0,47**
HILIOPOLISE	P	34,45	56,13	71,81	94,22	94,87	70,06	64,55	51,94	46,24	22,94	5,89	15,23	**628,33**
	∂	23,15	14,06	4,64	11,17	17,38	26,88	34,20	41,84	41,20	31,94	24,60	21,74	**292,82**
	C.V	**0,67**	**0,25**	**0,06**	**0,12**	**0,18**	**0,38**	**0,53**	**0,81**	**0,89**	**1,39**	**4,18**	**1,43**	**0,47**
MEDJEZ AMAR	P	34	51,09	64,68	83,18	84,77	62,71	61,16	49,77	46,96	22,81	6,15	14,90	**582,18**
	∂	23,49	14,14	4,76	11,31	16,41	24,26	30,21	36,90	36,27	28,72	23,12	20,50	**270,09**
	C.V	**0,69**	**0,28**	**0,07**	**0,14**	**0,19**	**0,39**	**0,49**	**0,74**	**0,77**	**1,26**	**3,76**	**1,38**	**0,46**
TAMLOUKA	P	29,61	38,89	47,79	66,10	77,47	58,4	53,52	41,15	51,14	23,81	6,36	10,93	**505,19**
	∂	26,14	16,21	5,03	7,73	13,09	19,14	25,02	28,87	35,01	26,96	19,99	16,94	**240,14**
	C.V	**0,88**	**0,42**	**0,11**	**0,12**	**0,17**	**0,33**	**0,47**	**0,70**	**0,68**	**1,13**	**3,14**	**1,55**	**0,48**
BOURDJ SABATH	P	31,73	50,25	63,27	98,21	107,83	76,18	64,11	50,44	53,1	23,69	4,42	9,9	**633,125**
	∂	27,19	16,36	3,64	7,16	14,45	24,77	32,68	43,71	47,45	35,28	24,02	20,98	**297,69**
	C.V	**0,86**	**0,33**	**0,06**	**0,07**	**0,13**	**0,33**	**0,51**	**0,87**	**0,89**	**1,49**	**5,43**	**2,12**	**0,47**
MACHROUHA	P	42,69	62,24	86,14	129,32	131,43	106,65	93,88	72,33	56,84	21,74	5,35	10,79	**819,41**
	∂	28,51	14,85	4,29	8,19	19,77	29,28	44,25	55,52	54,41	48,87	34,79	30,63	**373,37**
	C.V	**0,67**	**0,24**	**0,05**	**0,06**	**0,15**	**0,27**	**0,47**	**0,77**	**0,96**	**2,25**	**6,50**	**2,84**	**0,46**
HAMMAM N'BAIL	P	32,14	49,24	63,99	93,59	96,64	75,39	68,16	53,65	48,23	20,80	4,49	10,89	**617,22**
	∂	24,39	14,17	3,56	8,11	14,77	23,48	32,91	40,55	40,75	34,52	25,35	22,59	**285,15**
	C.V	**0,76**	**0,29**	**0,06**	**0,09**	**0,15**	**0,31**	**0,48**	**0,76**	**0,84**	**1,66**	**5,65**	**2,07**	**0,46**

3.1.2.3.Ecart à la moyenne :

Pour mieux préciser et comprendre la variation interannuelle des précipitations, on a traduit la variabilité interannuelle par l'écart de la pluie annuelle à la moyenne. Cette dernière est considérée comme une unité. Nous avons relevé l'année pluviométrique extrême humide et sèche, (Tableau III.6) de chaque station.

- **A l'échelle régionale (Inter-Stations)**

Tableau III.6 : Caractéristiques des précipitations annuelles des stations pluviométriques du bassin versant de Seybouse.

Stations	Moy. Annuelle (1958- 2021) (Pm)	Année sèche extrême	Pi	Ecart à la moyenne (ei)%	Année humide extrême	Pi	Ecart à la moyenne (ei)%
SALINES	867,89	1961	559,9	-35,49	1984	1433,5	65,17
PONT BOUCHET	815,182	1961	521,6	-36,01	1984	1348,3	65,40
BOUKHEMOUZA	672,27	1961	427,1	-36,47	1984	1072,5	59,53
BOUCHEGOUF	610,41	2017	390	-36,11	1984	980,2	60,58
GUELMA	598,46	1961	382	-36,17	1984	934,3	56,12
HAMMAM DEBEGH	643,26	2001	416	-35,33	1984	1047,4	62,83
HELIOPOLIS	628,33	1961	410,4	-34,68	1984	1017,5	61,94
MEDJEZ AMAR	582,18	1961	366,6	-37,03	1984	897,5	54,16
TAMLOUKA	505,19	1961	328,5	-34,97	2003	746,2	47,71
BORDJ SABATH	633,125	1961	407,8	-35,59	1984	983,9	55,40
MACHROUHA	819,41	1961	507,9	-38,02	2003	1260,9	53,88
HAMMAM N'BAIL	617,22	1961	388,6	-37,04	1984	936,9	51,79

- **L'échelle locale (au niveau de la même station) :**

Le coefficient pluviométrique est en relation proportionnelle avec la pluviométrie. Il est calculé par le rapport de la pluviométrie de l'année considérée sur la pluviométrie moyenne de la série observée à une station donnée.

$$Cp = \frac{Pi}{Pm}$$

Ou :

CP : coefficient pluviométrique. Pi : pluviométrie annuelle de l'année en (mm). Pm : pluviométrie moyenne annuelle en (mm). Ce paramètre est proportionnel avec la pluviométrie. Si : Cp > 1 → Année excédentaire, CP < 1 → Année déficitaire.

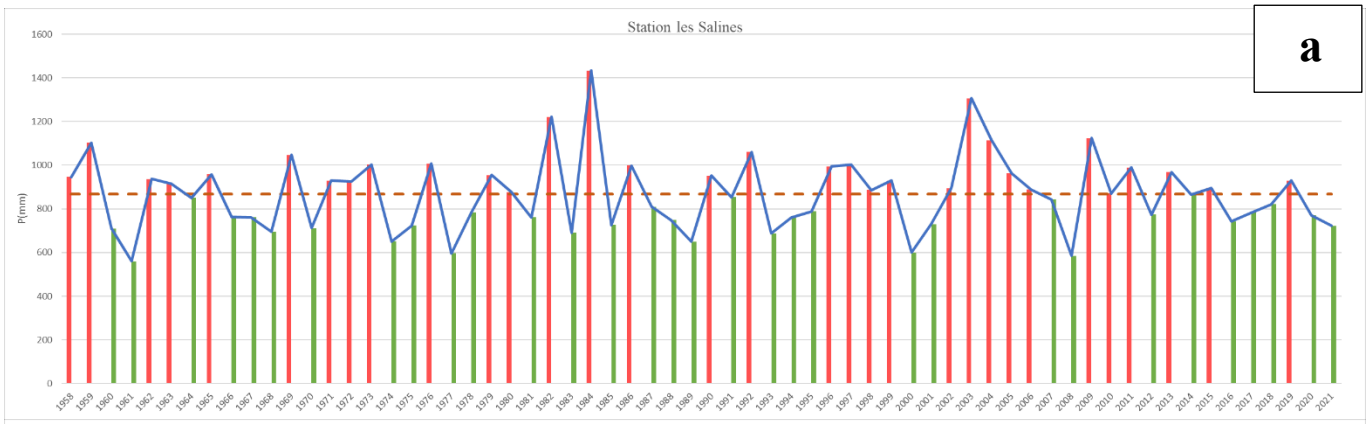
Les résultats se trouvent dans le tableau ci-dessous :

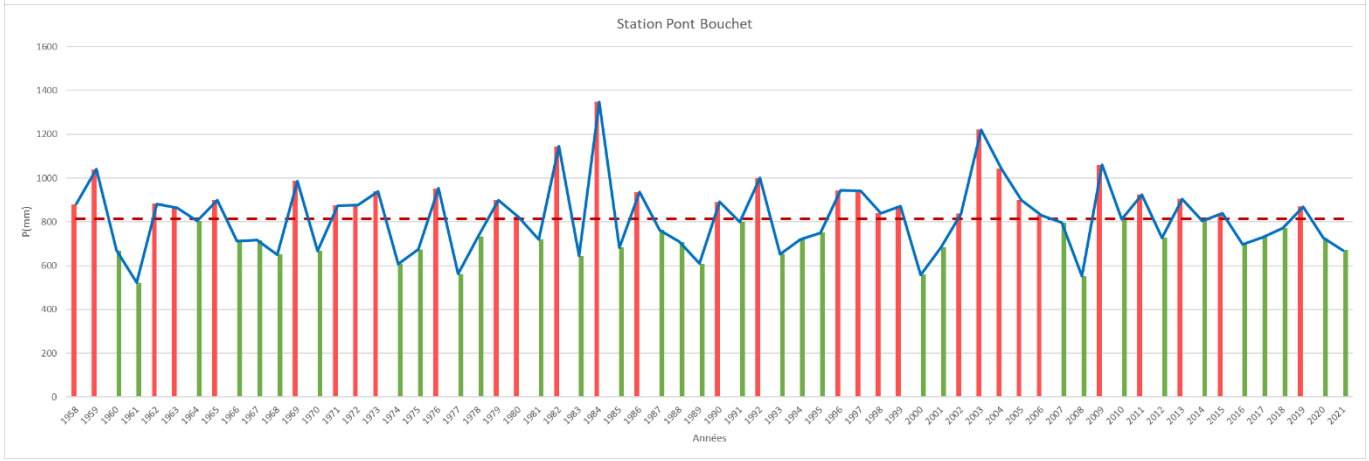
Tableau III.7 : Coefficients pluviométriques des stations (1958-2021)

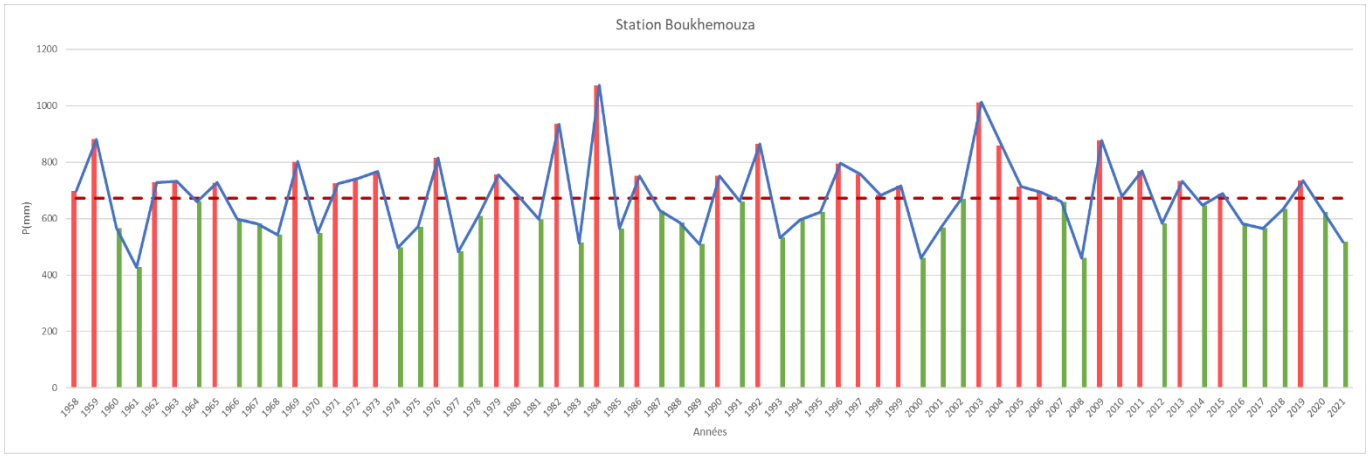
Années	LES SALINES		PONT BOUCHET		BOUKHEMOUZA		BOUCHEGOUF		GUELMA		HAMMAM DEBEGH		HILIOPOLISE		MEDJEZ AMAR		TAMLOUKA		BORDJ SABATH		MACHROUHA		HAMMAM N'BAIL	
	C.P	Obsv	C.P	Obsv	C.P	Obsv	C.P	Obsv	C.P	Obsv	C.P	Obsv	C.P	Obsv	C.P	Obsv	C.P	Obsv	C.P	Obsv	C.P	Obsv	C.P	Obsv
1958	1,09	An.Exc	1,08	An.Exc	1,04	An.Exc	1,04	An.Exc	1,02	An.Exc	1,07	An.Exc	1,07	An.Exc	1,02	An.Exc	0,98	An.déf	1,03	An.Exc	0,99	An.déf	0,99	An.déf
1959	1,27	An.Exc	1,28	An.Exc	1,31	An.Exc	1,35	An.Exc	1,32	An.Exc	1,34	An.Exc	1,34	An.Exc	1,30	An.Exc	1,32	An.Exc	1,30	An.Exc	1,32	An.Exc	1,33	An.Exc
1960	0,82	An.déf	0,82	An.déf	0,84	An.déf	0,87	An.déf	0,89	An.déf	0,93	An.déf	0,90	An.déf	0,88	An.déf	0,93	An.déf	0,91	An.déf	0,86	An.déf	0,87	An.déf
1961	0,65	An.déf	0,64	An.déf	0,64	An.déf	0,65	An.déf	0,64	An.déf	0,66	An.déf	0,65	An.déf	0,63	An.déf	0,65	An.déf	0,64	An.déf	0,62	An.déf	0,63	An.déf
1962	1,08	An.Exc	1,08	An.Exc	1,08	An.Exc	1,11	An.Exc	1,10	An.Exc	1,15	An.Exc	1,13	An.Exc	1,10	An.Exc	1,11	An.Exc	1,11	An.Exc	1,08	An.Exc	1,09	An.Exc
1963	1,05	An.Exc	1,06	An.Exc	1,09	An.Exc	1,13	An.Exc	1,11	An.Exc	1,14	An.Exc	1,12	An.Exc	1,09	An.Exc	1,17	An.Exc	1,11	An.Exc	1,12	An.Exc	1,13	An.Exc
1964	0,98	An.déf	0,99	An.déf	0,98	An.déf	1,01	An.Exc	1,00	An.Exc	1,02	An.Exc	1,02	An.déf	0,98	An.déf	0,99	An.déf	0,98	An.déf	0,96	An.déf	0,98	An.déf
1965	1,10	An.Exc	1,10	An.Exc	1,08	An.Exc	1,10	An.Exc	1,08	An.Exc	1,13	An.Exc	1,11	An.Exc	1,06	An.Exc	1,06	An.Exc	1,08	An.Exc	1,08	An.Exc	1,06	An.Exc
1966	0,88	An.déf	0,87	An.déf	0,89	An.déf	0,91	An.déf	0,90	An.déf	0,91	An.déf	0,91	An.déf	0,88	An.déf	0,88	An.déf	0,87	An.déf	0,90	An.déf	0,90	An.déf
1967	0,88	An.déf	0,88	An.déf	0,87	An.déf	0,87	An.déf	0,87	An.déf	0,92	An.déf	0,90	An.déf	0,87	An.déf	0,85	An.déf	0,88	An.déf	0,84	An.déf	0,85	An.déf
1968	0,80	An.déf	0,80	An.déf	0,81	An.déf	0,82	An.déf	0,81	An.déf	0,84	An.déf	0,82	An.déf	0,79	An.déf	0,79	An.déf	0,81	An.déf	0,82	An.déf	0,81	An.déf
1969	1,21	An.Exc	1,21	An.Exc	1,19	An.Exc	1,23	An.Exc	1,20	An.Exc	1,24	An.Exc	1,23	An.Exc	1,19	An.Exc	1,22	An.Exc	1,21	An.Exc	1,18	An.Exc	1,19	An.Exc
1970	0,82	An.déf	0,82	An.déf	0,82	An.déf	0,84	An.déf	0,83	An.déf	0,86	An.déf	0,85	An.déf	0,82	An.déf	0,80	An.déf	0,82	An.déf	0,82	An.déf	0,82	An.déf
1971	1,07	An.Exc	1,07	An.Exc	1,08	An.Exc	1,11	An.Exc	1,09	An.Exc	1,13	An.Exc	1,11	An.Exc	1,08	An.Exc	1,10	An.Exc	1,09	An.Exc	1,10	An.Exc	1,10	An.Exc
1972	1,06	An.Exc	1,08	An.Exc	1,10	An.Exc	1,14	An.Exc	1,16	An.Exc	1,22	An.Exc	1,17	An.Exc	1,15	An.Exc	1,21	An.Exc	1,21	An.Exc	1,12	An.Exc	1,14	An.Exc
1973	1,16	An.Exc	1,15	An.Exc	1,14	An.Exc	1,17	An.Exc	1,11	An.Exc	1,13	An.Exc	1,14	An.Exc	1,08	An.Exc	1,06	An.Exc	1,07	An.Exc	1,17	An.Exc	1,13	An.Exc
1974	0,75	An.déf	0,75	An.déf	0,74	An.déf	0,76	An.déf	0,73	An.déf	0,74	An.déf	0,75	An.déf	0,72	An.déf	0,70	An.déf	0,71	An.déf	0,75	An.déf	0,74	An.déf
1975	0,83	An.déf	0,83	An.déf	0,85	An.déf	0,87	An.déf	0,86	An.déf	0,87	An.déf	0,87	An.déf	0,84	An.déf	0,89	An.déf	0,84	An.déf	0,87	An.déf	0,87	An.déf
1976	1,16	An.Exc	1,17	An.Exc	1,21	An.Exc	1,27	An.Exc	1,28	An.Exc	1,31	An.Exc	1,29	An.Exc	1,27	An.Exc	1,42	An.Exc	1,30	An.Exc	1,25	An.Exc	1,29	An.Exc
1977	0,69	An.déf	0,69	An.déf	0,72	An.déf	0,74	An.déf	0,77	An.déf	0,80	An.déf	0,77	An.déf	0,77	An.déf	0,86	An.déf	0,79	An.déf	0,71	An.déf	0,75	An.déf
1978	0,90	An.déf	0,90	An.déf	0,91	An.déf	0,93	An.déf	0,91	An.déf	0,93	An.déf	0,93	An.déf	0,89	An.déf	0,88	An.déf	0,90	An.déf	0,92	An.déf	0,91	An.déf
1979	1,10	An.Exc	1,10	An.Exc	1,12	An.Exc	1,16	An.Exc	1,13	An.Exc	1,16	An.Exc	1,16	An.Exc	1,12	An.Exc	1,14	An.Exc	1,12	An.Exc	1,15	An.Exc	1,14	An.Exc
1980	1,01	An.Exc	1,01	An.Exc	1,01	An.Exc	1,03	An.Exc	1,02	An.Exc	1,06	An.Exc	1,04	An.Exc	1,01	An.Exc	1,01	An.Exc	1,03	An.Exc	1,01	An.Exc	1,01	An.Exc
1981	0,88	An.déf	0,88	An.déf	0,89	An.déf	0,91	An.déf	0,91	An.déf	0,94	An.déf	0,93	An.déf	0,90	An.déf	0,90	An.déf	0,91	An.déf	0,88	An.déf	0,89	An.déf
1982	1,41	An.Exc	1,41	An.Exc	1,39	An.Exc	1,41	An.Exc	1,39	An.Exc	1,43	An.Exc	1,43	An.Exc	1,37	An.Exc	1,34	An.Exc	1,37	An.Exc	1,37	An.Exc	1,37	An.Exc
1983	0,80	An.déf	0,79	An.déf	0,76	An.déf	0,78	An.déf	0,72	An.déf	0,72	An.déf	0,75	An.déf	0,70	An.déf	0,69	An.déf	0,67	An.déf	0,75	An.déf	0,74	An.déf
1984	1,65	An.Exc	1,65	An.Exc	1,60	An.Exc	1,61	An.Exc	1,56	An.Exc	1,63	An.Exc	1,62	An.Exc	1,54	An.Exc	1,43	An.Exc	1,55	An.Exc	1,53	An.Exc	1,52	An.Exc
1985	0,84	An.déf	0,84	An.déf	0,84	An.déf	0,86	An.déf	0,87	An.déf	0,92	An.déf	0,89	An.déf	0,87	An.déf	0,90	An.déf	0,89	An.déf	0,86	An.déf	0,86	An.déf
1986	1,15	An.Exc	1,15	An.Exc	1,12	An.Exc	1,14	An.Exc	1,11	An.Exc	1,16	An.Exc	1,15	An.Exc	1,10	An.Exc	1,10	An.Exc	1,11	An.Exc	1,10	An.Exc	1,09	An.Exc
1987	0,93	An.déf	0,94	An.déf	0,94	An.déf	0,95	An.déf	0,97	An.déf	1,02	An.déf	0,99	An.déf	0,97	An.déf	0,99	An.déf	0,99	An.déf	0,94	An.déf	0,95	An.déf

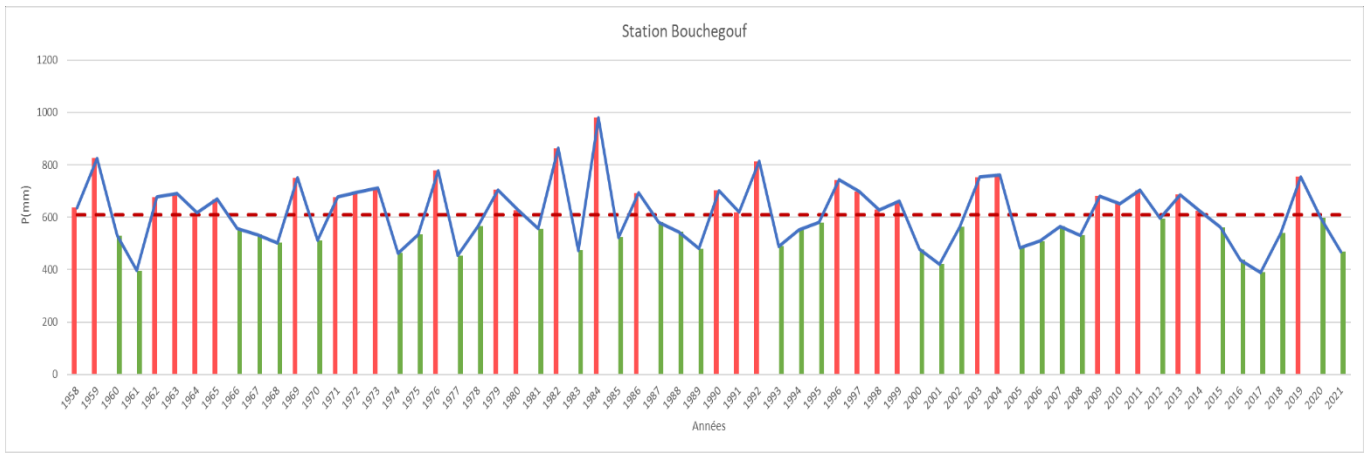
1988	0,86	An.déf	0,87	An.déf	0,87	An.déf	0,89	An.déf	0,90	An.déf	0,95	An.déf	0,92	An.déf	0,89	An.déf	0,91	An.déf	0,92	An.déf	0,87	An.déf	0,88	An.déf
1989	0,75	An.déf	0,75	An.déf	0,76	An.déf	0,79	An.déf	0,75	An.déf	0,75	An.déf	0,77	An.déf	0,73	An.déf	0,73	An.déf	0,72	An.déf	0,77	An.déf	0,77	An.déf
1990	1,10	An.Exc	1,09	An.Exc	1,12	An.Exc	1,15	An.Exc	1,12	An.Exc	1,14	An.Exc	1,14	An.Exc	1,09	An.Exc	1,11	An.Exc	1,08	An.Exc	1,13	An.Exc	1,13	An.Exc
1991	0,98	An.déf	0,98	An.déf	0,98	An.déf	1,01	An.Exc	0,99	An.déf	1,02	An.Exc	1,01	An.Exc	0,98	An.déf	1,00	An.Exc	0,98	An.déf	1,01	An.Exc	1,00	An.Exc
1992	1,22	An.Exc	1,23	An.Exc	1,29	An.Exc	1,33	An.Exc	1,31	An.Exc	1,34	An.Exc	1,33	An.Exc	1,29	An.Exc	1,31	An.Exc	1,30	An.Exc	1,33	An.Exc	1,34	An.Exc
1993	0,79	An.déf	0,80	An.déf	0,79	An.déf	0,80	An.déf	0,79	An.déf	0,82	An.déf	0,81	An.déf	0,78	An.déf	0,77	An.déf	0,80	An.déf	0,77	An.déf	0,78	An.déf
1994	0,88	An.déf	0,88	An.déf	0,89	An.déf	0,91	An.déf	0,89	An.déf	0,93	An.déf	0,91	An.déf	0,89	An.déf	0,89	An.déf	0,90	An.déf	0,89	An.déf	0,89	An.déf
1995	0,91	An.déf	0,92	An.déf	0,93	An.déf	0,95	An.déf	0,95	An.déf	1,01	An.Exc	0,98	An.déf	0,95	An.déf	0,97	An.déf	0,98	An.déf	0,92	An.déf	0,94	An.déf
1996	1,15	An.Exc	1,16	An.Exc	1,18	An.Exc	1,22	An.Exc	1,23	An.Exc	1,29	An.Exc	1,25	An.Exc	1,22	An.Exc	1,27	An.Exc	1,26	An.Exc	1,21	An.Exc	1,22	An.Exc
1997	1,16	An.Exc	1,16	An.Exc	1,13	An.Exc	1,14	An.Exc	1,08	An.Exc	1,09	An.Exc	1,12	An.Exc	1,06	An.Exc	1,04	An.Exc	1,04	An.Exc	1,09	An.Exc	1,08	An.Exc
1998	1,02	An.Exc	1,03	An.Exc	1,02	An.Exc	1,03	An.Exc	1,01	An.Exc	1,04	An.Exc	1,04	An.Exc	1,00	An.Exc	0,99	An.déf	1,00	An.Exc	0,97	An.déf	0,98	An.déf
1999	1,07	An.Exc	1,07	An.Exc	1,07	An.Exc	1,08	An.Exc	1,07	An.Exc	1,11	An.Exc	1,10	An.Exc	1,05	An.Exc	1,06	An.Exc	1,07	An.Exc	1,07	An.Exc	1,06	An.Exc
2000	0,69	An.déf	0,69	An.déf	0,69	An.déf	0,78	An.déf	0,73	An.déf	0,68	An.déf	0,69	An.déf	0,75	An.déf	0,69	An.déf	0,68	An.déf	0,67	An.déf	0,68	An.déf
2001	0,84	An.déf	0,84	An.déf	0,85	An.déf	0,69	An.déf	0,70	An.déf	0,65	An.déf	0,66	An.déf	0,71	An.déf	0,87	An.déf	0,87	An.déf	0,86	An.déf	0,86	An.déf
2002	1,03	An.Exc	1,03	An.Exc	1,00	An.Exc	0,92	An.déf	0,94	An.déf	0,87	An.déf	0,90	An.déf	0,96	An.déf	0,93	An.déf	0,96	An.déf	0,96	An.déf	0,96	An.déf
2003	1,50	An.Exc	1,50	An.Exc	1,51	An.Exc	1,24	An.Exc	1,24	An.Exc	1,15	An.Exc	1,18	An.Exc	1,27	An.Exc	1,48	An.Exc	1,52	An.Exc	1,54	An.Exc	1,51	An.Exc
2004	1,28	An.Exc	1,28	An.Exc	1,28	An.Exc	1,25	An.Exc	1,26	An.Exc	1,18	An.Exc	1,20	An.Exc	1,30	An.Exc	1,29	An.Exc	1,31	An.Exc	1,26	An.Exc	1,27	An.Exc
2005	1,11	An.Exc	1,10	An.Exc	1,06	An.Exc	0,79	An.déf	0,81	An.déf	0,75	An.déf	0,80	An.déf	0,83	An.déf	0,91	An.déf	0,97	An.déf	1,04	An.Exc	1,00	An.Exc
2006	1,02	An.Exc	1,02	An.Exc	1,03	An.Exc	0,84	An.déf	0,86	An.déf	0,80	An.déf	0,83	An.déf	0,88	An.déf	1,04	An.Exc	1,03	An.Exc	1,06	An.Exc	1,05	An.Exc
2007	0,97	An.déf	0,98	An.déf	0,98	An.déf	0,93	An.déf	0,95	An.déf	0,88	An.déf	0,91	An.déf	0,98	An.déf	0,96	An.déf	0,96	An.déf	0,98	An.déf	0,98	An.déf
2008	0,67	An.déf	0,68	An.déf	0,69	An.déf	0,87	An.déf	0,90	An.déf	0,84	An.déf	0,86	An.déf	0,93	An.déf	0,77	An.déf	0,76	An.déf	0,69	An.déf	0,72	An.déf
2009	1,29	An.Exc	1,30	An.Exc	1,30	An.Exc	1,12	An.Exc	1,12	An.Exc	1,05	An.Exc	1,06	An.Exc	1,16	An.Exc	1,31	An.Exc	1,31	An.Exc	1,32	An.Exc	1,31	An.Exc
2010	1,00	An.Exc	1,00	An.Exc	1,01	An.Exc	1,07	An.Exc	1,10	An.Exc	1,02	An.Exc	1,04	An.Exc	1,13	An.Exc	1,06	An.Exc	1,04	An.Exc	1,01	An.Exc	1,03	An.Exc
2011	1,14	An.Exc	1,13	An.Exc	1,14	An.Exc	1,15	An.Exc	1,18	An.Exc	1,09	An.Exc	1,12	An.Exc	1,21	An.Exc	1,15	An.Exc	1,13	An.Exc	1,17	An.Exc	1,16	An.Exc
2012	0,89	An.déf	0,89	An.déf	0,87	An.déf	0,98	An.déf	1,00	An.Exc	0,93	An.déf	0,95	An.déf	1,02	An.Exc	0,82	An.déf	0,85	An.déf	0,85	An.déf	0,84	An.déf
2013	1,11	An.Exc	1,11	An.Exc	1,09	An.Exc	1,12	An.Exc	1,15	An.Exc	1,07	An.Exc	1,09	An.Exc	1,18	An.Exc	1,06	An.Exc	1,08	An.Exc	1,07	An.Exc	1,07	An.Exc
2014	1,00	An.Exc	0,99	An.déf	0,96	An.déf	1,02	An.Exc	1,04	An.Exc	0,97	An.déf	0,99	An.déf	1,07	An.Exc	0,87	An.déf	0,92	An.déf	0,97	An.déf	0,94	An.déf
2015	1,03	An.Exc	1,03	An.Exc	1,02	An.Exc	0,92	An.déf	0,95	An.déf	0,88	An.déf	0,89	An.déf	0,97	An.déf	0,99	An.déf	0,98	An.déf	1,04	An.Exc	1,02	An.Exc
2016	0,86	An.déf	0,86	An.déf	0,87	An.déf	0,72	An.déf	0,81	An.déf	0,76	An.déf	0,66	An.déf	0,84	An.déf	0,84	An.déf	0,82	An.déf	0,88	An.déf	0,87	An.déf
2017	0,90	An.déf	0,90	An.déf	0,84	An.déf	0,64	An.déf	0,75	An.déf	0,69	An.déf	0,78	An.déf	0,77	An.déf	0,80	An.déf	0,83	An.déf	0,78	An.déf	0,78	An.déf
2018	0,95	An.déf	0,95	An.déf	0,94	An.déf	0,88	An.déf	0,98	An.déf	0,91	An.déf	0,88	An.déf	1,00	An.Exc	0,98	An.déf	0,95	An.déf	0,93	An.déf	0,96	An.déf
2019	1,07	An.Exc	1,07	An.Exc	1,09	An.Exc	1,24	An.Exc	1,32	An.Exc	1,23	An.Exc	1,30	An.Exc	1,35	An.Exc	1,13	An.Exc	1,08	An.Exc	1,13	An.Exc	1,12	An.Exc
2020	0,89	An.déf	0,89	An.déf	0,93	An.déf	0,98	An.déf	0,99	An.déf	0,95	An.déf	0,98	An.déf	1,00	An.Exc	0,90	An.déf	0,89	An.déf	0,96	An.déf	0,96	An.déf
2021	0,83	An.déf	0,82	An.déf	0,77	An.déf	0,77	An.déf	0,75	An.déf	0,77	An.déf	0,79	An.déf	0,74	An.déf	0,69	An.déf	0,71	An.déf	0,76	An.déf	0,73	An.déf

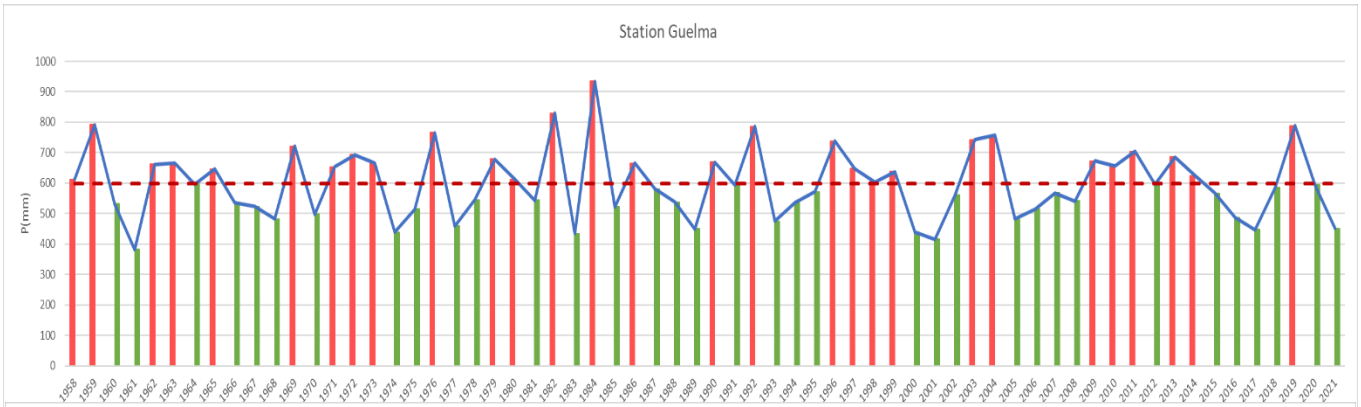
a

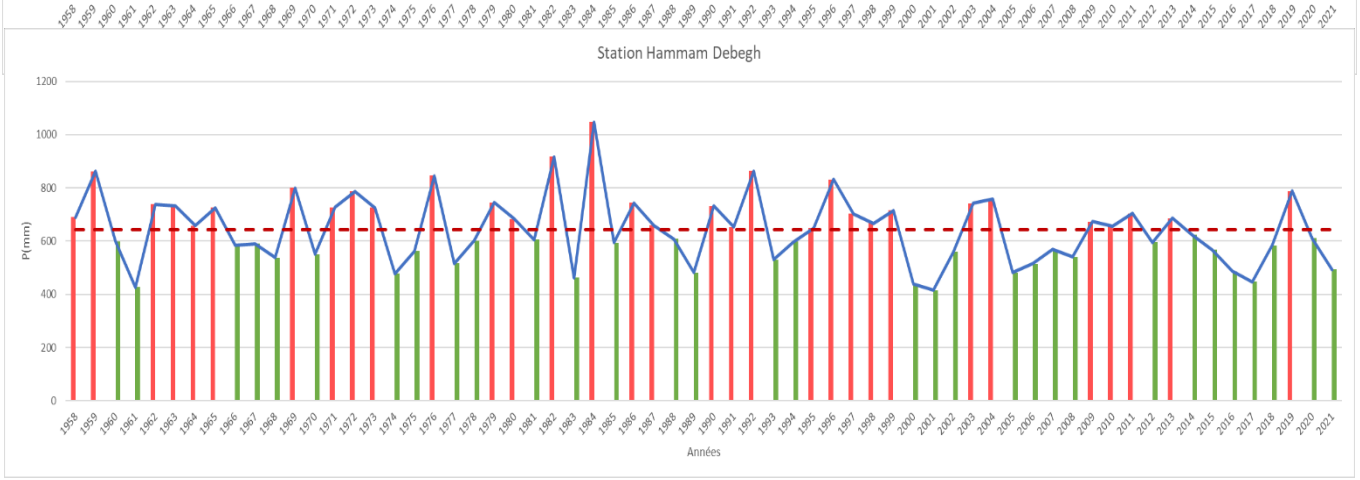

Station les Salines
P(mm)

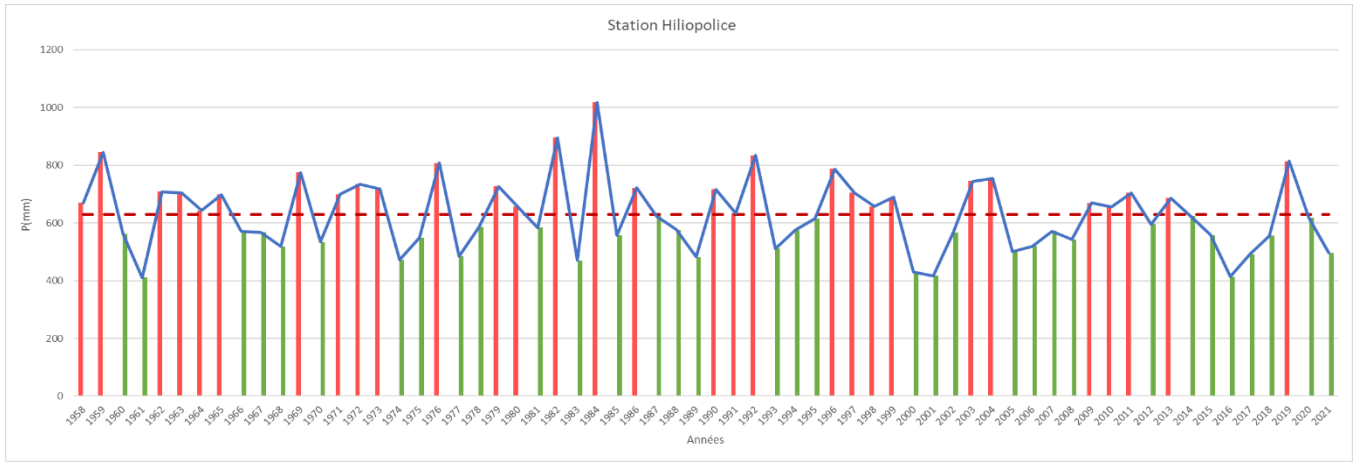

Station Pont Bouchet
P(mm)
Années

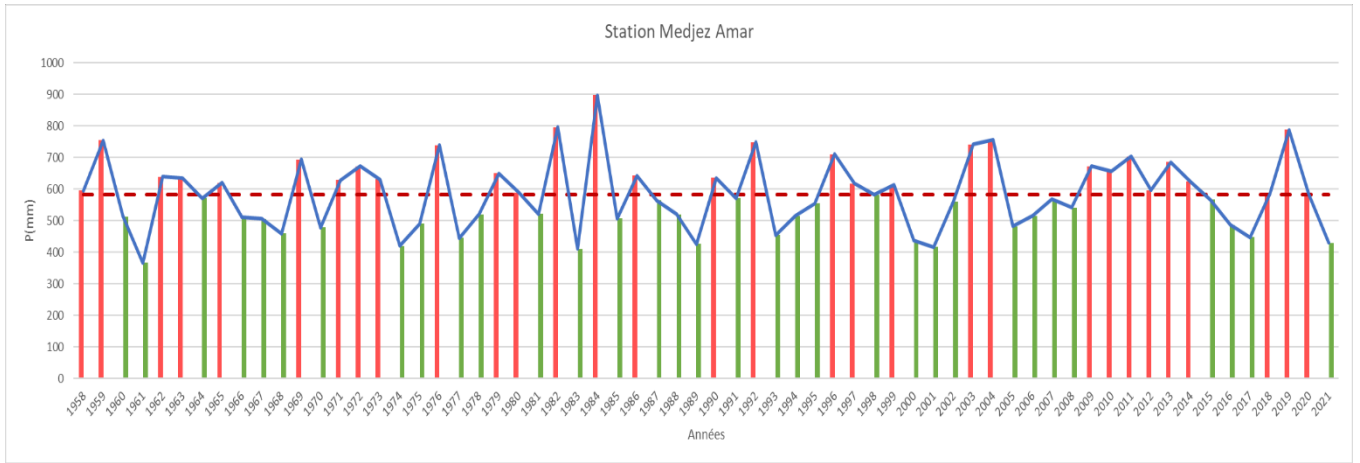

Station Boukhemouza
P(mm)
Années

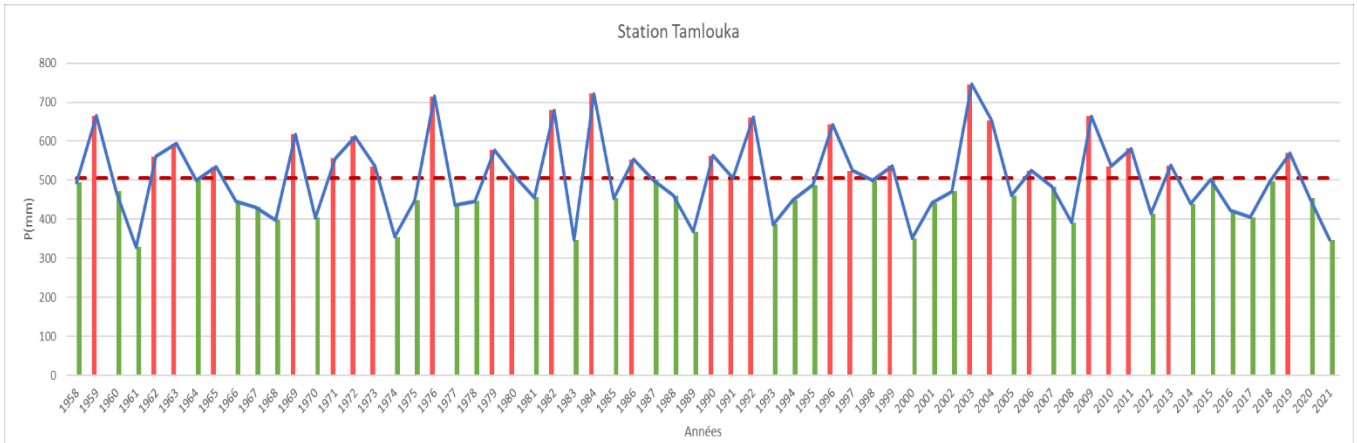

Station Bouchegouf
P(mm)
Années

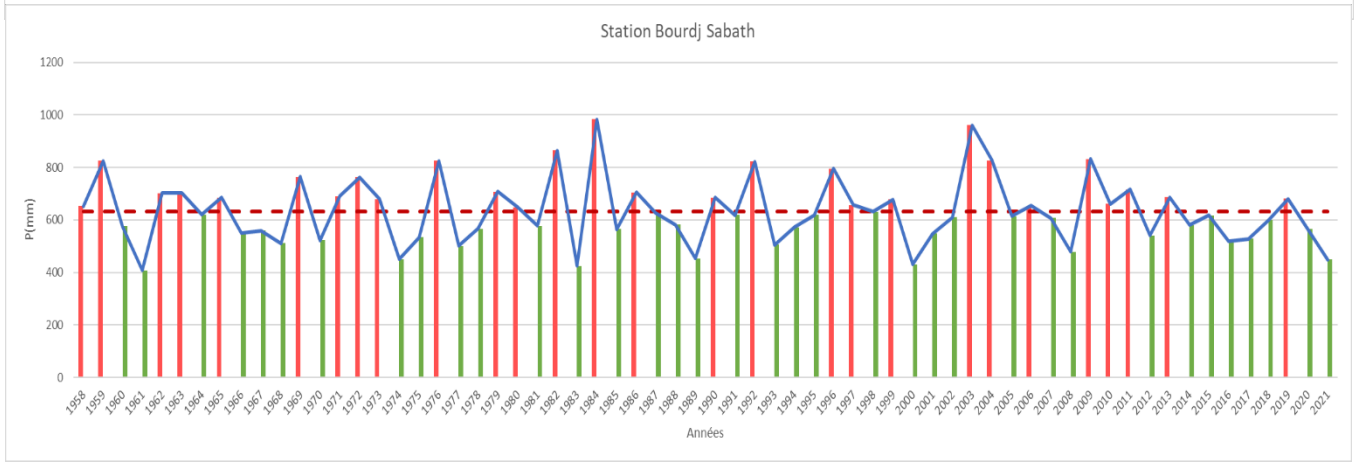

Station Guelma
P(mm)
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0

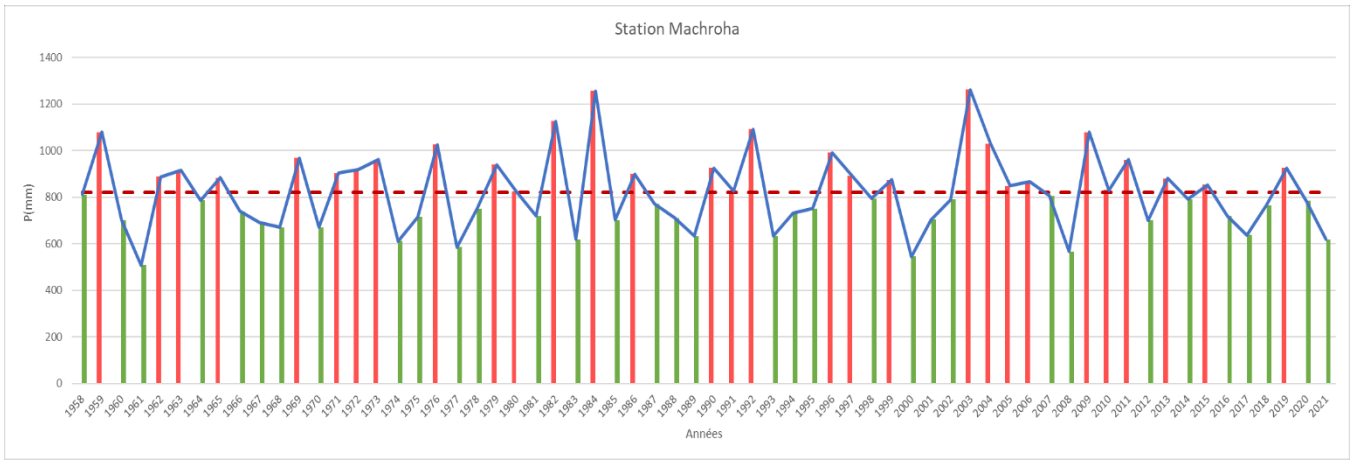

Station Hammam Debegh
P(mm)
1200
1000
800
600
400
200
0
Années

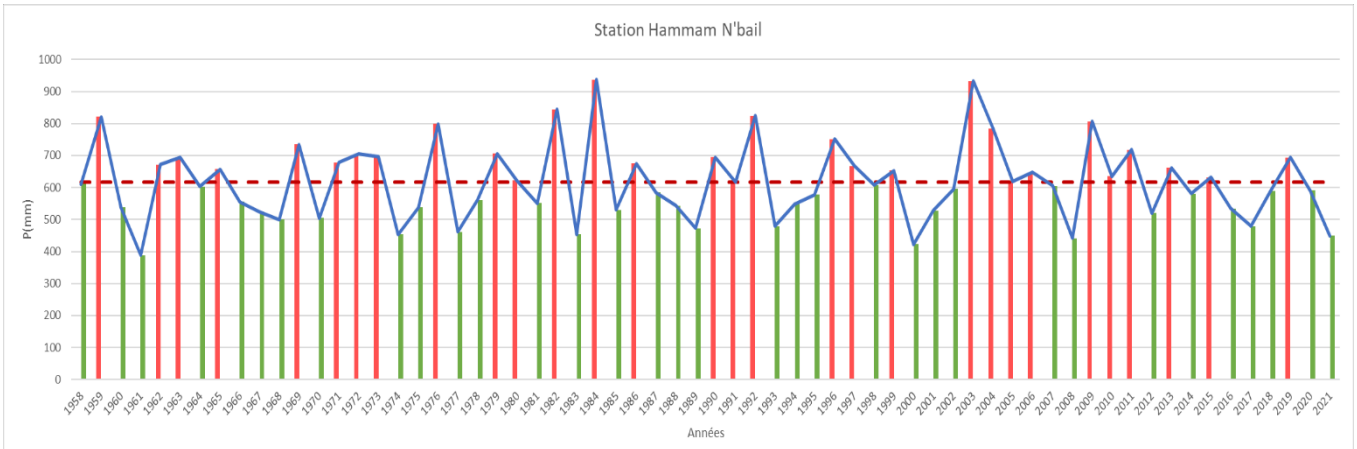

Station Hiliopolice
P(mm)
1200
1000
800
600
400
200
0
Années


Station Medjez Amar
P(mm)
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
Années


Station Tamlouka
P(mm)
Années


Station Bourdj Sabath
P(mm)
Années


Station Machroha
P(mm)
Années


Station Hammam N'bail
P(mm)
Années

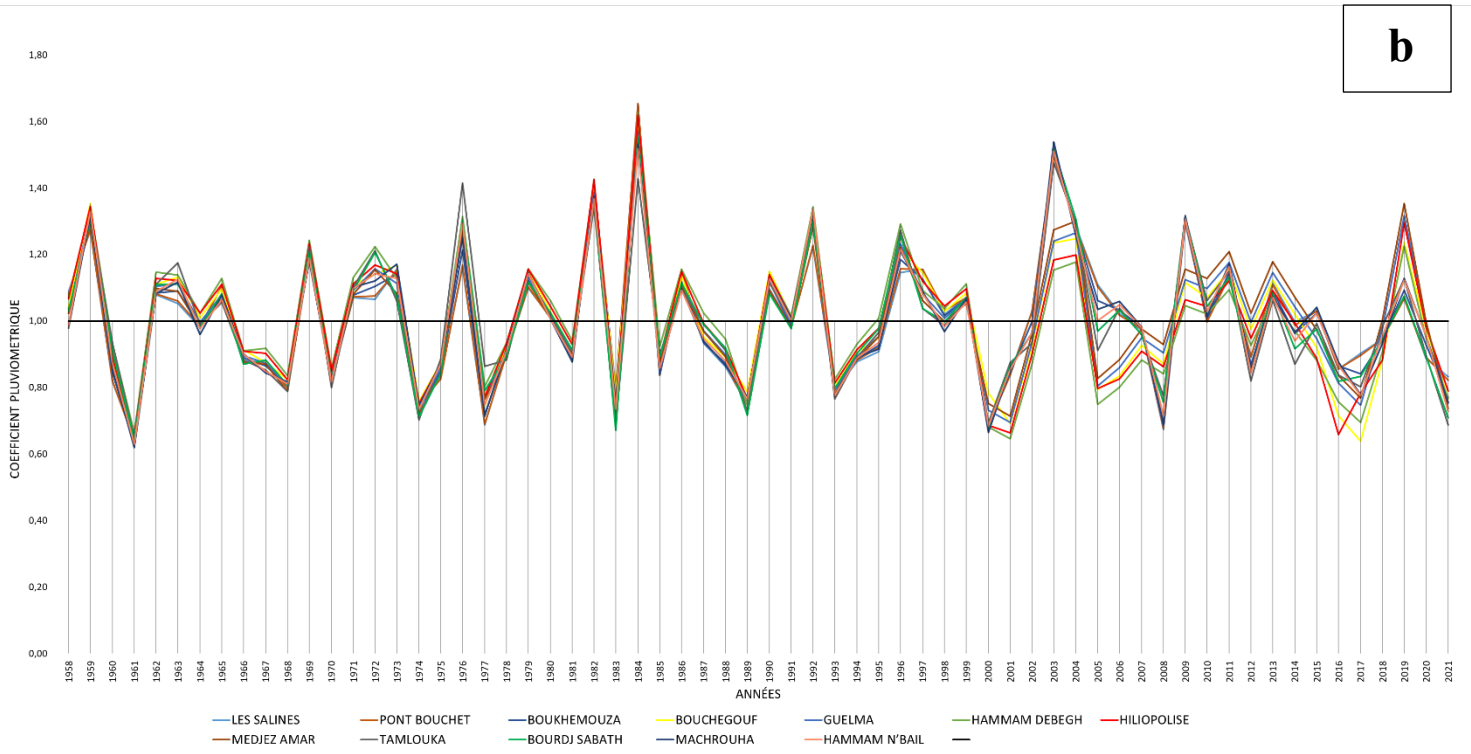


Figure III.3 (a et b) : Les variations du coefficient pluviométrique (Cp) aux stations.

3.1.2.4. Indice de précipitation standardisé :

L'indice de précipitations standardisé (SPI) est l'un des indices qui ont été présentés pour la détection et la surveillance de la sécheresse (McKee et al, 1993). C'est un indice efficace, convivial et facile à calculer. Le seul paramètre requis est les données de précipitations. De plus, il peut être utilisé aussi efficacement pendant les périodes humides que pendant les périodes sèches. Lors du calcul de l'indice SPI, au moins 20 à 30 ans de données mensuelles sont nécessaires ; cependant, idéalement, cette période devrait être supérieure à 50 ou 60 ans, voire plus, comme le suggère Guttman (1994), cette période étant optimale.

L'expression mathématique du SPI est telle que décrite par McKee et al. (1993)

$$SPI = \frac{(Pi - Pm)}{\delta}$$

L'indice SPI peut fournir des informations indiquant si les précipitations sont inférieures ou supérieures à la médiane, les valeurs positives indiquant des précipitations supérieures à la normale et les valeurs négatives indiquant des précipitations inférieures à la normale. Cet indice permet également de suivre les périodes humides et leur fréquence d'apparition, contribuant ainsi à suivre la répartition des précipitations dans le temps dans une région, quel que soit son type climatique.

McKee (1993) utilise la classification indiquée dans le tableau afin de définir l'intensité des sécheresses à l'aide du SPI.

Tableau III.8: Classe de sévérité de sécheresse selon (Mckee et al., 1993).

Valeurs de l'indice SPI	Type de sècheresse
2,0 et plus	Extrêmement humide
De 1,5 à 1,99	Très humide
De 1,0 à 1,49	Modérément humide
De -0,99 à 0,99	Normale
De -1,0 à -1,49	Modérément sec
De -1,5 à -1,99	Sévèrement sèche
-2 et moins	Extrêmement sèche

Tableau III.9 : Probabilité d'occurrence (Mckee et al., 1993).

Indice SPI	Catégorie	Nombre de fois sur 100 ans	Fréquence
de 0 à -0,99	Légère sécheresse	33	1 fois tous les 3 ans
de -1,00 à -1,49	Sécheresse modérée	10	1 fois tous les 10 ans
de -1,5 à -1,99	Grande sécheresse	05	1 fois tous les 20 ans
< -2,0	Sécheresse extrême	02	1 fois tous les 50 ans

- **Résultats et Discussions :**

- **Station les salines :**

L'indice pluviométrique standardisé à la station des salines montre une dominance des années Normale ; on observe aussi que l'indice SPI peut atteindre moins de (-1,892), ce qui explique l'existence des années de grande sècheresse 1961,1977, 2000, et l'année 2008. On constate des périodes humides 1959,1992, 2004 et des périodes très humides à extrêmement humides, 1982,2009, 1984,2003 ou l'indice SPI atteint (3.245).

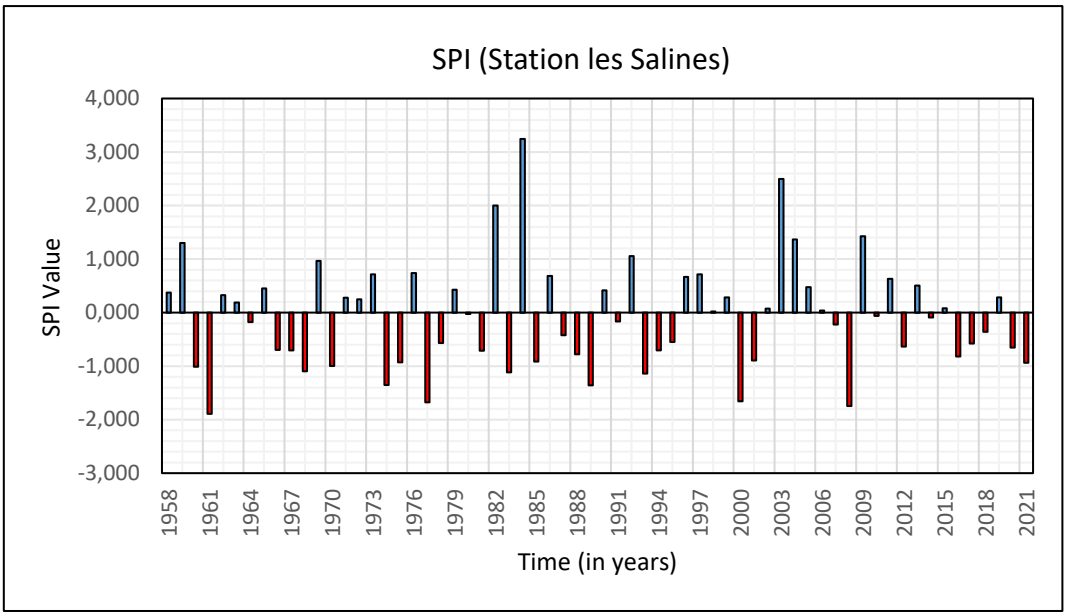


Figure III.4 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. les salines.

- **Station Pont Bouchet :**

Dans les années 1961, 1977, 2000,2008, les valeurs de l'indice pluviométrique standardisé au niveau de la station sont négatives et montrent des années sévèrement sèches. Les années 1959, 1992, 1982, 1984, 2003,2004 et 2009 sont des années humides à extrêmement humides, au reste de la série on remarque la dominance des années normales.

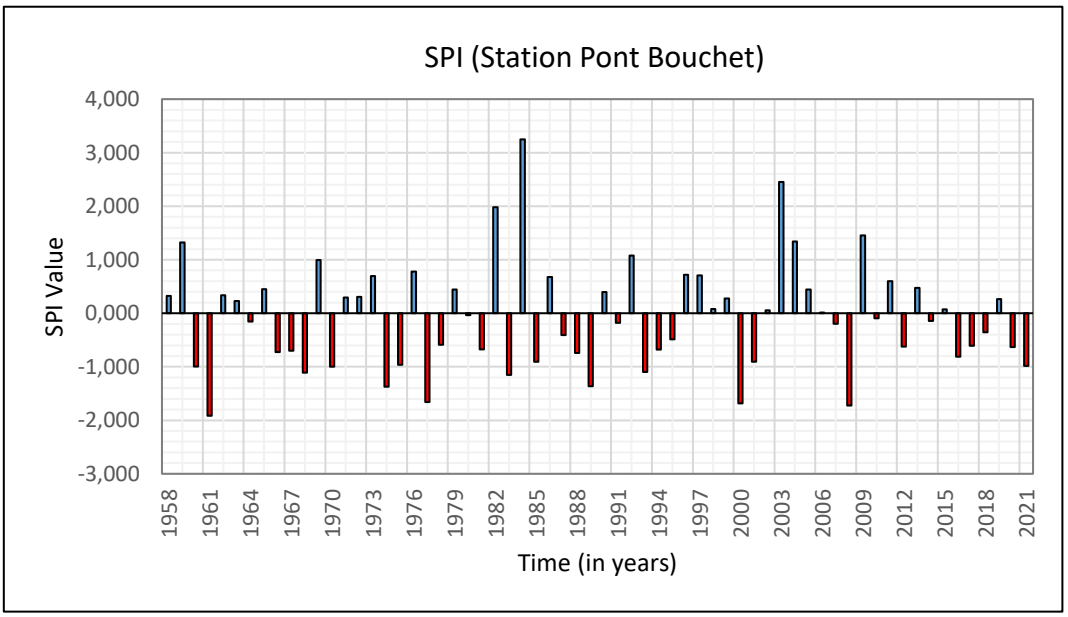


Figure III.5 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. Pont Bouchet.

- **Station de Boukhamouza :**

L'analyse de SPI dans la station de Boukhamouza indique une succession des années sèches et des années humides. Pondant la période de l'année 1958 jusqu'à 2009 on a une alternance des années modérément sèches, sévèrement sèches, normales, humides, très humides à extrêmement humides. On note les années sévèrement sèches 1961, 1964, 1977, 2000,2008 et les années extrêmement humides 1984, 2003. On remarque aussi durant la période de l'année 2010 jusqu'à 2021 on a des années normales à l'exception de l'année 2021 qui est modérément sèche.

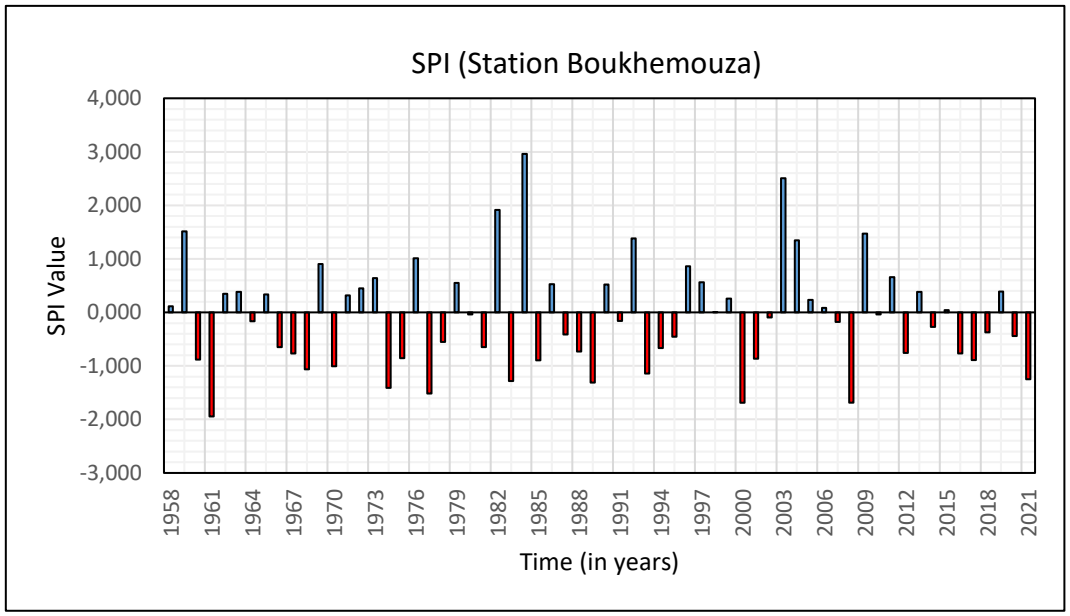


Figure III.6 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. Boukhemouza.

- **Station Bouchegouf :**

L'analyse des résultats de l'indice pluviométrique standardisé à la station de Bouchegouf renseigne que les années sévèrement sèches sont les années 1961, 2001,2016 et 2017, et les années très humides à extrêmement humides sont 1959, 1982, 1984,1992. Les autres années sont variées entre humides normales et modérément sèche.

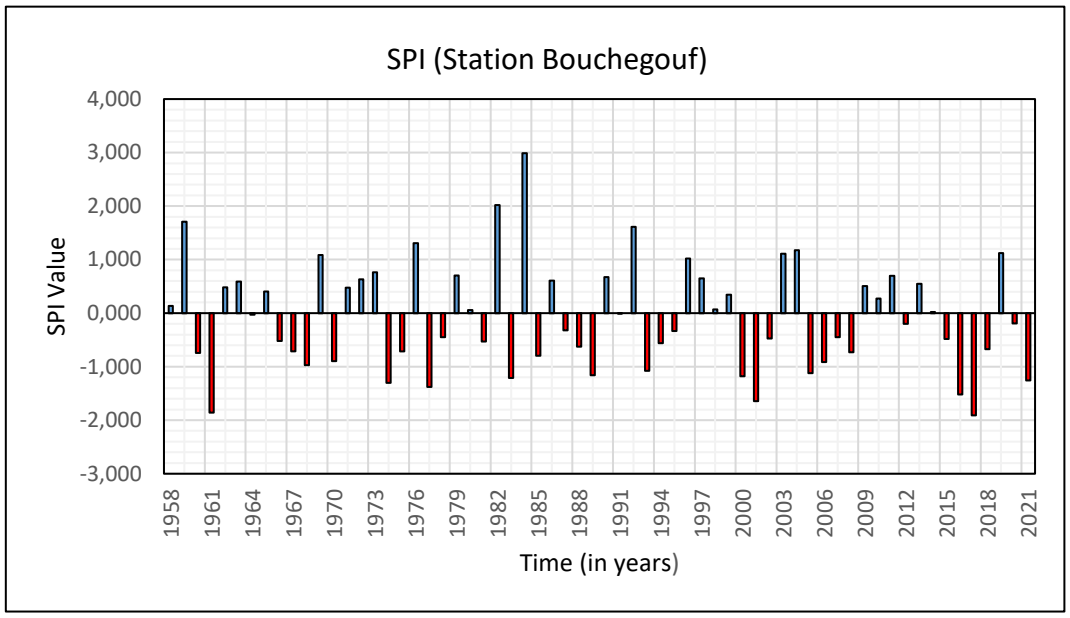


Figure III.7 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. Bouchegouf.

- **Station de Guelma :**

L'analyse de SPI dans la station de Guelma indique la dominance des années normales et modérément sèches, on note aussi que les années très humides à extrêmement humides sont 1959, 1981, 1984, 1992,2019 et les années sévèrement sèches sont 1961, 1983,2001.

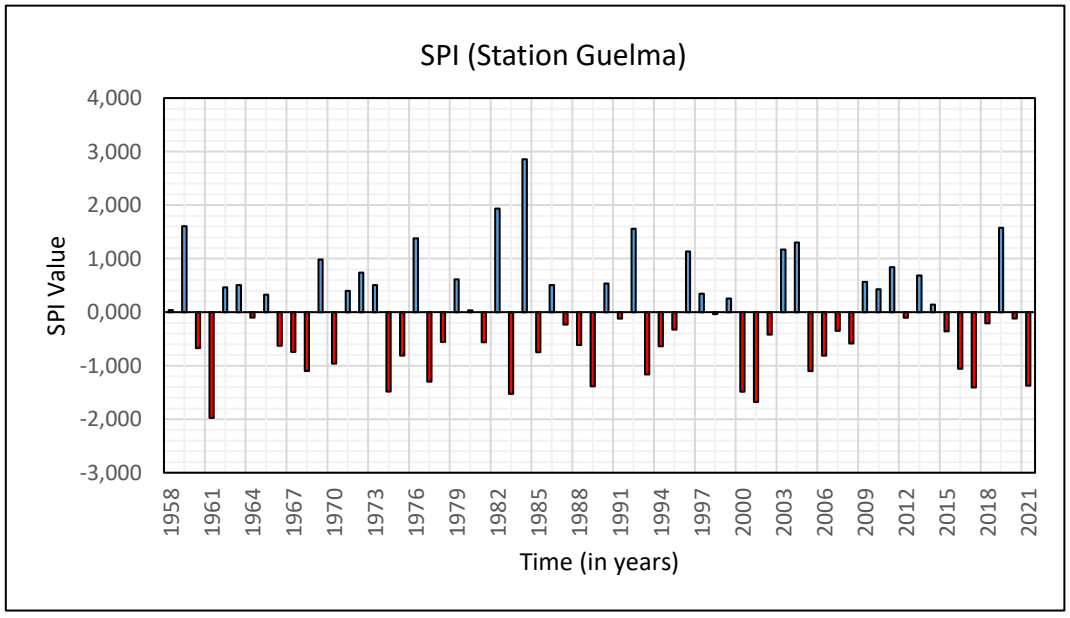


Figure III.8 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. Guelma.

- **Station Hammam Debegh :**

L'analyse des résultats de l'indice pluviométrique standardisé à la station de Hammam Debegh montre une dominance des années normales. On remarque également que les années 1995, 1996, 1972, 1976, 1982, 1984, 1992, 1996,2019 étaient humides à extrêmement humides. L'indice SPI peut atteindre moins de (-1.8), ce qui explique l'existence des années sévèrement sèche.

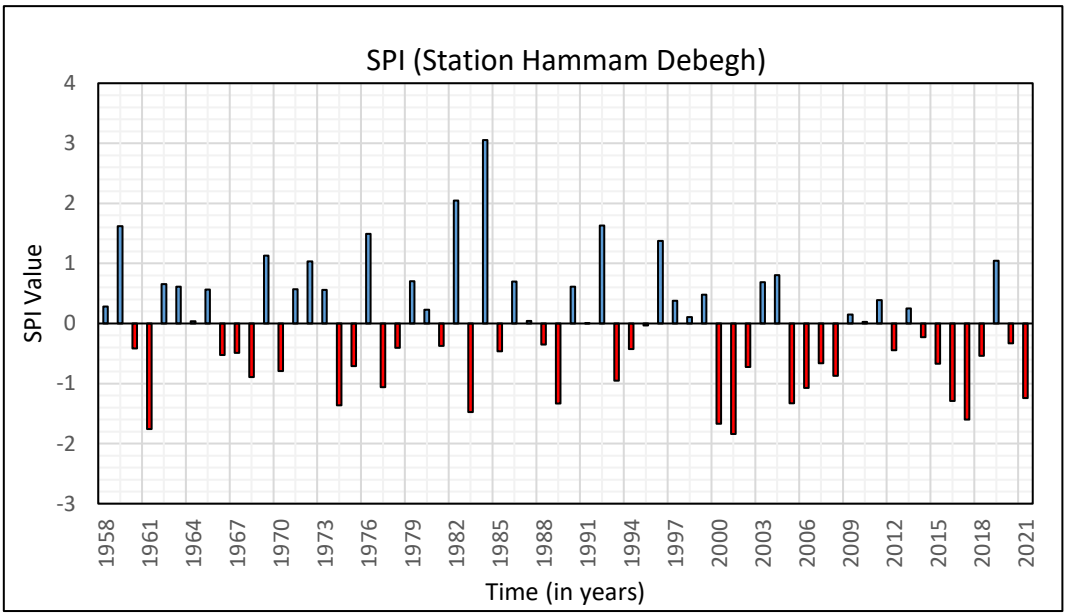


Figure III.9: Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. Hammam Debegh.

- **Station Héliopolis :**

Les valeurs de l'indice pluviométrique standardisé au niveau de la station Héliopolis montrent des années extrêmement humides 1982 et 1984, et des années sévèrement sèches 1961, 2000, 2001,2016. On remarque la dominance des années normales.

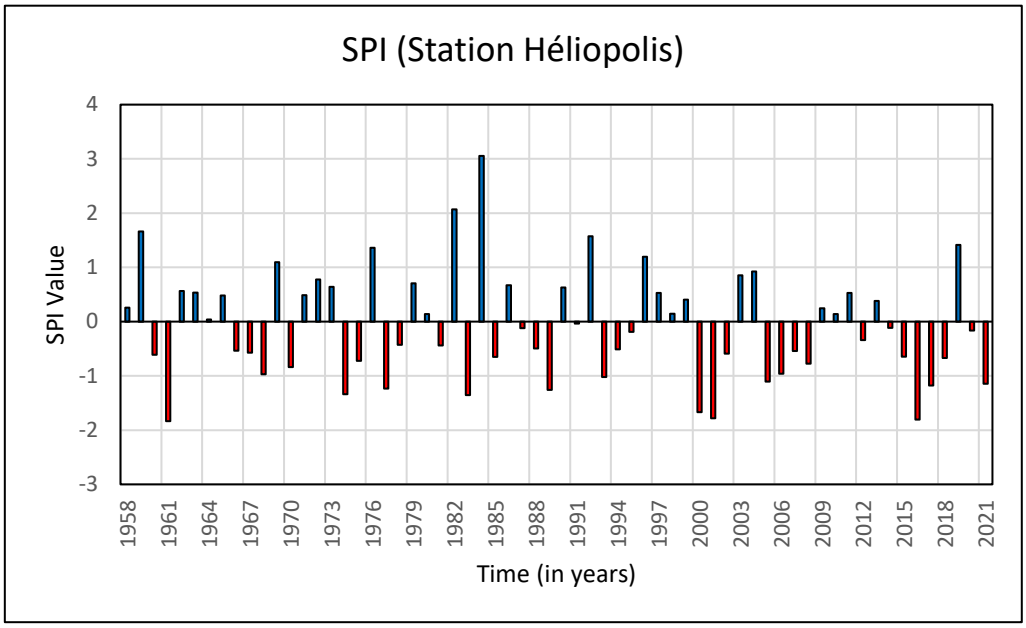


Figure III.10 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. Héliopolis.

- **Station Mdjez Amar :**

On observe que l'indice SPI peut atteindre moins de (-2), ce qui explique l'existence des années de grande sècheresse, 1961, 1974, 1983, 2001. Pendant les années 1959, 1976, 1982, 1984, 1992, 1996, 2003, 2004, 2011,2019, on constate des années humides, très humides à extrêmement humides. Alors que les autres années, on remarque un assèchement des conditions climatiques.

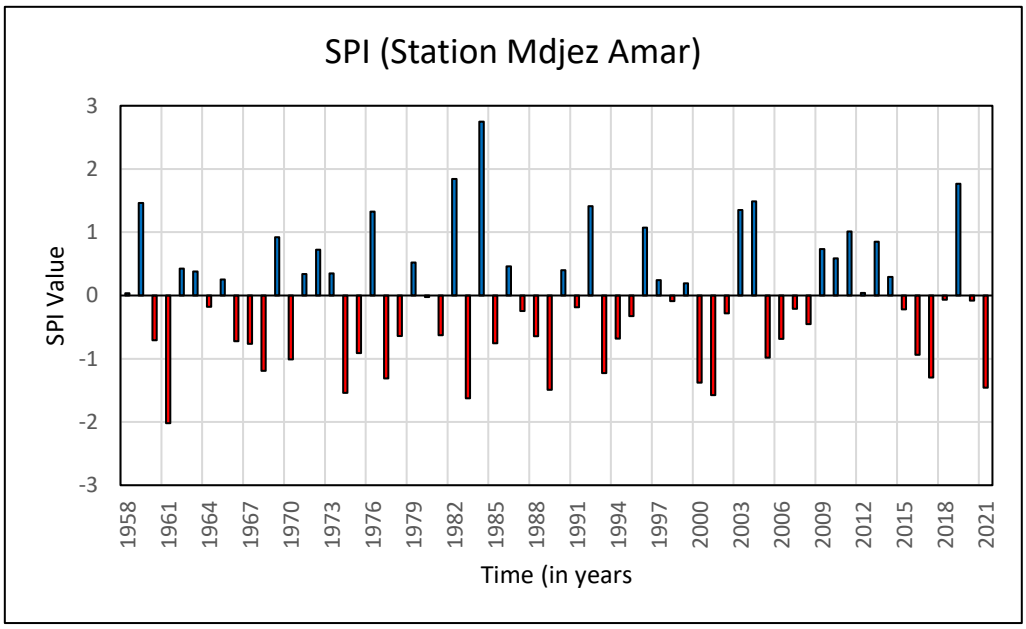


Figure III.11 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. Mdjez Amar.

- **Station Tamelouka :**

On constate des années modérément sèches à sévèrement sèches,1961,1974,1983,2000, 2021.Alors que les années 1958,1976,1982,1984,2003,2009, sont des années très humides à extrêmement humides.

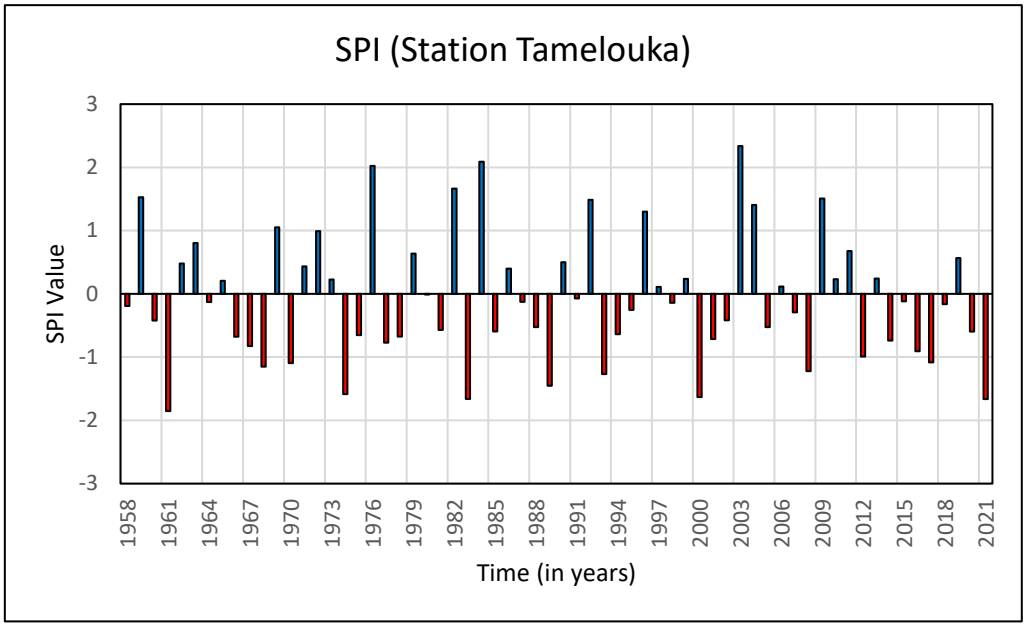


Figure III.12 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI) de la S. Tamelouka.

- **Station Bordj Sabath :**

L'analyse de l'indice pluviométrique standardisé à la station de Bordj Sabath montre une dominance des années normales. On observe des années extrêmement humides 1982, 1984, 2003,2009. On distingue aussi des années sévèrement sèches, 1961, 1974, 1983,1989, 2000,2021.

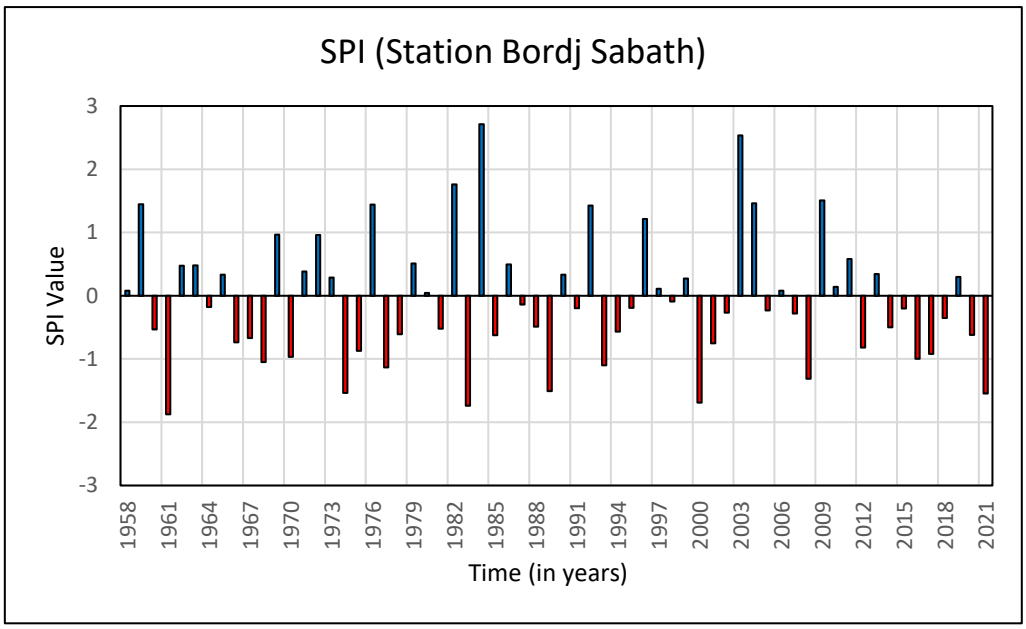


Figure III.13 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. Bordj Sabath.

- **Station machroha :**

L'analyse des résultats de SPI à la station de Machroha indique que la majorité des années sont normales, les valeurs de l'indice pluviométrique standardisé correspondent aux années suivantes : 1969, 1976, 1982, 1983, 1984, 1992, 2003, 2004,2009 montre que ce sont des années humides, très humide à extrêmement. Alors que les années 1961, 1977, 2000,2008 sévèrement sèches.

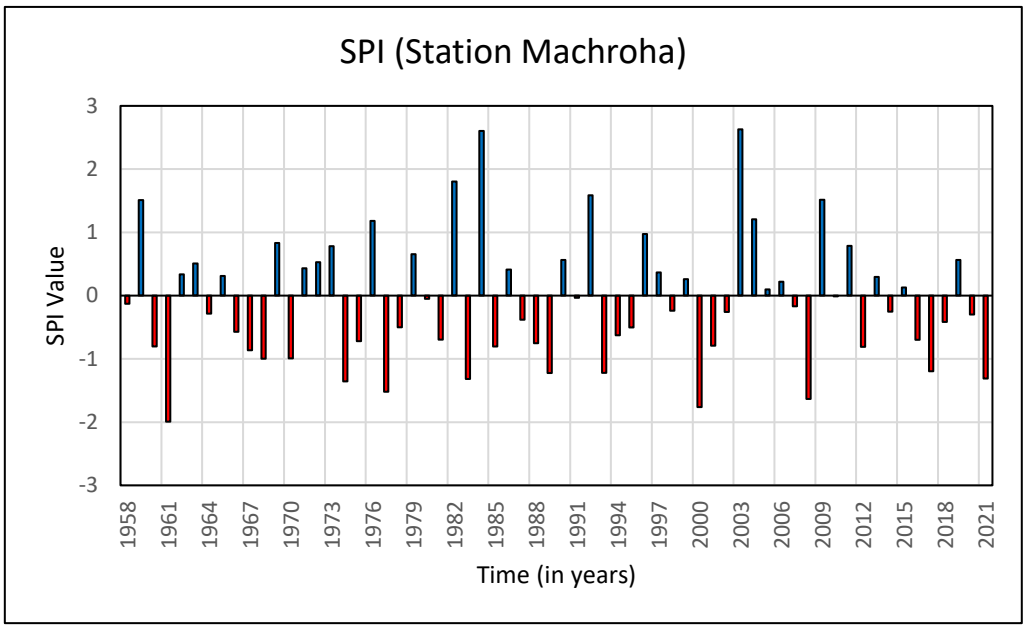


Figure III.14 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI)de la S. les salines.

- **Station hammam n'bail :**

L'analyse de SPI au niveau de la station de hammam n'bail indique un héritage des années sèches et des années humides, on note des années sévèrement sèches 1961, 2000,2008, alors que les années 1984,2003 sont considérées comme des années extrêmement humides.

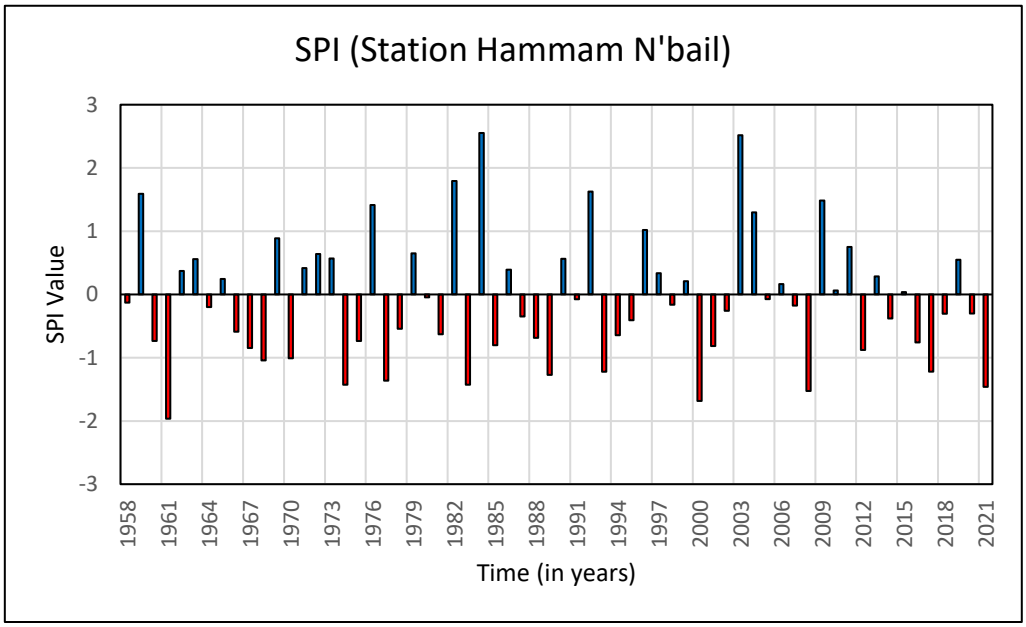


Figure III.15 : Valeurs d'indice de précipitations standardisé (SPI) de la S. Hammam N'bail.

En utilisant les seuils de sécheresse présentés ci-dessous (Tableaux III.10.), on a pu déterminer pour chacune des stations étudiées les fréquences des années sèches, normales et humides durant la période étudiée au niveau des 12 stations.

Tableau III.10 : Probabilité d'occurrence de chaque catégorie pour les douze stations du bassin versant Seybouse au cours de la période (1958-2021).

LES SALINES				
Indice SPI	Catégorie	Nombre d'années	Nombre de fois sur 100 ans	Fréquence
2 < SPI	Humidité extrême	2	3	1 fois tous les 32 ans
1,5 < SPI < 1,99	Humidité sévère	2	3	1 fois tous les 32 ans
1 < SPI < 1,49	Humidité modérée	3	5	1 fois tous les 21 ans
- 0,99 <SPI <0,99	Normale	46	72	1 fois tous les 2 ans
- 1< SPI <-1,49	Sécheresse modérée	4	6	1 fois tous les 16 ans
- 1,5 < SPI <- 1,99	Sécheresse Forte	7	11	1 fois tous les 9 ans
SPI <-2	Sécheresse extrême	0	0	pas d'occurrence
PONT BOUCHET				
Indice SPI	Catégorie	Nombre d'années	Nombre de fois sur 100 ans	Fréquence
2 < SPI	Humidité extrême	2	3	1 fois tous les 32 ans
1,5< SPI < 1,99	Humidité sévère	1	2	1 fois tous les 64 ans
1< SPI < 1,49	Humidité modérée	4	6	1 fois tous les 16 ans
- 0,99 <SPI <0,99	Normale	48	75	1 fois tous les 2 ans
- 1 < SPI <-1,49	Sécheresse modérée	5	8	1 fois tous les 13 ans
- 1,5< SPI< - 1,99	Sécheresse Forte	4	6	1 fois tous les 16 ans
SPI < -2	Sécheresse extrême	0	0	pas d'occurrence

BOUKHAMOUZA				
Indice SPI	Catégorie	Nombre d'années	Nombre de fois sur 100 ans	Fréquence
2 < SPI	Humidité extrême	2	3	1 fois tous les 32 ans
1,5 < SPI <1,99	Humidité sévère	2	3	1 fois tous les 64 ans
1 < SPI < 1,49	Humidité modérée	3	5	1 fois tous les 16 ans
- 0,99 < SPI < 0,99	Normale	42	66	1 fois tous les 2 ans
- 1< SPI< -1,49	Sécheresse modérée	10	16	1 fois tous les 13 ans
- 1,5 < SPI < - 1,99	Sécheresse Forte	5	8	1 fois tous les 16 ans
SPI <-2	Sécheresse extrême	0	0	pas d'occurrence

BOUCHEGOUF				
Indice SPI	Catégorie	Nombre d'années	Nombre de fois sur 100 ans	Fréquence
2 < SPI	Humidité extrême	2	3	1 fois tous les 32 ans
1,5 < SPI < 1,99	Humidité sévère	2	3	1 fois tous les 32 ans
1< SPI < 1,49	Humidité modérée	6	9	1 fois tous les 11 ans
- 0,99 < SPI < 0,99	Normale	42	66	1 fois tous les 2 ans
- 1< SPI < -1,49	Sécheresse modérée	8	13	1 fois tous les 8 ans
- 1,5< SPI < - 1,99	Sécheresse Forte	4	6	1 fois tous les 16 ans
SPI < -2	Sécheresse extrême	0	0	pas d'occurrence

GUELMA				
Indice SPI	Catégorie	Nombre d'années	Nombre de fois sur 100 ans	Fréquence
2 < SPI	Humidité extrême	1	2	1 fois tous les 32 ans
1,5 < SPI < 1,99	Humidité sévère	4	6	1 fois tous les 64 ans
1 < SPI <1,49	Humidité modérée	4	6	1 fois tous les 16 ans
- 0,99 < SPI < 0,99	Normale	42	66	1 fois tous les 2 ans
- 1 < SPI < -1,49	Sécheresse modérée	10	16	1 fois tous les 13 ans
- 1,5 < SPI < - 1,99	Sécheresse Forte	3	5	1 fois tous les 16 ans
SPI < -2	Sécheresse extrême	0	0	pas d'occurrence

HAMMAM DEBEGH				
Indice SPI	Catégorie	Nombre d'années	Nombre de fois sur 100 ans	Fréquence
2 < SPI	Humidité extrême	2	3	1 fois tous les 32 ans
1,5 < SPI < 1,99	Humidité sévère	2	3	1 fois tous les 32 ans
1 < SPI < 1,49	Humidité modérée	5	8	1 fois tous les 13 ans
- 0,99 < SPI < 0,99	Normale	43	67	1 fois tous les 2 ans
- 1 < SPI < -1,49	Sécheresse modérée	8	13	1 fois tous les 8 ans
- 1,5 < SPI< - 1,99	Sécheresse Forte	4	6	1 fois tous les 16 ans
SPI <-2	Sécheresse extrême	0	0	pas d'occurrence

HELIOPOLIS				
Indice SPI	Catégorie	Nombre d'années	Nombre de fois sur 100 ans	Fréquence
2 < SPI	Humidité extrême	2	3	1 fois tous les 32 ans
1,5< SPI <1,99	Humidité sévère	2	3	1 fois tous les 32 ans
1 < SPI < 1,49	Humidité modérée	5	8	1 fois tous les 13 ans
- 0,99 < SPI < 0,99	Normale	48	75	1 fois tous les 2 ans
- 1 < SPI < -1,49	Sécheresse modérée	7	11	1 fois tous les 9 ans
- 1,5 < SPI < - 1,99	Sécheresse Forte	4	6	1 fois tous les 16 ans
SPI < -2	Sécheresse extrême	0	0	pas d'occurrence

MDJEZ AMAR				
Indice SPI	Catégorie	Nombre d'années	Nombre de fois sur 100 ans	Fréquence
2 < SPI	Humidité extrême	1	2	1 fois tous les 64 ans
1,5 < SPI < 1,99	Humidité sévère	2	3	1 fois tous les 32 ans
1 < SPI < 1,49	Humidité modérée	7	11	1 fois tous les 9 ans
- 0,99 < SPI < 0,99	Normale	42	66	1 fois tous les 2 ans
- 1 < SPI < -1,49	Sécheresse modérée	8	13	1 fois tous les 8 ans
- 1,5 < SPI < - 1,99	Sécheresse Forte	3	5	1 fois tous les 21 ans
SPI < -2	Sécheresse extrême	1	2	pas d'occurrence

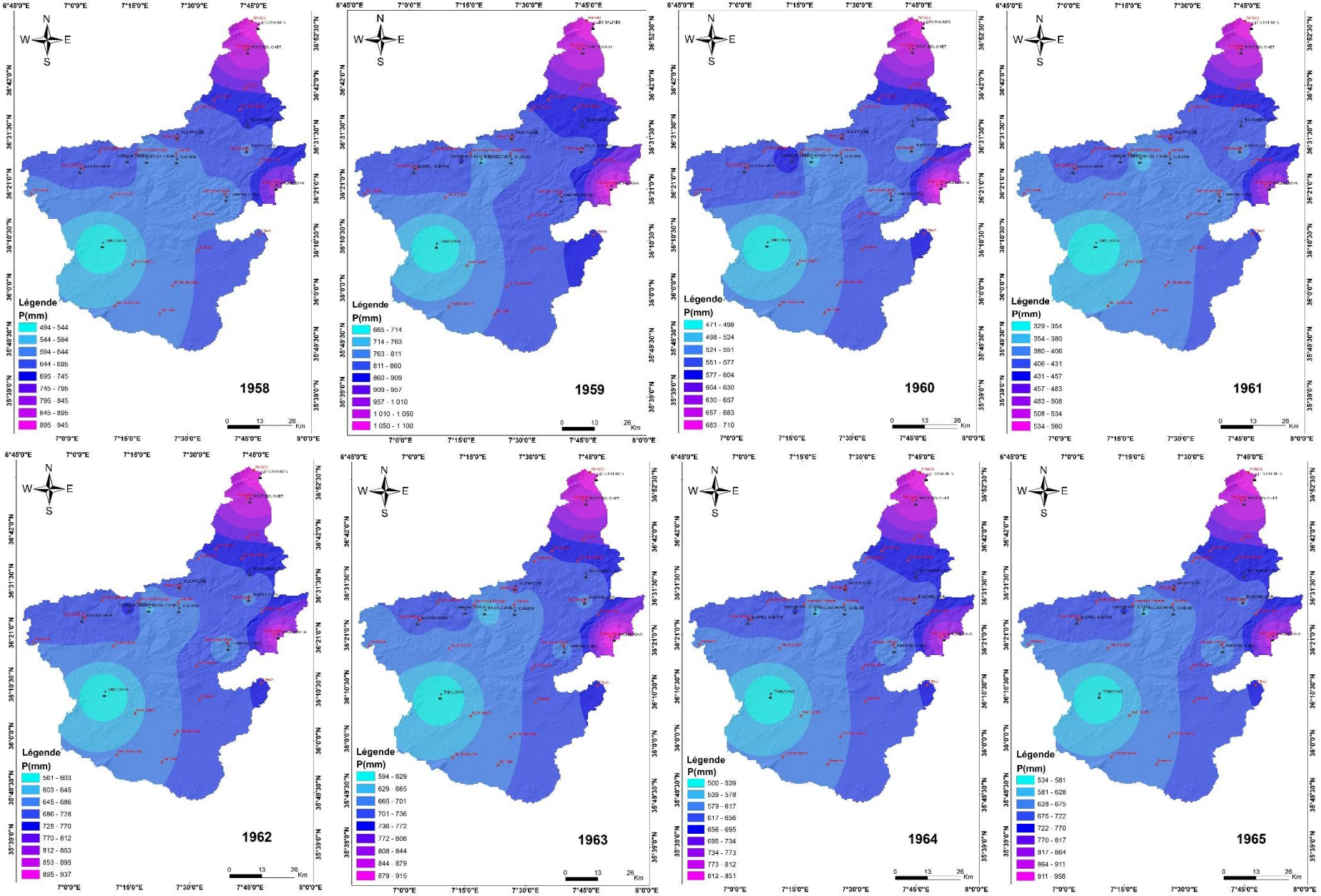
TAMELOUKA				
Indice SPI	Catégorie	Nombre d'années	Nombre de fois sur 100 ans	Fréquence
2 < SPI	Humidité extrême	3	5	1 fois tous les 21 ans
1,5< SPI < 1,99	Humidité sévère	3	5	1 fois tous les 21 ans
1< SPI <1,49	Humidité modérée	4	6	1 fois tous les 16 ans
- 0,99 < SPI < 0,99	Normale	43	67	1 fois tous les 2 ans
- 1 < SPI < -1,49	Sécheresse modérée	6	9	1 fois tous les 11 ans
- 1,5< SPI < - 1,99	Sécheresse Forte	5	8	1 fois tous les 13 ans
SPI < -2	Sécheresse extrême	0	0	pas d'occurrence

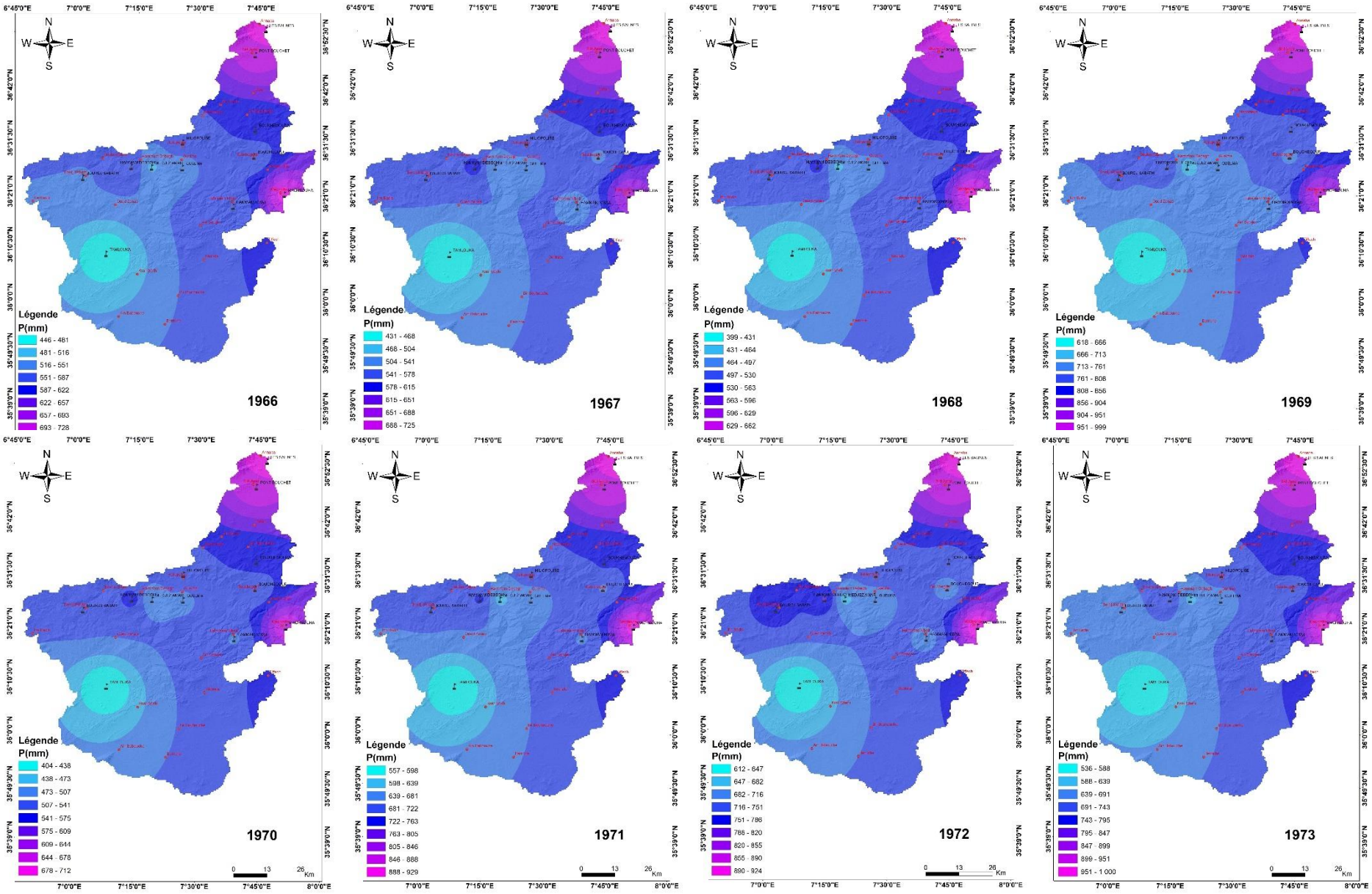
BORDJ SABATH				
Indice SPI	Catégorie	Nombre d'années	Nombre de fois sur 100 ans	Fréquence
2<SPI	Humidité extrême	2	3	1 fois tous les 32 ans
1,5<SPI<1,99	Humidité sévère	3	5	1 fois tous les 21 ans
1<SPI<1,49	Humidité modérée	2	3	1 fois tous les 32 ans
- 0,99<SPI<0,99	Normale	47	73	1 fois tous les 2 ans
- 1<SPI<-1,49	Sécheresse modérée	6	9	1 fois tous les 11 ans
- 1,5<SPI<- 1,99	Sécheresse Forte	4	6	1 fois tous les 16 ans
SPI <-2	Sécheresse extrême	0	0	pas d'occurrence

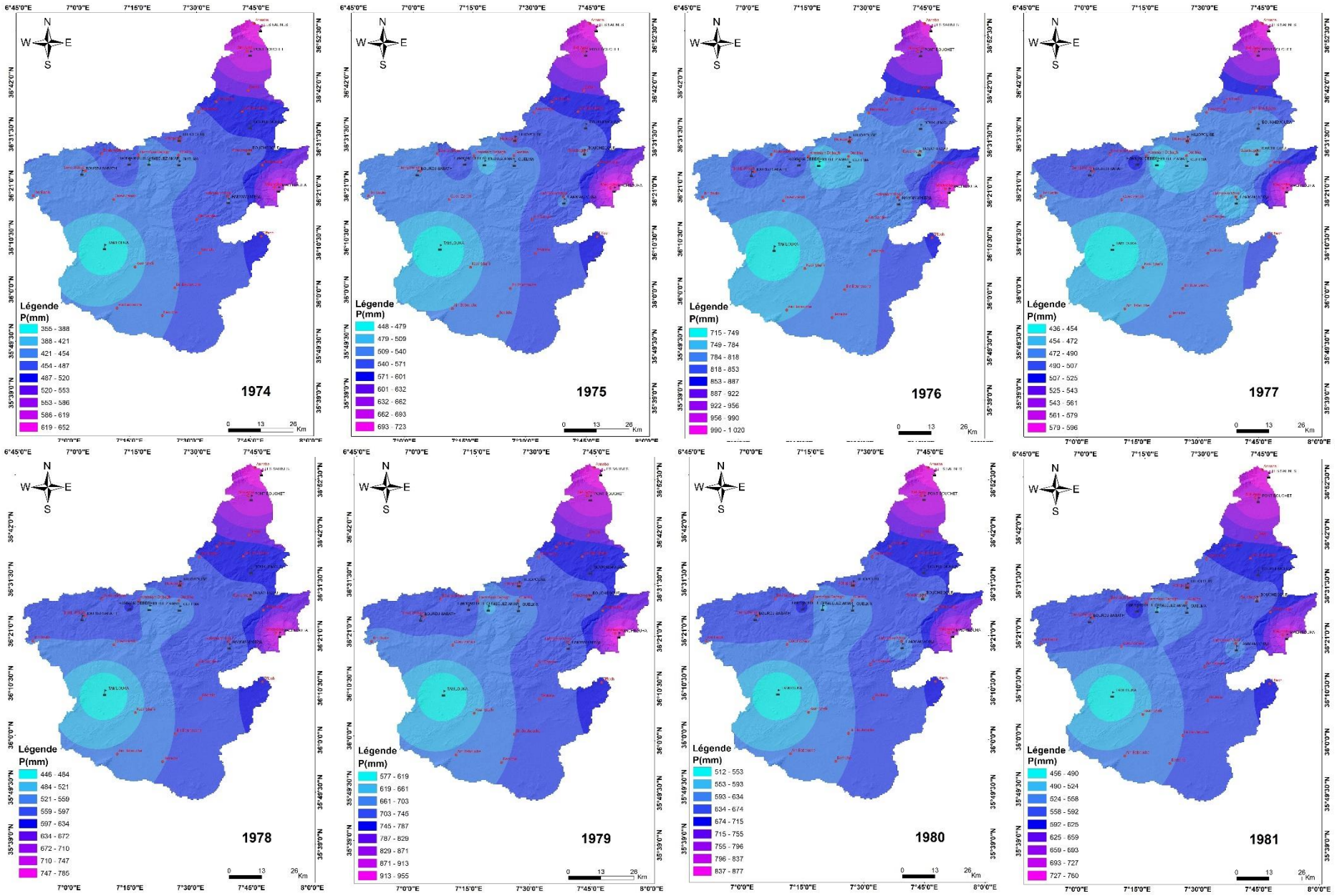
MACHROHA				
Indice SPI	Catégorie	Nombre d'années	Nombre de fois sur 100 ans	Fréquence
2<SPI	Humidité extrême	2	3	1 fois tous les 32 ans
1,5<SPI<1,99	Humidité sévère	3	5	1 fois tous les 21 ans
1<SPI<1,49	Humidité modérée	2	3	1 fois tous les 32 ans
- 0,99<SPI<0,99	Normale	47	73	1 fois tous les 2 ans
- 1<SPI<-1,49	Sécheresse modérée	6	9	1 fois tous les 11 ans
- 1,5<SPI<- 1,99	Sécheresse Forte	4	6	1 fois tous les 16 ans
SPI <-2	Sécheresse extrême	0	0	pas d'occurrence

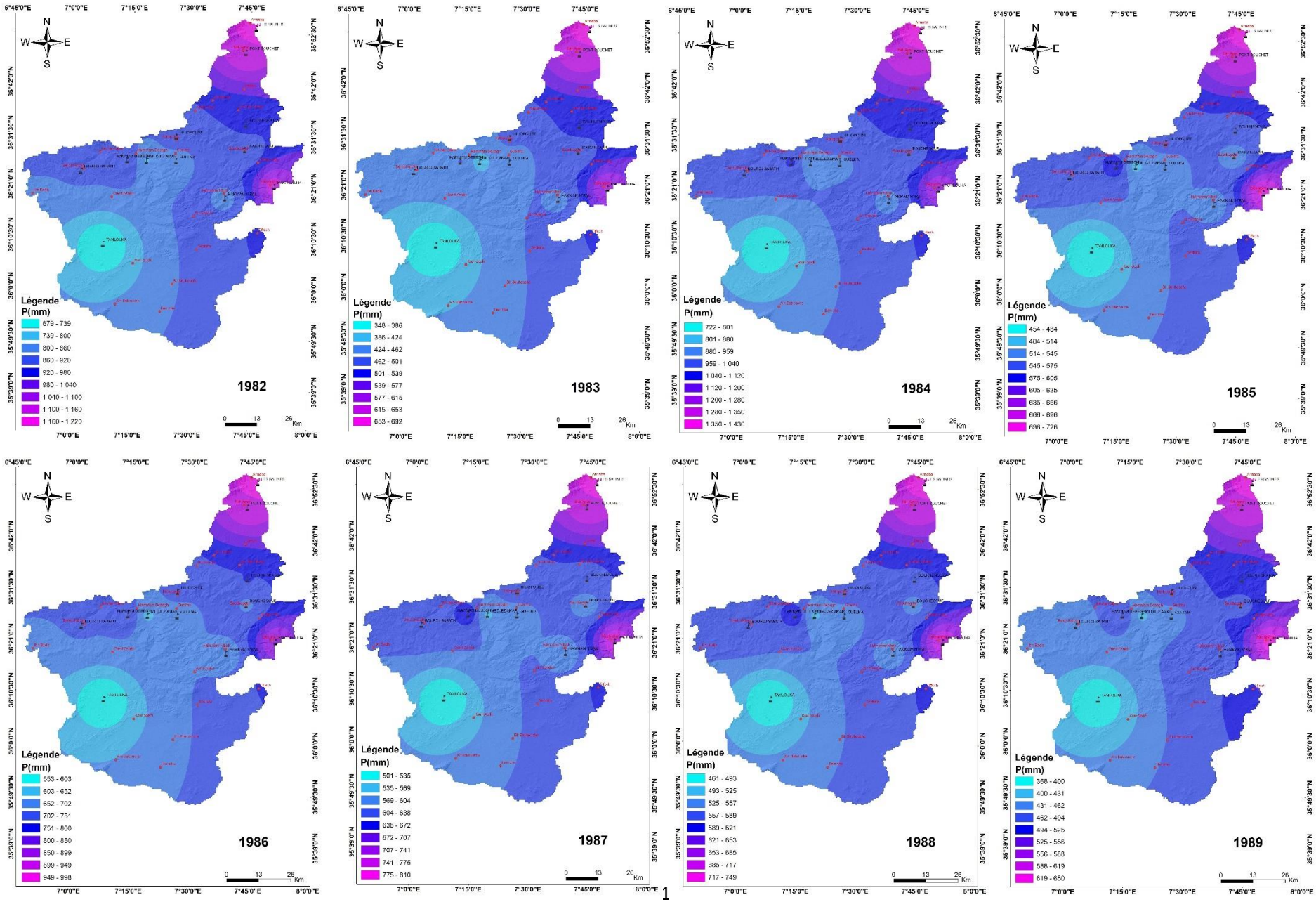
HAMMAM N'BAIL				
Indice SPI	Catégorie	Nombre d'années	Nombre de fois sur 100 ans	Fréquence
2<SPI	Humidité extrême	2	3	1 fois tous les 32 ans
1,5<SPI<1,99	Humidité sévère	2	3	1 fois tous les 32 ans
1<SPI<1,49	Humidité modérée	5	8	1 fois tous les 13 ans
- 0,99<SPI<0,99	Normale	39	61	1 fois tous les 2 ans
- 1<SPI<-1,49	Sécheresse modérée	9	14	1 fois tous les 7 ans
- 1,5<SPI<- 1,99	Sécheresse Forte	3	5	1 fois tous les 21 ans
SPI <-2	Sécheresse extrême	0	0	pas d'occurrence

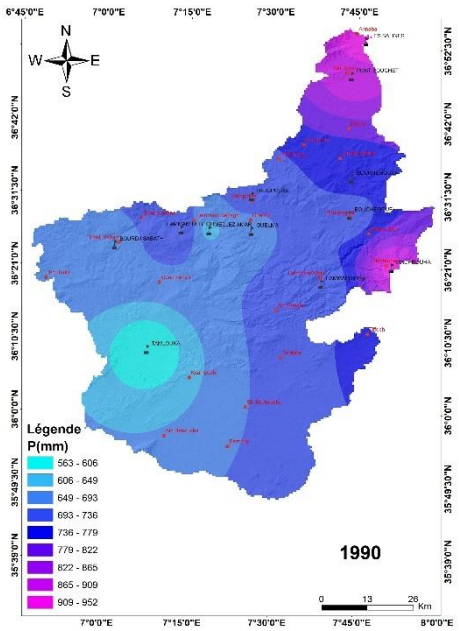
Figure III.16: Répartition spatiale des précipitations moyennes annuelles.

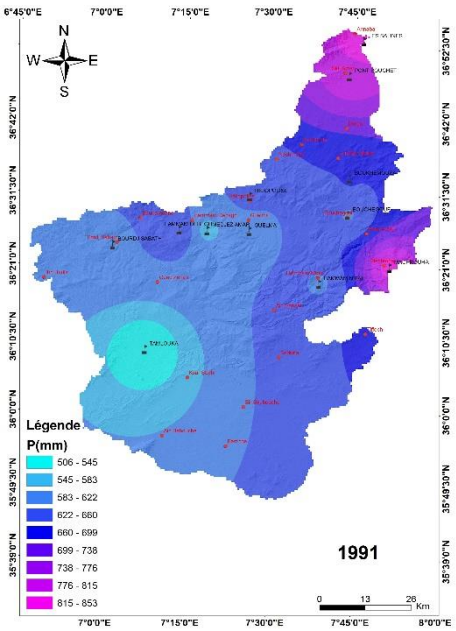

1958
Légende
P(mm)
494 - 544
544 - 594
594 - 644
644 - 695
695 - 745
745 - 795
795 - 845
845 - 895
895 - 945
1959
Légende
P(mm)
665 - 714
714 - 763
763 - 811
811 - 860
860 - 909
909 - 957
957 - 1 010
1 010 - 1 050
1 050 - 1 100
1960
Légende
P(mm)
471 - 498
498 - 524
524 - 551
551 - 577
577 - 604
604 - 630
630 - 657
657 - 683
683 - 710
1961
Légende
P(mm)
329 - 354
354 - 380
380 - 406
406 - 431
431 - 457
457 - 483
483 - 508
508 - 534
534 - 560
1962
Légende
P(mm)
561 - 603
603 - 645
645 - 686
686 - 728
728 - 770
770 - 812
812 - 853
853 - 895
895 - 937
1963
Légende
P(mm)
594 - 629
629 - 665
665 - 701
701 - 736
736 - 772
772 - 808
808 - 844
844 - 879
879 - 915
1964
Légende
P(mm)
500 - 539
539 - 578
579 - 617
617 - 656
656 - 695
695 - 734
734 - 773
773 - 812
812 - 851
1965
Légende
P(mm)
534 - 581
581 - 628
628 - 675
675 - 722
722 - 770
770 - 817
817 - 864
864 - 911
911 - 958

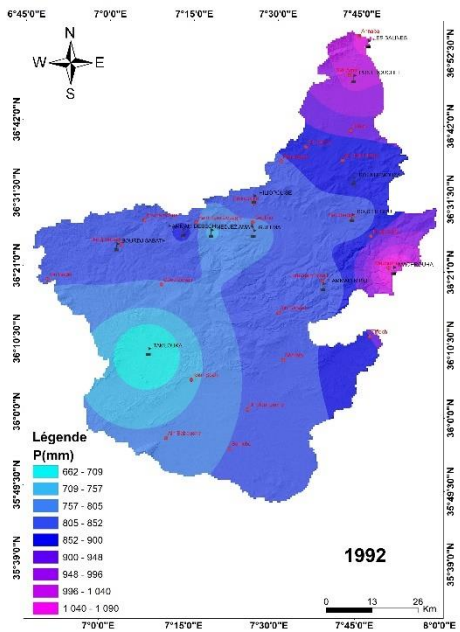

1966
Légende
P(mm)
446 - 481
481 - 516
516 - 551
551 - 587
587 - 622
622 - 657
657 - 693
693 - 728
1967
Légende
P(mm)
431 - 468
468 - 504
504 - 541
541 - 578
578 - 615
615 - 651
651 - 688
688 - 725
1968
Légende
P(mm)
399 - 431
431 - 464
464 - 497
497 - 530
530 - 563
563 - 596
596 - 629
629 - 662
1969
Légende
P(mm)
618 - 666
666 - 713
713 - 761
761 - 808
808 - 856
856 - 904
904 - 951
951 - 999
1970
Légende
P(mm)
404 - 438
438 - 473
473 - 507
507 - 541
541 - 575
575 - 609
609 - 644
644 - 678
678 - 712
1971
Légende
P(mm)
557 - 598
598 - 639
639 - 681
681 - 722
722 - 763
763 - 805
805 - 846
846 - 888
888 - 929
1972
Légende
P(mm)
612 - 647
647 - 682
682 - 716
716 - 751
751 - 786
786 - 820
820 - 855
855 - 890
890 - 924
1973
Légende
P(mm)
536 - 588
588 - 639
639 - 691
691 - 743
743 - 795
795 - 847
847 - 899
899 - 951
951 - 1 000
N
S
W
E
0 13 26 Km

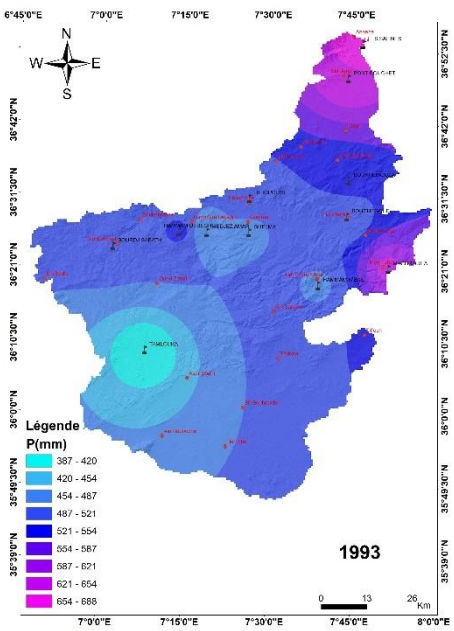

1974
Légende
P(mm)
355 - 388
388 - 421
421 - 454
454 - 487
487 - 520
520 - 553
553 - 586
586 - 619
619 - 652
1975
Légende
P(mm)
448 - 479
479 - 509
509 - 540
540 - 571
571 - 601
601 - 632
632 - 662
662 - 693
693 - 723
1976
Légende
P(mm)
715 - 749
749 - 784
784 - 818
818 - 853
853 - 887
887 - 922
922 - 956
956 - 990
990 - 1 020
1977
Légende
P(mm)
436 - 454
454 - 472
472 - 490
490 - 507
507 - 525
525 - 543
543 - 561
561 - 579
579 - 596
1978
Légende
P(mm)
446 - 484
484 - 521
521 - 559
559 - 597
597 - 634
634 - 672
672 - 710
710 - 747
747 - 785
1979
Légende
P(mm)
577 - 619
619 - 661
661 - 703
703 - 745
745 - 787
787 - 829
829 - 871
871 - 913
913 - 955
1980
Légende
P(mm)
512 - 553
553 - 593
593 - 634
634 - 674
674 - 715
715 - 755
755 - 796
796 - 837
837 - 877
1981
Légende
P(mm)
456 - 490
490 - 524
524 - 558
558 - 592
592 - 625
625 - 659
659 - 693
693 - 727
727 - 760

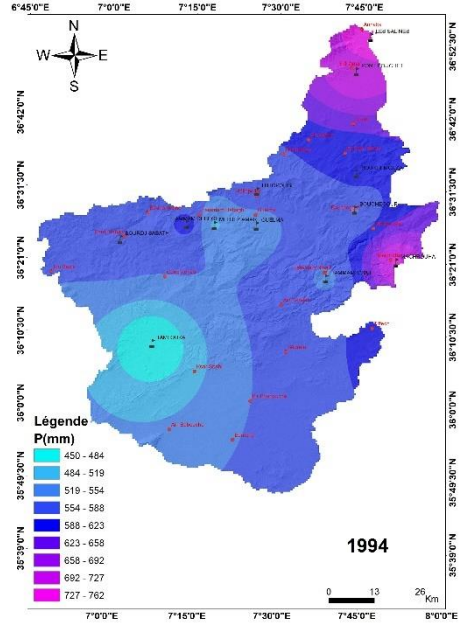

1982
Légende
P(mm)
679 - 739
739 - 800
800 - 860
860 - 920
920 - 980
980 - 1 040
1 040 - 1 100
1 100 - 1 160
1 160 - 1 220
1983
Légende
P(mm)
348 - 386
386 - 424
424 - 462
462 - 501
501 - 539
539 - 577
577 - 615
615 - 653
653 - 692
1984
Légende
P(mm)
722 - 801
801 - 880
880 - 959
959 - 1 040
1 040 - 1 120
1 120 - 1 200
1 200 - 1 280
1 280 - 1 360
1 360 - 1 430
1985
Légende
P(mm)
454 - 484
484 - 514
514 - 545
545 - 575
575 - 605
605 - 635
635 - 666
666 - 696
696 - 726
1986
Légende
P(mm)
553 - 603
603 - 652
652 - 702
702 - 751
751 - 800
800 - 850
850 - 899
899 - 949
949 - 998
1987
Légende
P(mm)
501 - 535
535 - 569
569 - 604
604 - 638
638 - 672
672 - 707
707 - 741
741 - 775
775 - 810
1988
Légende
P(mm)
461 - 493
493 - 525
525 - 557
557 - 589
589 - 621
621 - 653
653 - 685
685 - 717
717 - 749
1989
Légende
P(mm)
368 - 400
400 - 431
431 - 462
462 - 494
494 - 525
525 - 556
556 - 588
588 - 619
619 - 650

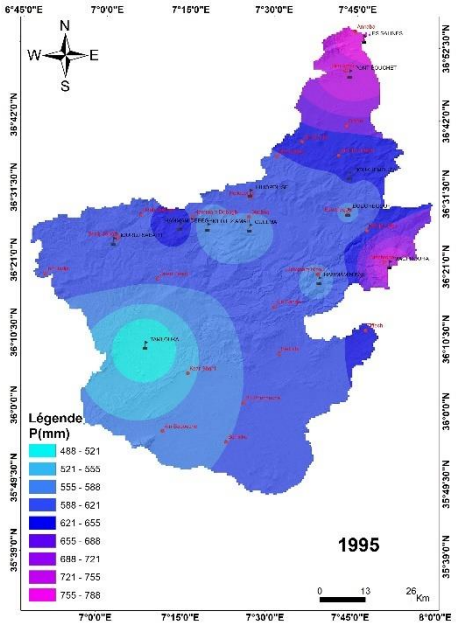

Légende
P(mm)
563 - 606
606 - 649
649 - 693
693 - 736
736 - 779
779 - 822
822 - 865
865 - 909
909 - 952
1990

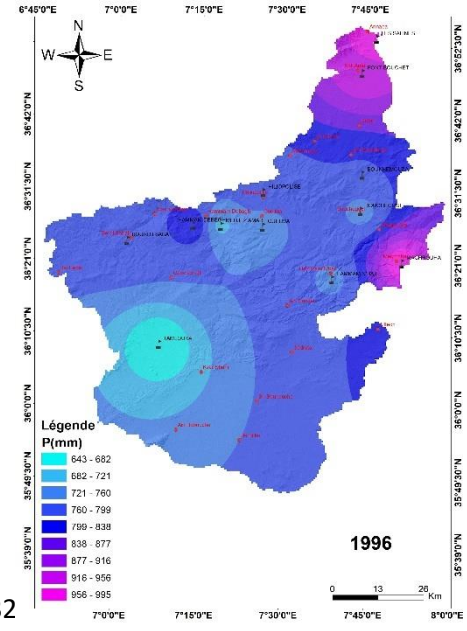

Légende
P(mm)
506 - 545
545 - 583
583 - 622
622 - 660
660 - 699
699 - 738
738 - 776
776 - 815
815 - 853
1991

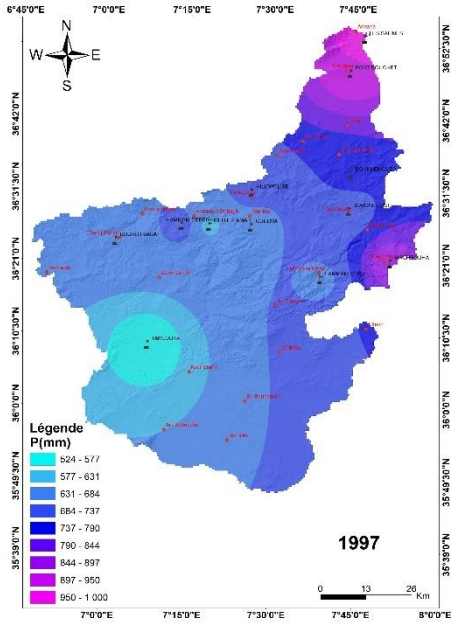

Légende
P(mm)
662 - 709
709 - 757
757 - 805
805 - 852
852 - 900
900 - 948
948 - 996
996 - 1 040
1 040 - 1 090
1992

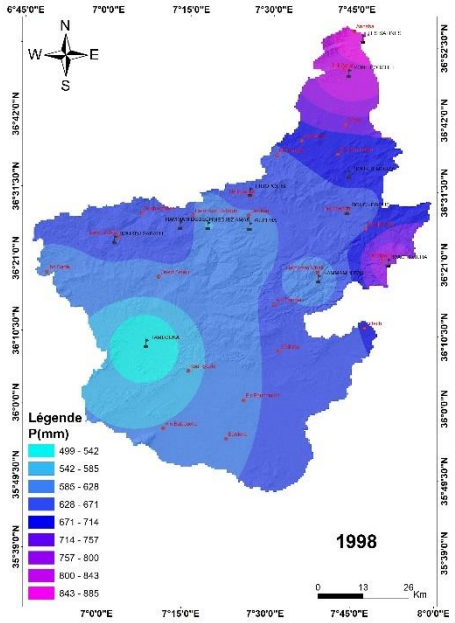

Légende
P(mm)
387 - 420
420 - 454
454 - 487
487 - 521
521 - 554
554 - 587
587 - 621
621 - 654
654 - 688
1993

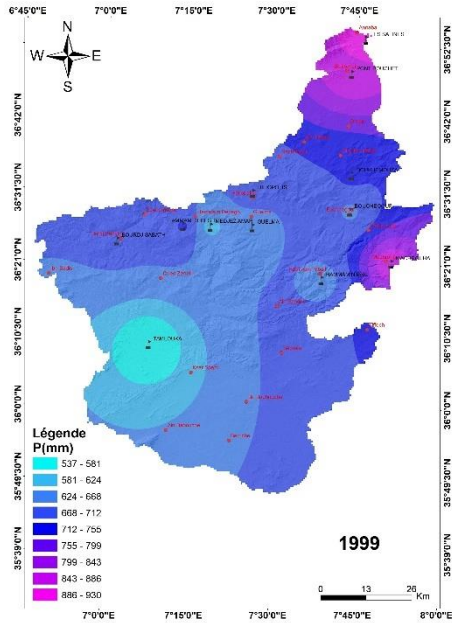

Légende
P(mm)
450 - 484
484 - 519
519 - 554
554 - 588
588 - 623
623 - 658
658 - 692
692 - 727
727 - 762
1994

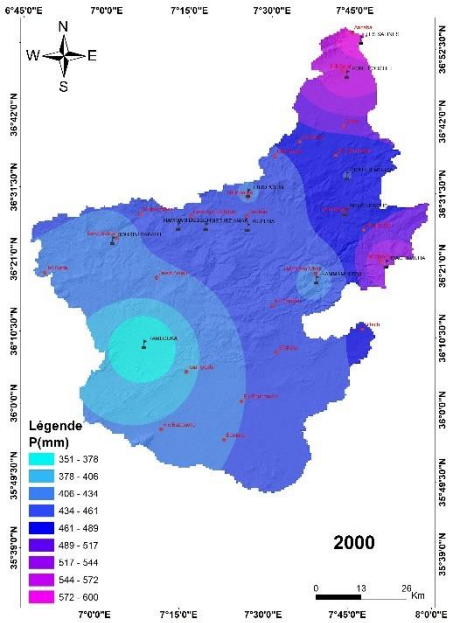

Légende
P(mm)
488 - 521
521 - 555
555 - 588
588 - 621
621 - 655
655 - 688
688 - 721
721 - 755
755 - 788
1995

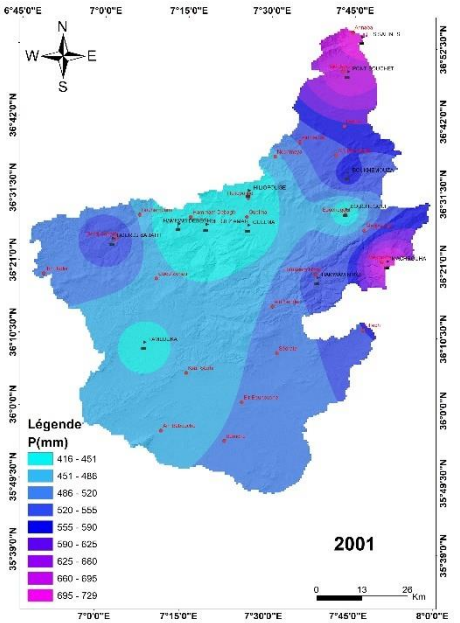

Légende
P(mm)
643 - 682
682 - 721
721 - 760
760 - 799
799 - 838
838 - 877
877 - 916
916 - 956
956 - 995
1996

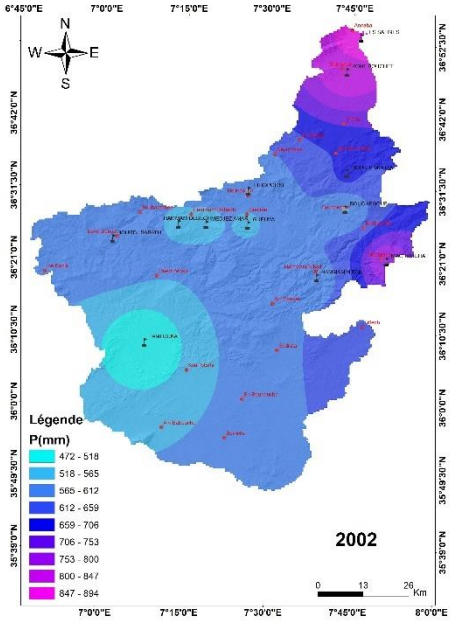

Légende
P(mm)
524 - 577
577 - 631
631 - 684
684 - 737
737 - 790
790 - 844
844 - 897
897 - 950
950 - 1 000
1997

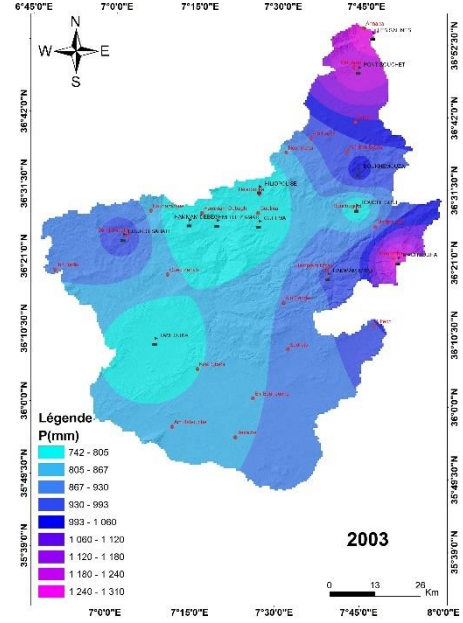

Légende
P(mm)
499 - 542
542 - 585
585 - 628
628 - 671
671 - 714
714 - 757
757 - 800
800 - 843
843 - 885
1998

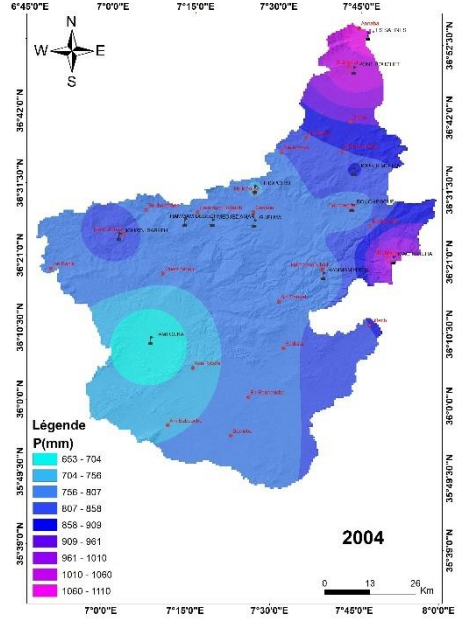

Légende
P(mm)
537 - 581
581 - 624
624 - 668
668 - 712
712 - 755
755 - 799
799 - 843
843 - 886
886 - 930
1999

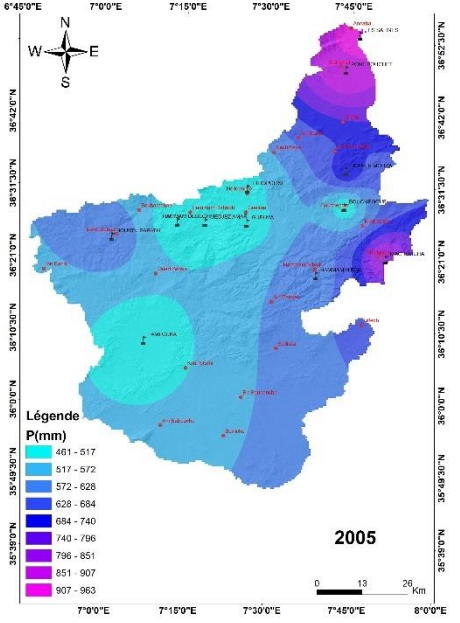

Légende
P(mm)
351 - 378
378 - 406
406 - 434
434 - 461
461 - 489
489 - 517
517 - 544
544 - 572
572 - 600
2000

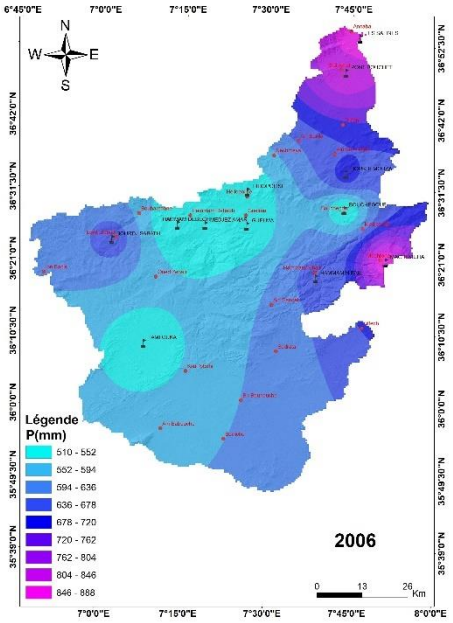

Légende
P(mm)
416 - 451
451 - 486
486 - 520
520 - 555
555 - 590
590 - 625
625 - 660
660 - 695
695 - 729
2001

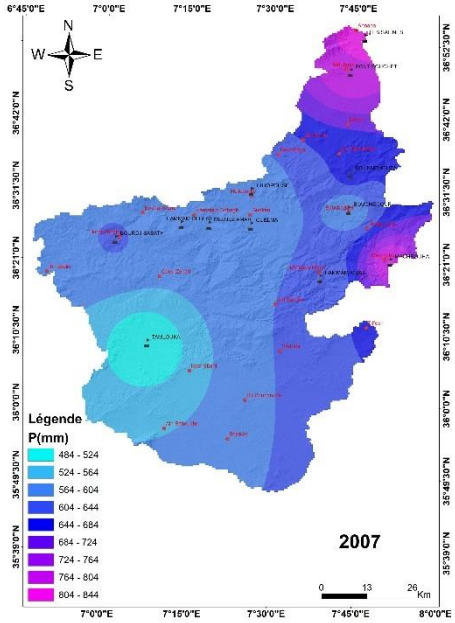

Légende
P(mm)
472 - 518
518 - 565
565 - 612
612 - 659
659 - 706
706 - 753
753 - 800
800 - 847
847 - 894
2002

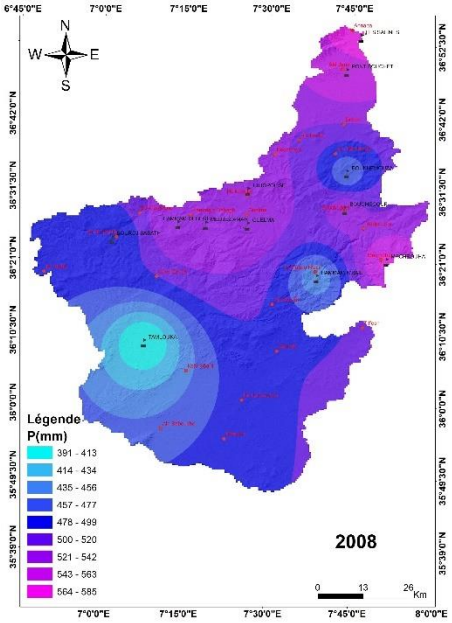

Légende
P(mm)
742 - 805
805 - 867
867 - 930
930 - 993
993 - 1 060
1 060 - 1 120
1 120 - 1 180
1 180 - 1 240
1 240 - 1 310
2003

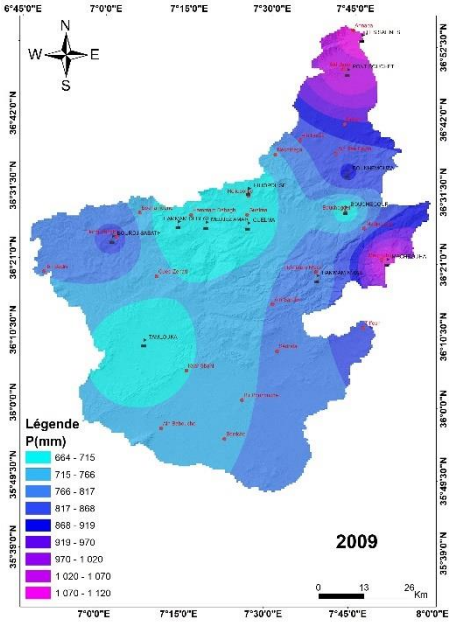

Légende
P(mm)
653 - 704
704 - 756
756 - 807
807 - 858
858 - 909
909 - 961
961 - 1010
1010 - 1060
1060 - 1110
2004

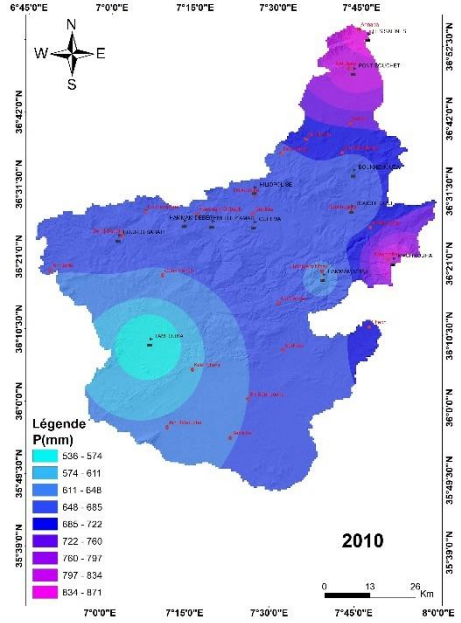

Légende
P(mm)
461 - 517
517 - 572
572 - 628
628 - 684
684 - 740
740 - 796
796 - 851
851 - 907
907 - 963
2005

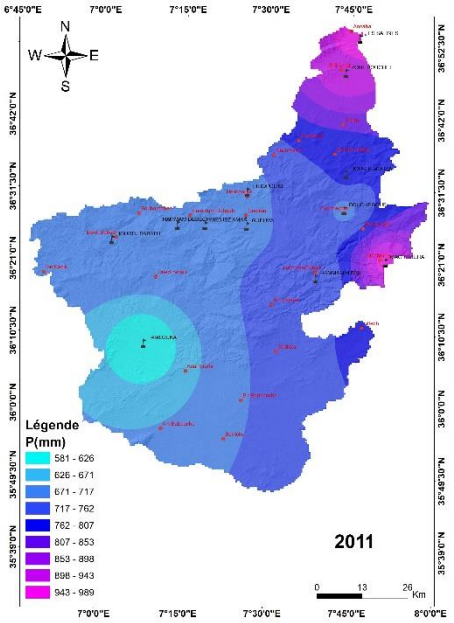

Légende
P(mm)
510 - 552
552 - 594
594 - 636
636 - 678
678 - 720
720 - 762
762 - 804
804 - 846
846 - 888
2006

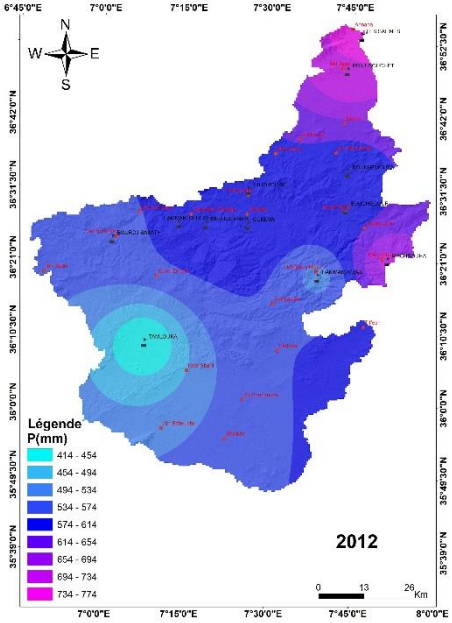

Légende
P(mm)
484 - 524
524 - 564
564 - 604
604 - 644
644 - 684
684 - 724
724 - 764
764 - 804
804 - 844
2007

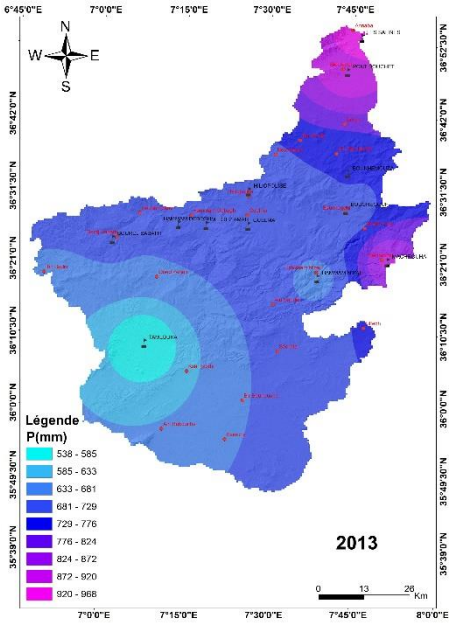

Légende
P(mm)
391 - 413
414 - 434
435 - 456
457 - 477
478 - 499
500 - 520
521 - 542
543 - 563
564 - 585
2008

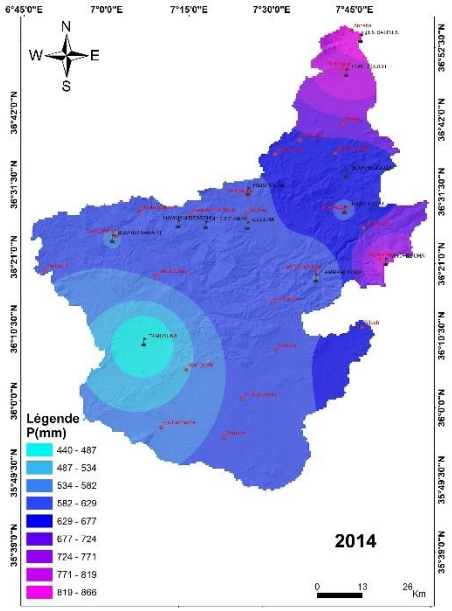

Légende
P(mm)
664 - 715
715 - 766
766 - 817
817 - 868
868 - 919
919 - 970
970 - 1 020
1 020 - 1 070
1 070 - 1 120
2009

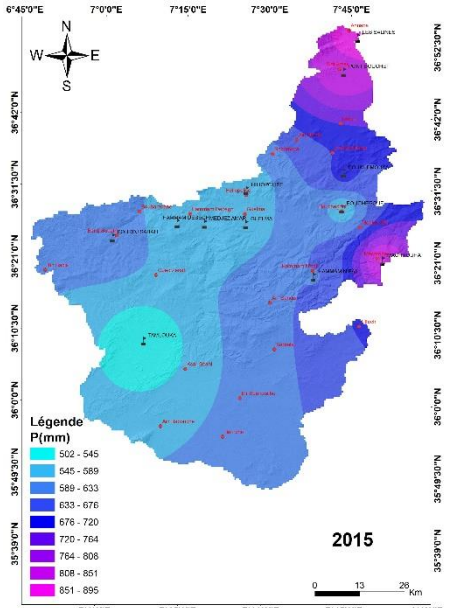

Légende
P(mm)
536 - 574
574 - 611
611 - 648
648 - 685
685 - 722
722 - 760
760 - 797
797 - 834
834 - 871
2010

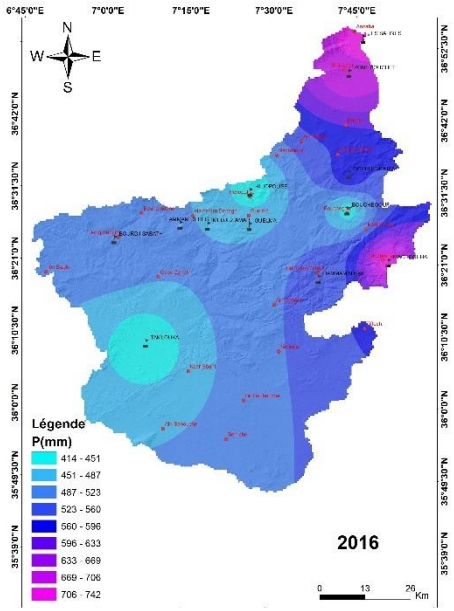

Légende
P(mm)
581 - 626
626 - 671
671 - 717
717 - 762
762 - 807
807 - 853
853 - 898
898 - 943
943 - 989
2011

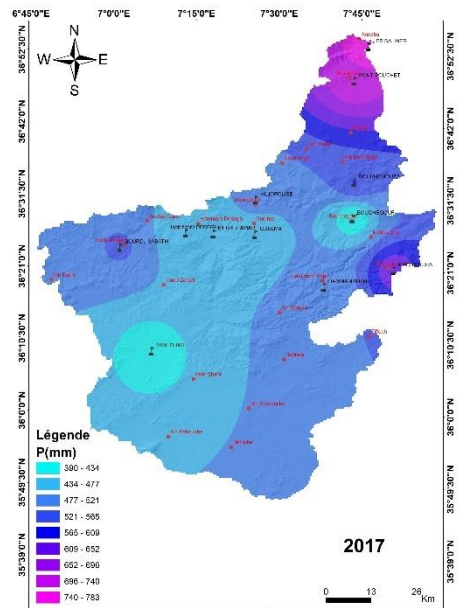

Légende
P(mm)
414 - 454
454 - 494
494 - 534
534 - 574
574 - 614
614 - 654
654 - 694
694 - 734
734 - 774
2012

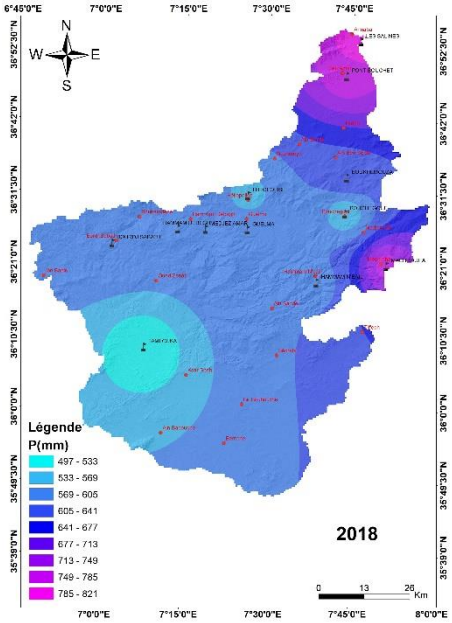

Légende
P(mm)
538 - 585
585 - 633
633 - 681
681 - 729
729 - 776
776 - 824
824 - 872
872 - 920
920 - 968
2013

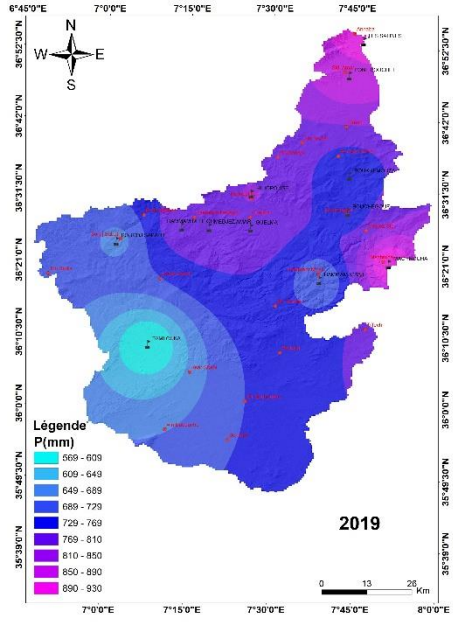

Légende
P(mm)
440 - 487
487 - 534
534 - 582
582 - 629
629 - 677
677 - 724
724 - 771
771 - 819
819 - 866
2014

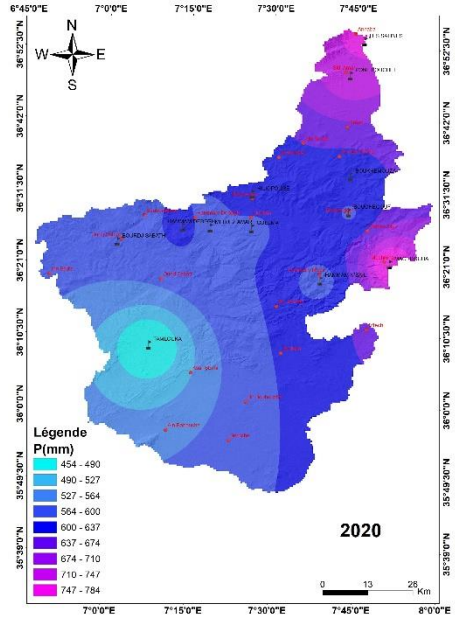

Légende
P(mm)
502 - 545
545 - 589
589 - 633
633 - 676
676 - 720
720 - 764
764 - 808
808 - 851
851 - 895
2015

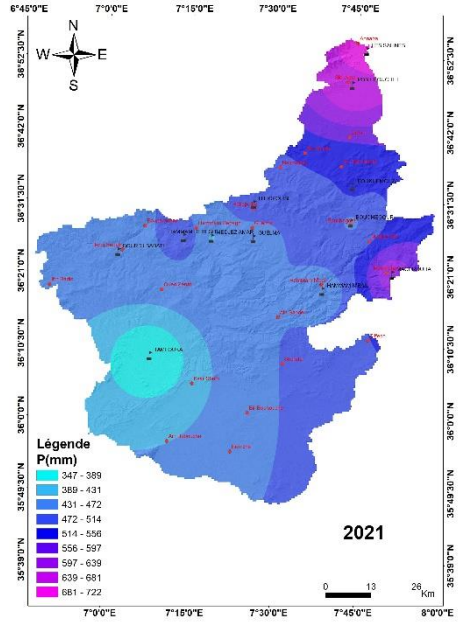

Légende
P(mm)
414 - 451
451 - 487
487 - 523
523 - 560
560 - 596
596 - 633
633 - 669
669 - 706
706 - 742
2016


Légende
P(mm)
390 - 434
434 - 477
477 - 521
521 - 565
565 - 609
609 - 652
652 - 696
696 - 740
740 - 783
2017


Légende
P(mm)
497 - 533
533 - 569
569 - 605
605 - 641
641 - 677
677 - 713
713 - 749
749 - 785
785 - 821
2018


Légende
P(mm)
569 - 609
609 - 649
649 - 689
689 - 729
729 - 769
769 - 810
810 - 850
850 - 890
890 - 930
2019


Légende
P(mm)
454 - 490
490 - 527
527 - 564
564 - 600
600 - 637
637 - 674
674 - 710
710 - 747
747 - 784
2020


Légende
P(mm)
347 - 389
389 - 431
431 - 472
472 - 514
514 - 556
556 - 597
597 - 639
639 - 681
681 - 722
2021

3.1.3. Précipitations moyennes mensuelles et répartition saisonnière :

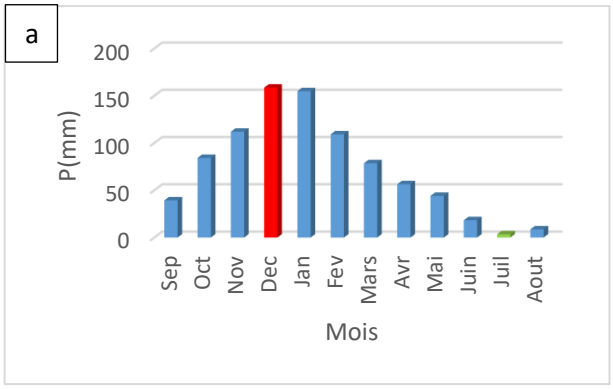
Les valeurs moyennes mensuelles pluviométriques relatives à la période (1958-2021) représenté par des histogrammes traduisent clairement les variations mensuelles et saisonnières de la distribution des précipitations à l'échelle annuelle.

3.1.3.1. Représentation mensuelle des précipitations :

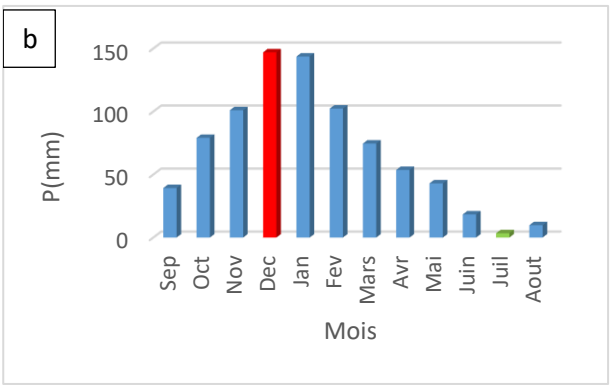
Pour évaluer la variation des précipitations moyennes mensuelles, nous avons établit les histogrammes relatifs à chaque station.

Tableau III.11 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) des 12 stations : Salines, Pont Bouchet, Boukhemouza , Bouchegouf, Guelma, Hammam Debegh, Hiliopolise, Medjez Amar, Tamlouka, Bordj Sabath, Machrouha, Hammam N'bail, (Période 1958 - 2021).

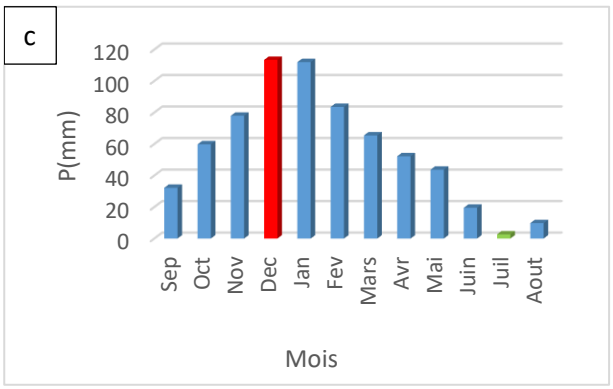
Mois / Stations	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Total
SALINES	39,30	84,24	111,99	158,63	154,86	109,22	78,64	56,47	44,1	18,359	3,42	8,68	**867,89**
PONT BOUCHET	39,26	79,10	101	146,99	143,67	102,33	74,59	53,66	42,99	18,38	3,43	9,79	**815,182**
BOUKHEMOUZA	32,18	59,81	77,96	113,42	112,03	83,58	65,45	52,22	43,67	19,54	2,63	9,78	**672,27**
BOUCHEGOUF	35,57	56,43	68,27	92,16	87,84	67,16	62,22	52,21	44,41	22,43	6,05	15,68	**610,41**
GUELMA	34,07	51,86	65,82	86,76	86,88	65,38	62,47	51,76	48,17	23,53	6,15	15,59	**598,46**
HAMMAM DEBEGH	36,56	53,65	69,46	94,85	98,71	71,13	66,35	53,71	52,63	25,13	6,15	14,90	**643,26**
HELIOPOLIS	34,45	56,13	71,81	94,22	94,87	70,06	64,55	51,94	46,24	22,94	5,89	15,23	**628,33**
MEDJEZ AMAR	34	51,09	64,68	83,18	84,77	62,71	61,16	49,77	46,96	22,81	6,15	14,90	**582,18**
TAMLOUKA	29,61	38,89	47,79	66,10	77,47	58,4	53,52	41,15	51,14	23,81	6,36	10,93	**505,19**
BORDJ SABATH	31,73	50,25	63,27	98,21	107,83	76,18	64,11	50,44	53,1	23,69	4,42	9,9	**633,125**
MACHROUHA	42,69	62,24	86,14	129,32	131,43	106,65	93,88	72,33	56,84	21,74	5,35	10,79	**819,41**
HAMMAM N'BAIL	32,14	49,24	63,99	93,59	96,64	75,39	68,16	53,65	48,23	20,80	4,49	10,89	**617,22**



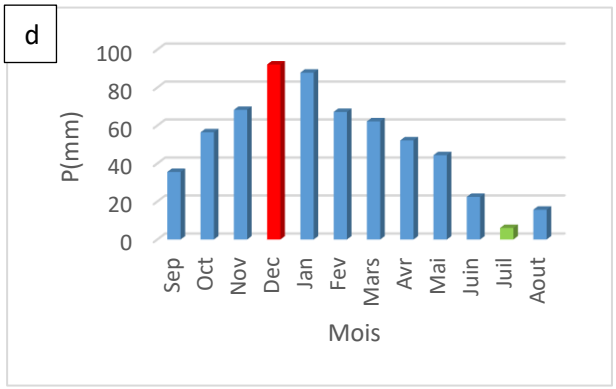
Station les SALINES.



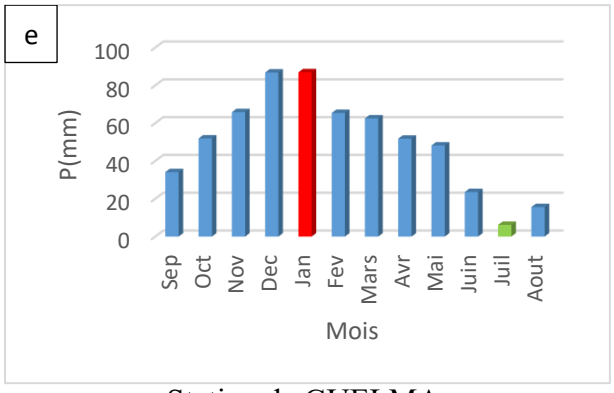
Station de Pont Bouchet.



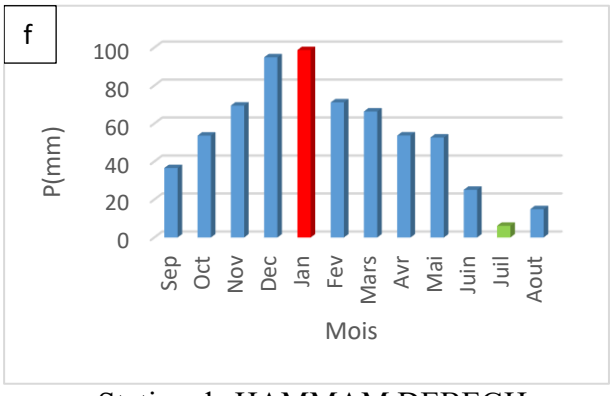
Station de BOUKHEMOUZA.



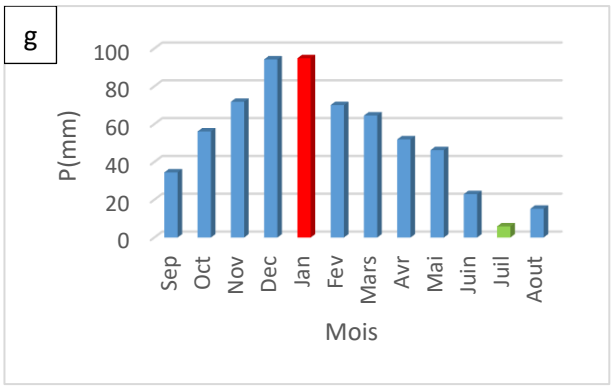
Station de BOUCHEGOUF.



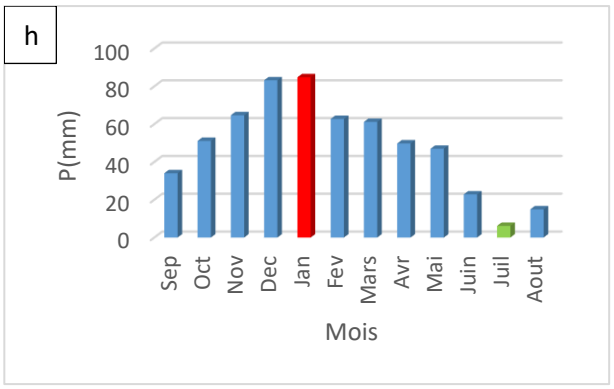
Station de GUELMA.



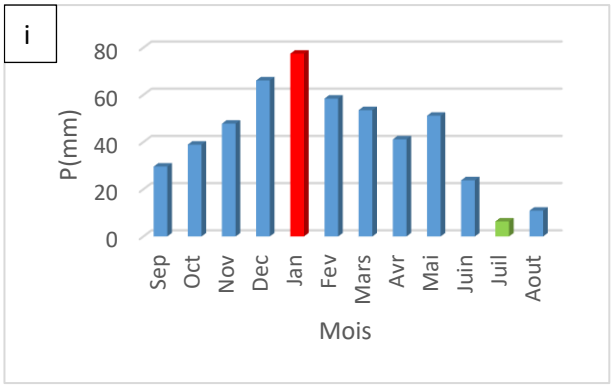
Station de HAMMAM DEBEGH.



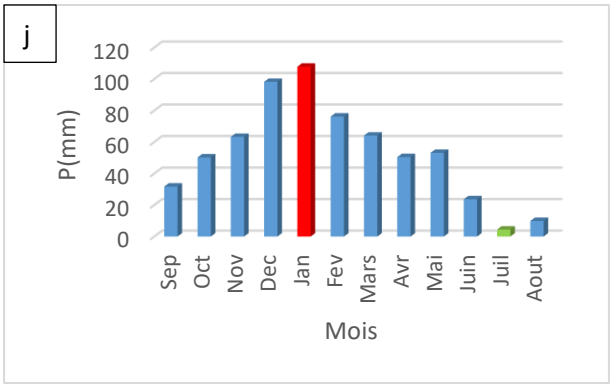
Station de HELIOPOLIS.



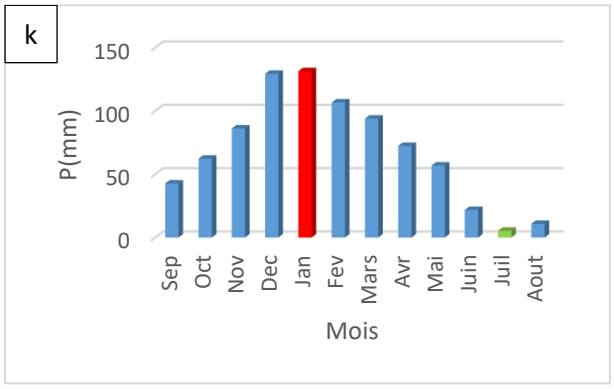
Station de MEDJEZ AMAR.



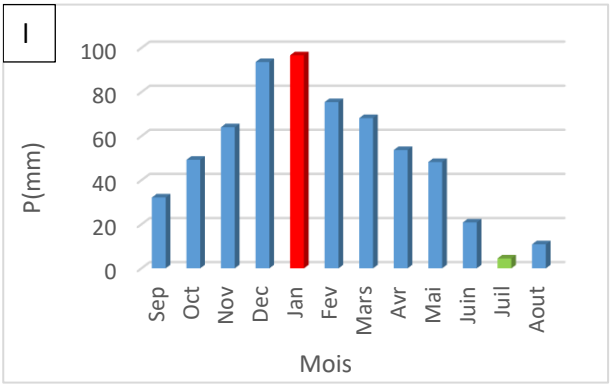
Station de TAMLOUKA.



Station de BORDJ SABATH.



Station de MACHROUHA.



Station de HAMMAM N'BAIL.

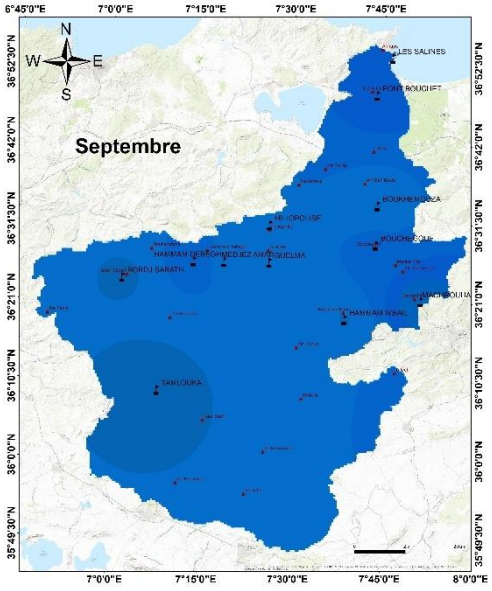
Figure III.17 : (a.b.c.d.e.f.g.h.i.j.k.l) Représentation mensuelle des précipitations.

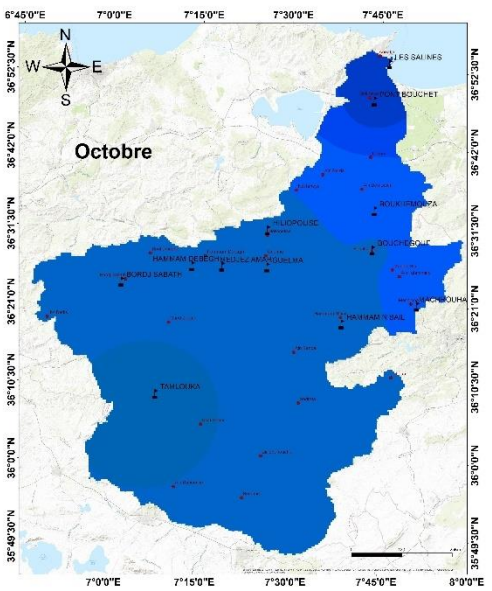
Les histogrammes des précipitations moyennes mensuelles des douze 12 stations montrent que le mois le plus pluvieux dans les quatre stations les Salines, Pont Bouchet, Boukhemouza , Bouchegouf est celui de Décembre avec des précipitations moyennes atteignant 158.63 , 146.99 , 113.42 , 92.16 mm respectivement, et le mois de janvier dans les stations de Guelma, Hammam Debegh, Héliopolis, Medjez Amar, Tamlouka, Bordj Sabath, Machrouhaet Hammam N'bail avec des précipitations moyennes atteignant 86.88, 98.71, 94.87, 84.77, 77.47, 107.83, 131,43 , 96.64 mm respectivement.

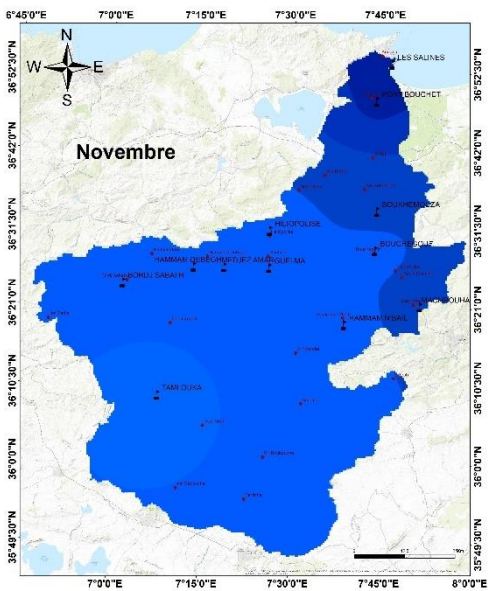
Le mois de juillet est le mois le plus chaud pendant lequel nous avons enregistré des quantités de pluies ne dépassant pas les 6.36 mm.

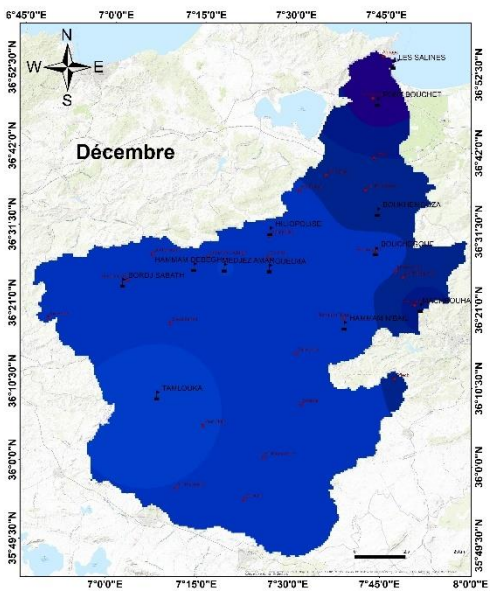
En général, la variation est à peu près la même pour les stations du littoral et les stations situées sur le revers septentrional l'Atlas tellien et affiche globalement le même profil : une augmentation rapide de la pluviosité à partir d'octobre jusqu'en janvier, Puis, s'amorce une décroissance assez singulière de la pluie jusqu'en juillet.

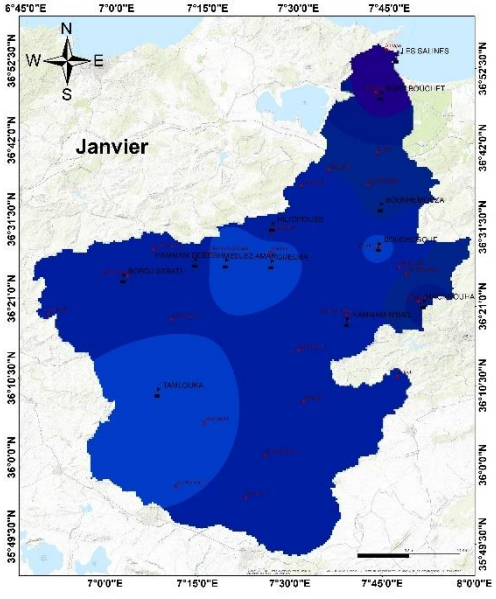
Figure III.18 : Répartition spatiale des précipitations moyennes mensuelles (1958-2021).

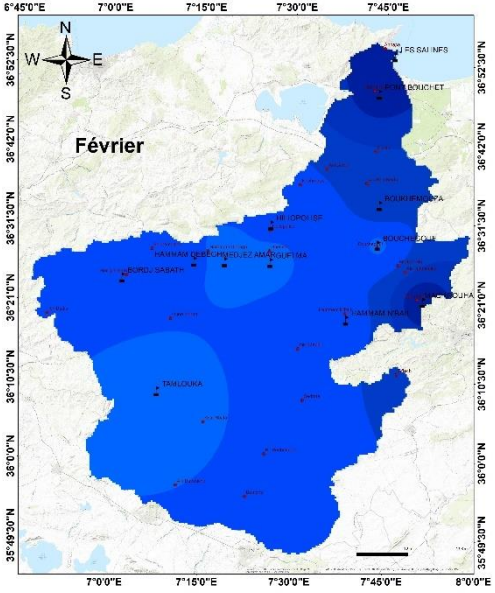

Septembre

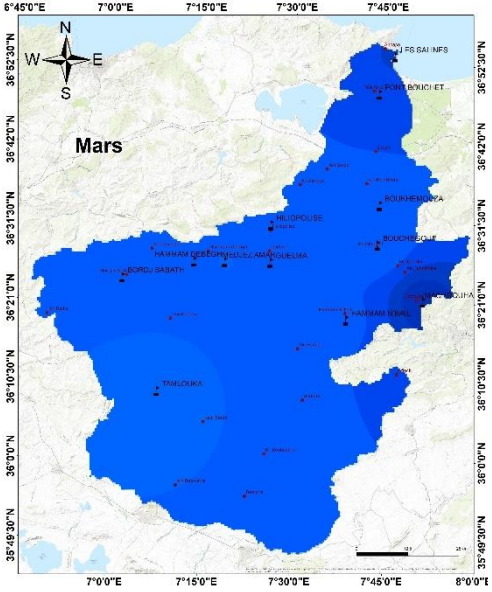

Octobre

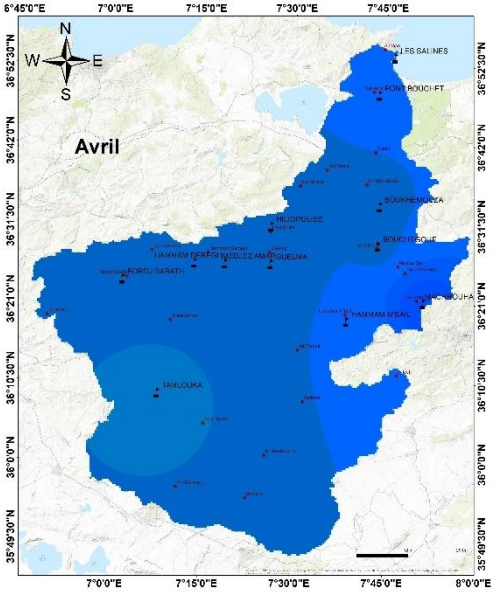

Novembre

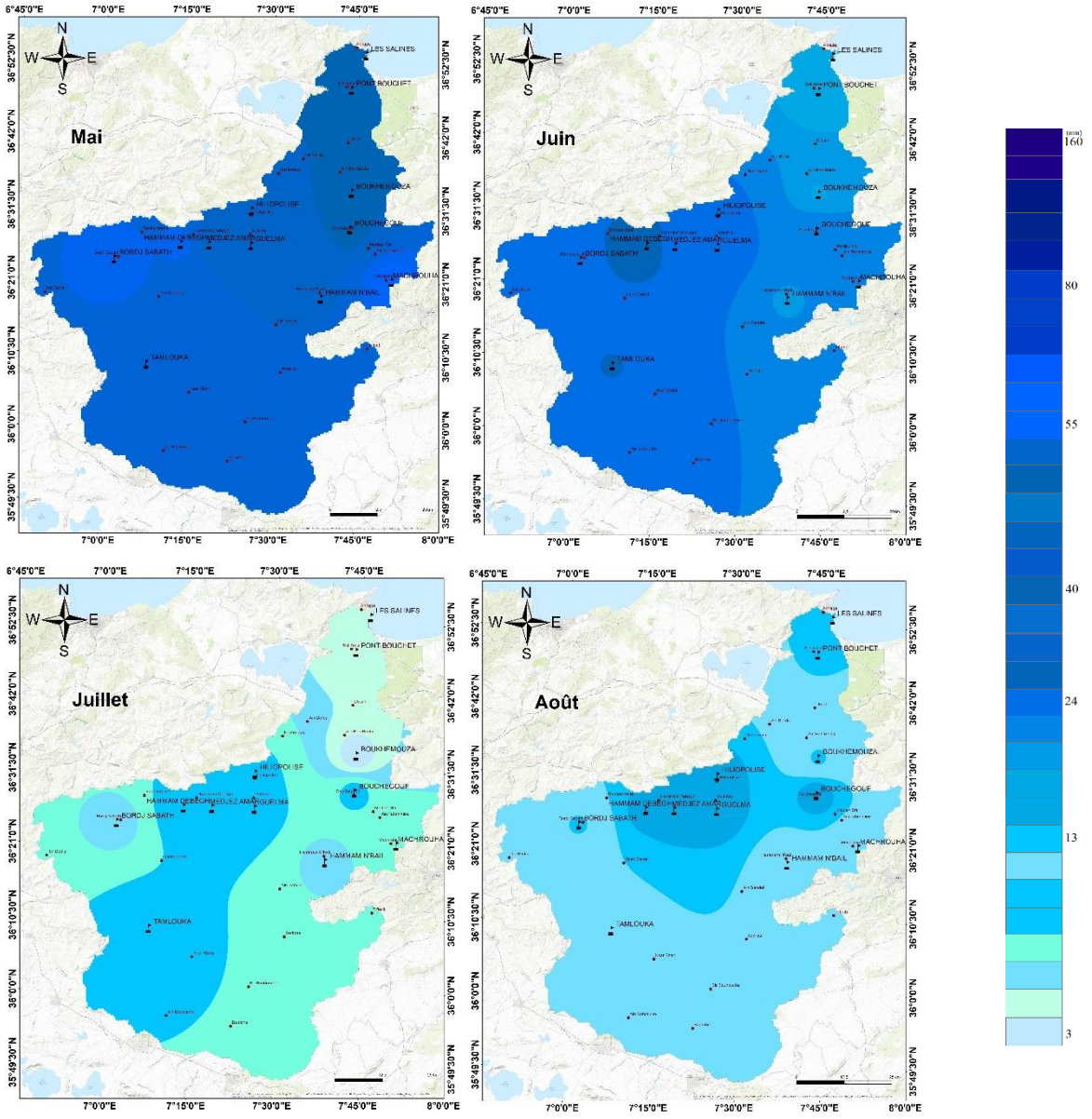

Décembre


Janvier


Février


Mars


Avril


Mai
Juin
Juillet
Août
N
S
W
E
6°45'0"E
7°0'0"E
7°15'0"E
7°30'0"E
7°45'0"E
8°0'0"E
36°52'30"N
36°42'0"N
36°31'30"N
36°21'0"N
36°10'30"N
36°0'0"N
35°49'30"N
LES SALINES
PONT BOUCHET
BOUKHEMOUZA
HELIOPOLISE
BOUCHEGOUF
HAMMAM DEBAGH
MEDJEZ AMAR
GUELMA
BORDJ SABATH
MACHROUHA
HAMMAM N'BAIL
TAMLOUKA
160
80
55
40
24
13
3

3.1.3.2.Répartition saisonnière :

Pour garantir l'exhaustivité de notre analyse des précipitations, il est nécessaire de déterminer leur régime saisonnier, ainsi que leur variation, par l'analyse des profils moyens annuels établis sur une période de 64 ans (1958-2021).

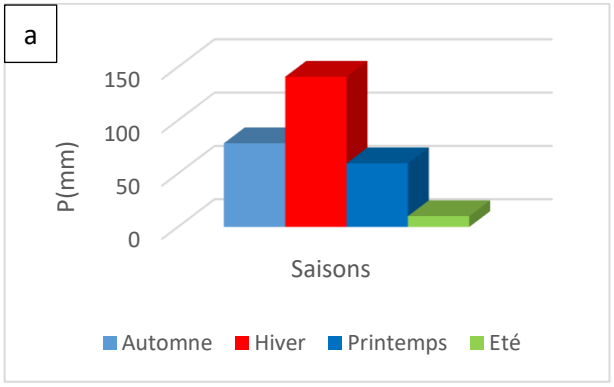
Tableau III.12 : Précipitations moyennes saisonnière en (mm) des 12 stations : Salines, Pont Bouchet, Boukhemouza , Bouchegouf, Guelma, Hammam Debegh, Héliopolis, Medjez Amar, Tamlouka, Bordj Sabath, Machrouha, Hammam N'bail, (Période 1958 - 2021).

Saisons / Stations	Automne		Hiver		Printemps		Eté		Total	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Les Salines	235,53	27,14	422,71	48,70	179,20	20,65	30,45	3,51	867,90	100
Pont Bouchet	219,35	26,91	392,98	48,21	171,25	21,01	31,60	3,88	815,18	100
Boukhemouza	169,95	25,28	309,04	45,97	161,34	24,00	31,94	4,75	672,27	100
Bouchegouf	160,26	26,25	247,16	40,49	158,84	26,02	44,15	7,23	610,41	100
Guelma	151,75	25,36	239,02	39,94	162,41	27,14	45,28	7,57	598,46	100
Hammam debegh	159,68	24,82	264,70	41,15	172,70	26,85	46,19	7,18	643,26	100
Héliopolis	162,39	25,84	259,16	41,25	162,72	25,90	44,06	7,01	628,33	100
Medjez Amar	149,78	25,73	230,66	39,62	157,89	27,12	43,86	7,53	582,19	100
Tamlouka	116,30	23,02	201,97	39,98	145,82	28,86	41,10	8,14	505,19	100
Bordj Sabath	145,25	22,94	282,22	44,58	167,65	26,48	38,00	6,00	633,13	100
Machrouha	191,07	23,32	367,41	44,84	223,05	27,22	37,89	4,62	819,42	100
Hammam N'bail	145,37	23,55	265,63	43,04	170,04	27,55	36,18	5,86	617,22	100

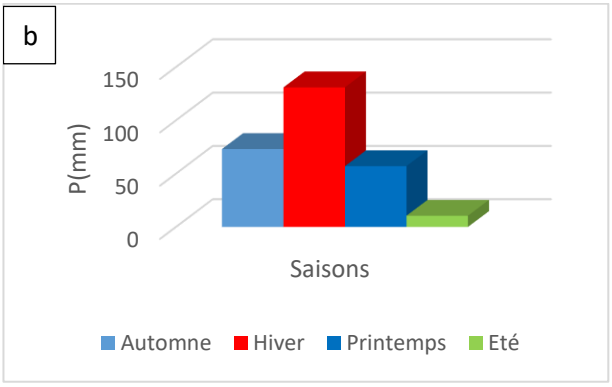
Pour la répartition saisonnière, nous adoptons les saisons agricoles :

- Automne (septembre, octobre, novembre), hiver (décembre, janvier, février), printemps (mars, avril, mai), été (juin, juillet, août).
- En automne, la zone d'étude reçoit 2006.69 mm ou 25.11 % des précipitations annuelles moyennes totales ;
- En hiver, la quantité moyenne de précipitations est de 3482.65 mm ou 43.57 % des précipitations annuelles moyennes.
- Le printemps est la saison la plus pluvieuse, avec une pluviométrie moyenne d'environ 2032.91 mm ou 25.43 % des précipitations annuelles moyennes totales.

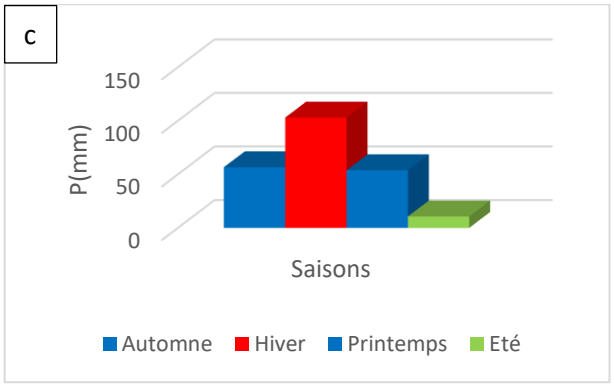
- L'été est le moins humide, les précipitations annuelles totales représentant 5.89 % (470.71 mm) des précipitations annuelles totales.



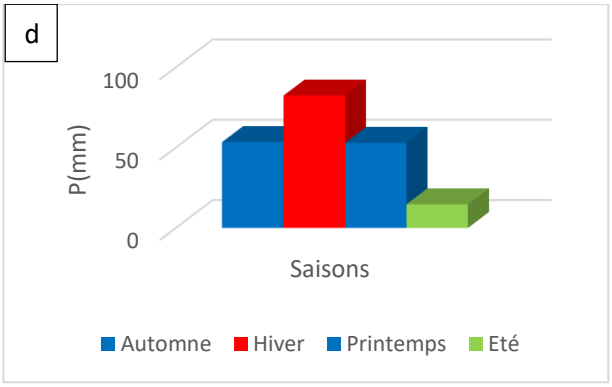
Station les SALINES.



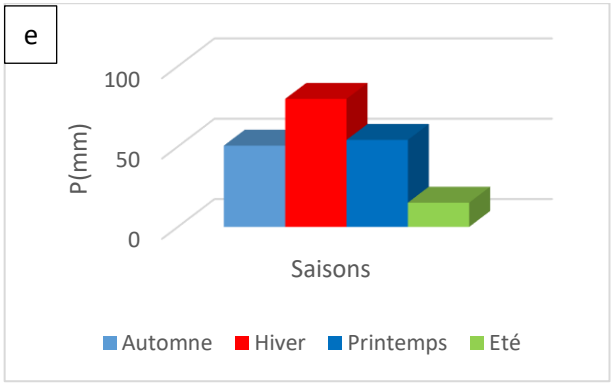
Station de Pont Bouchet.



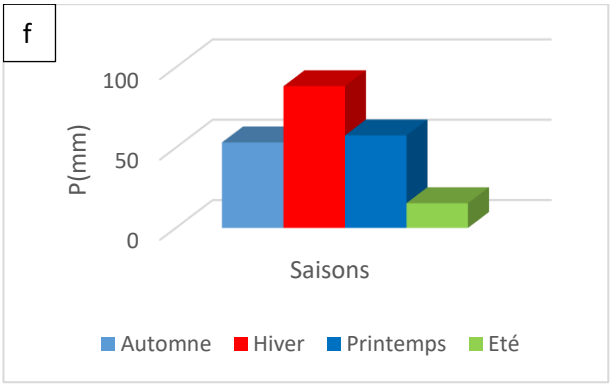
Station de BOUKHEMOUZA.



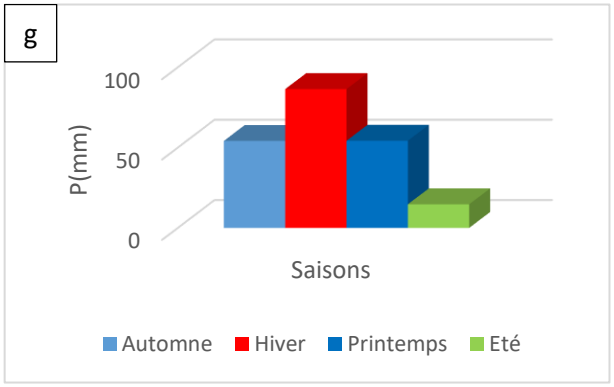
Station de BOUCHEGOUF.



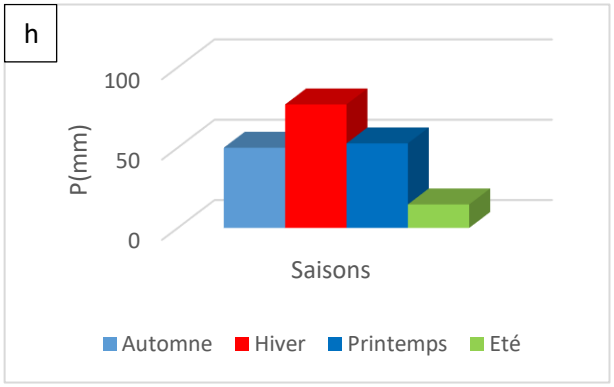
Station de GUELMA.



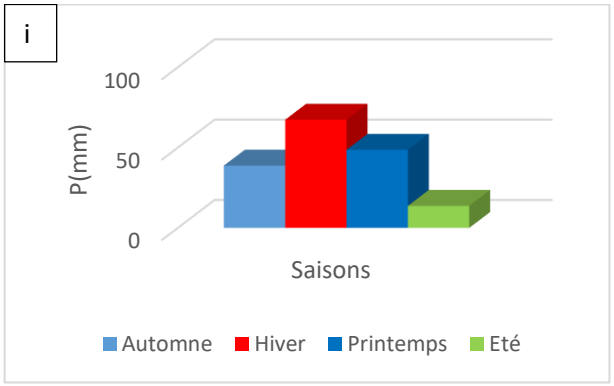
Station de HAMMAM DEBEGH.



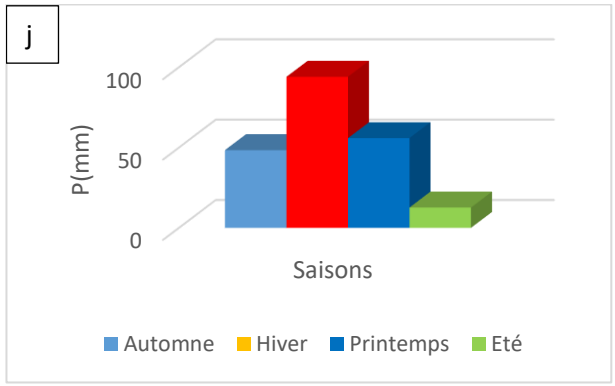
Station de HLIOPOLISE.



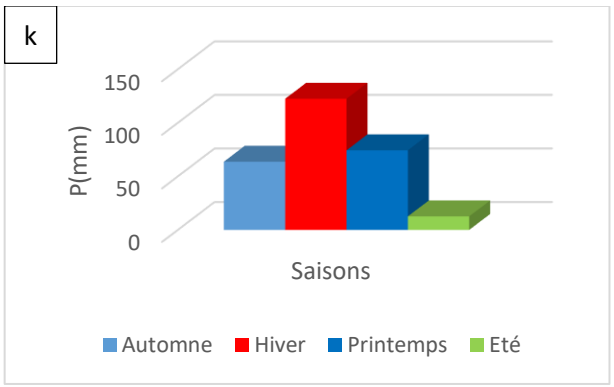
Station de MEDJEZ AMAR



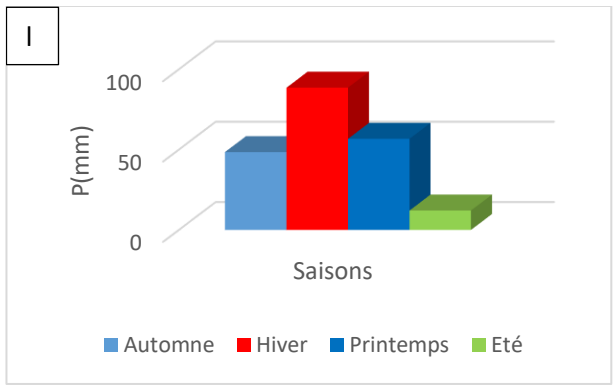
Station de TAMLOUKA.



Station de BOURDJ SABATH



Station de MACHROUHA.



Station de HAMMAM N'BAIL.

Figure III.19 : (a.b.c.d.e.f.g.h.i.j.k.l) Représentation saisonnière des précipitations.

3.2. La température :

La température est un facteur très important dans l'étude climatique et l'évolution du déficit d'écoulement saisonnier et annuel qui entre dans l'estimation hydrogéologique, car elle agit directement sur le phénomène d'évapotranspiration, qu'il exerce sur les surfaces mouillées, et qu'il est à l'origine du bon fonctionnement du cycle de l'eau. Ce paramètre est indispensable à la climatologie.

On dispose des données de températures moyennes mensuelles des 12 stations : LES SALINES, PONT BOUCHET, BOUKHEMOUZA, BOUCHEGOUF, GUELMA, BOURDJ SABATH, HAMMAM DEBEGH, HELIOPOLIS, MEDJEZ AMAR, TAMLOUKA, MACHROHA, HAMMAM N'BAIL d'une période de (1958 - 2021) Les résultats sont exposés dans les tableaux.

Tableau III.13 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station des salines

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Ann,
T max(c°)	27,59	24,64	20,03	16,58	15,43	15,90	17,98	20,35	23,44	27,12	30,04	30,48	22,47
T min(c°)	19,29	15,85	11,68	8,80	7,87	7,76	8,77	10,62	14,10	17,76	20,83	21,42	13,73
T.Moy(C°)	23,44	20,24	15,86	12,69	11,65	11,83	13,37	15,49	18,77	22,44	25,43	25,95	18,10
Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
T (C°)	59,54			36,17			47,63			73,82			
T (C°) sai-moy	19,85			12,06			15,88			24,61			

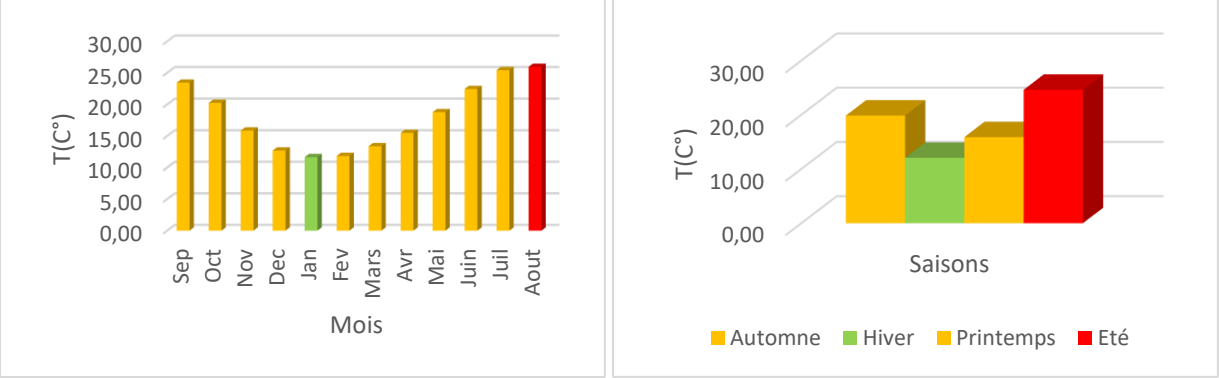
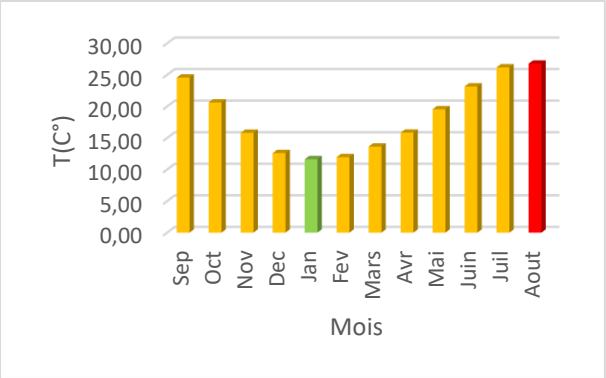


Figure III.20 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station des Salines durant la période (1958 - 2021).

Tableau III.14 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de Pont Bouchet

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Ann,
T max(c°)	28,92	25,22	20,10	16,64	15,62	16,18	18,39	20,91	24,42	28,15	31,19	31,66	23,12
T min(c°)	20,22	16,03	11,54	8,56	7,65	7,74	8,88	10,79	14,68	18,20	21,18	21,89	13,95
T.Moy(C°)	24,57	20,63	15,82	12,60	11,63	11,96	13,64	15,85	19,55	23,17	26,18	26,77	18,53
Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
T (C°)	61,02			36,19			49,03			76,13			
T (C°) sai-moy	20,34			12,06			16,34			25,38			



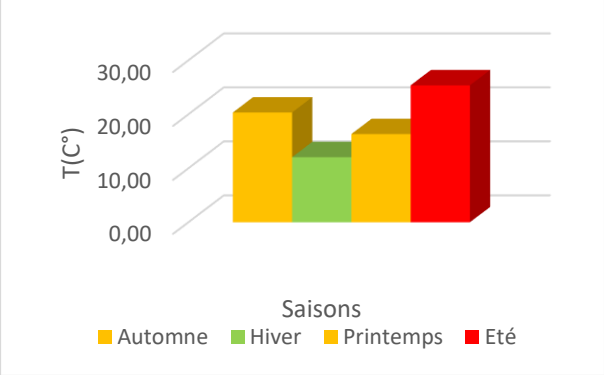
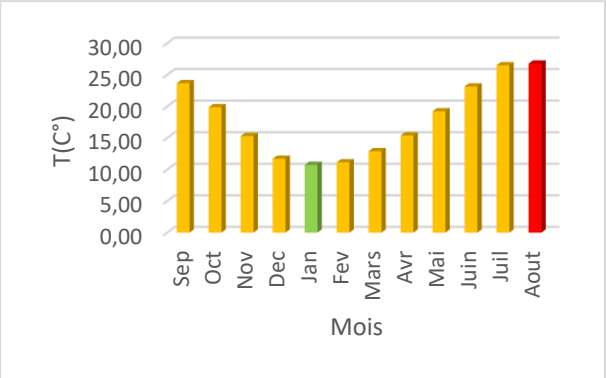


Figure III.21 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de Pont Bouchet durant la période (1958 - 2021).

Tableau III.15 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de BOUKHEMOUZA.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Ann,
T max(c°)	29,27	25,31	20,08	16,33	15,51	16,10	18,50	21,25	25,29	29,82	33,42	33,41	23,69
T min(c°)	18,09	14,43	10,54	7,06	5,95	6,17	7,29	9,54	13,16	16,48	19,63	20,16	12,38
T.Moy(C°)	23,68	19,87	15,31	11,70	10,73	11,14	12,90	15,40	19,23	23,15	26,52	26,78	18,03
Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
T (C°)	58,86			33,57			47,52			76,46			
T (C°) sai-moy	19,62			11,19			15,84			25,49			



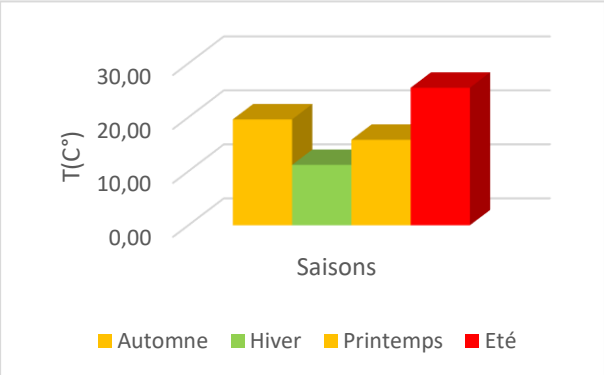


Figure III.22 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de Boukhamouza durant la période (1958 - 2021).

Tableau III.16 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de BOUCHEGOUF

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
T max(c°)	29,89	25,55	19,99	16,10	15,36	16,16	18,69	21,55	25,90	30,39	33,91	33,93	23,95
T min(c°)	18,01	14,18	10,25	6,44	5,30	5,84	6,99	9,44	13,18	16,15	19,03	19,69	12,04
T.Moy(C°)	23,95	19,87	15,12	11,27	10,33	11,00	12,84	15,49	19,54	23,27	26,47	26,81	18,00
Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
T (C°)	58,93			32,60			47,87			76,55			
T (C°) sai-moy	19,64			10,87			15,96			25,52			

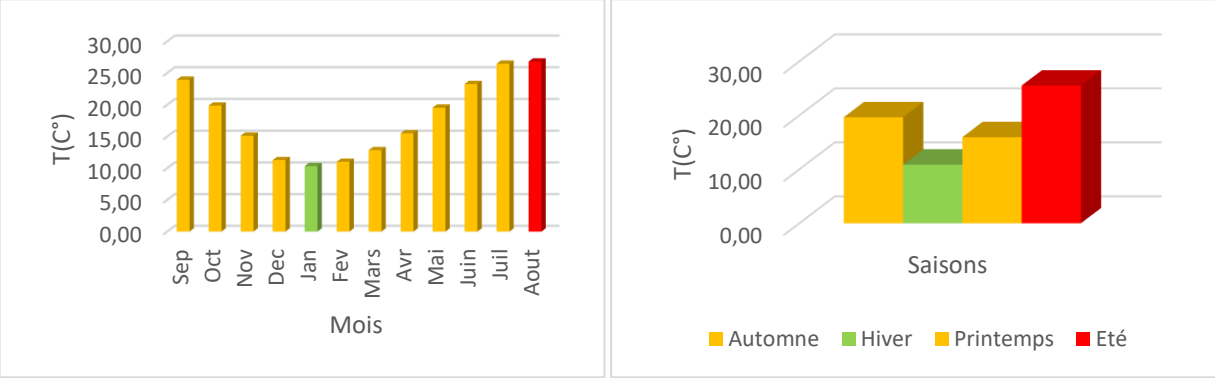


Figure III.23 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de Bouchegouf durant la période (1958 - 2021).

Tableau III.17 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de GUELMA

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
T max(c°)	29,26	24,40	18,69	14,74	14,23	14,92	17,67	20,78	25,18	30,31	34,25	34,06	23,21
T min(c°)	16,48	12,41	8,65	4,77	3,57	4,09	5,48	8,06	11,45	14,57	17,67	18,30	10,46
T.Moy(C°)	22,87	18,40	13,67	9,75	8,90	9,51	11,57	14,42	18,31	22,44	25,96	26,18	16,83
Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
T (C°)	54,94			28,16			44,30			74,58			
T (C°) sai-moy	18,31			9,39			14,77			24,86			

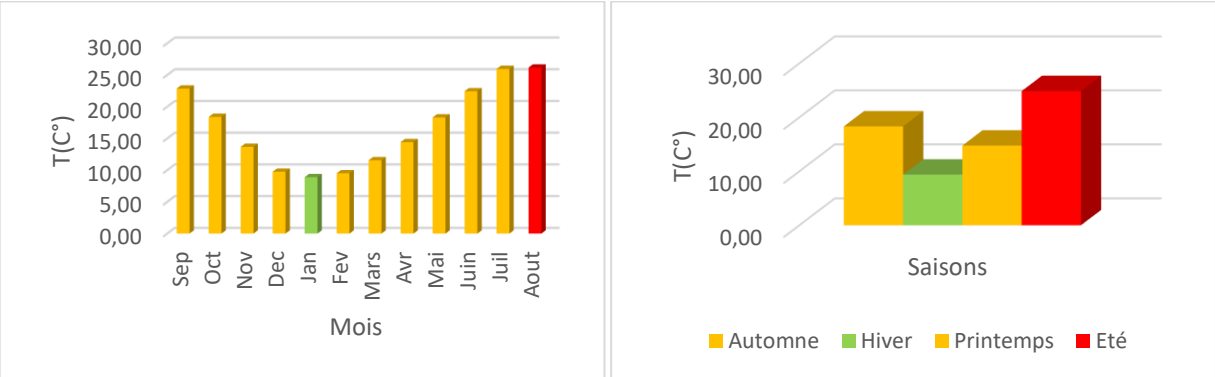


Figure III.24 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de Guelma durant la période (1958 - 2021).

Tableau III.18 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de HAMMAM DEBEGH

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
T max(c°)	28,02	22,65	16,85	12,71	12,08	12,93	15,76	19,13	23,32	28,66	33,19	32,94	21,52
T min(c°)	15,43	11,25	7,20	3,63	2,63	2,91	4,57	6,90	10,39	14,22	17,51	17,97	9,55
T.Moy(C°)	21,73	16,95	12,03	8,17	7,35	7,92	10,16	13,01	16,85	21,44	25,35	25,45	15,54
Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
T (C°)	50,70			23,45			40,03			72,25			
T (C°) sai-moy	16,90			7,82			13,34			24,08			

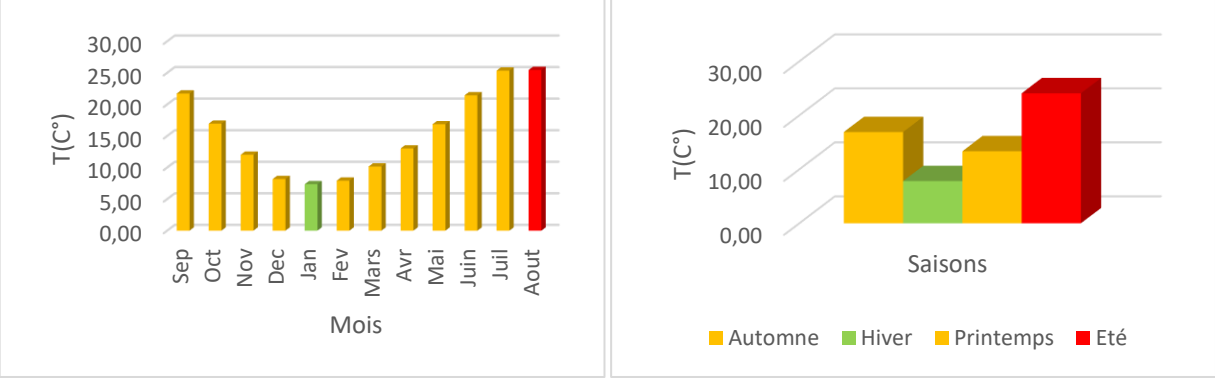


Figure III.25 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de Hammam debegh durant la période (1958 - 2021).

Tableau III.19 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de HELIOPOLIS.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Ann,
T max(c°)	29,97	25,09	19,23	15,35	14,87	15,44	17,99	20,97	25,79	30,71	34,41	34,15	23,66
T min(c°)	17,58	13,30	9,38	5,57	4,31	4,81	6,10	8,45	12,25	15,36	18,32	18,88	11,19
T.Moy(C°)	23,78	19,19	14,30	10,46	9,59	10,12	12,04	14,71	19,02	23,03	26,37	26,52	17,43
Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
T (C°)	57,28			30,18			45,77			75,92			
T (C°) sai-moy	19,09			10,06			15,26			25,31			

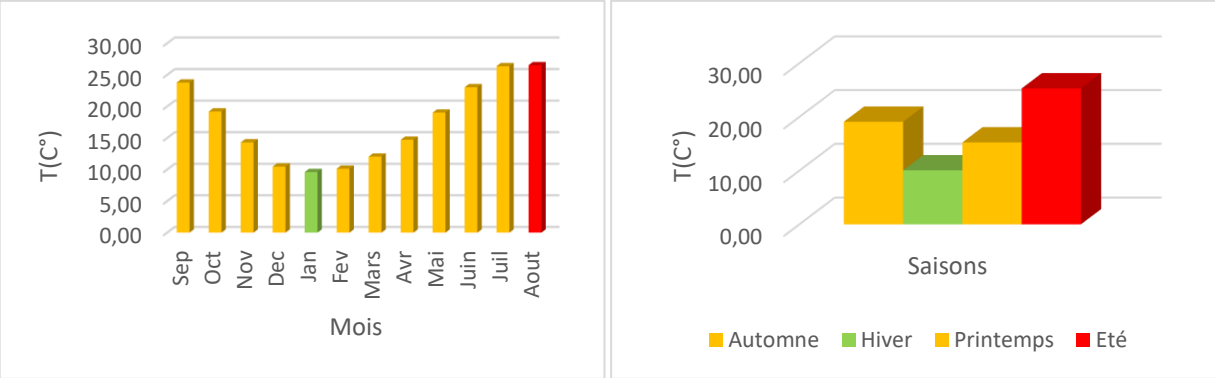


Figure III.26 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de Héliopolis durant la période (1958 - 2021).

Tableau III.20 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de MEDJEZ AMAR.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Ann,
T max(c°)	29,39	24,64	18,93	14,90	14,48	15,18	17,96	20,97	25,30	30,28	34,13	33,95	23,34
T min(c°)	17,10	12,95	9,18	5,32	4,12	4,55	6,07	8,55	11,96	15,25	18,25	18,78	11,01
T.Moy(C°)	23,24	18,79	14,05	10,11	9,30	9,87	12,01	14,76	18,63	22,76	26,19	26,37	17,17
Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
T (C°)	56,09			29,27			45,41			75,32			
T (C°) sai-moy	18,70			9,76			15,14			25,11			

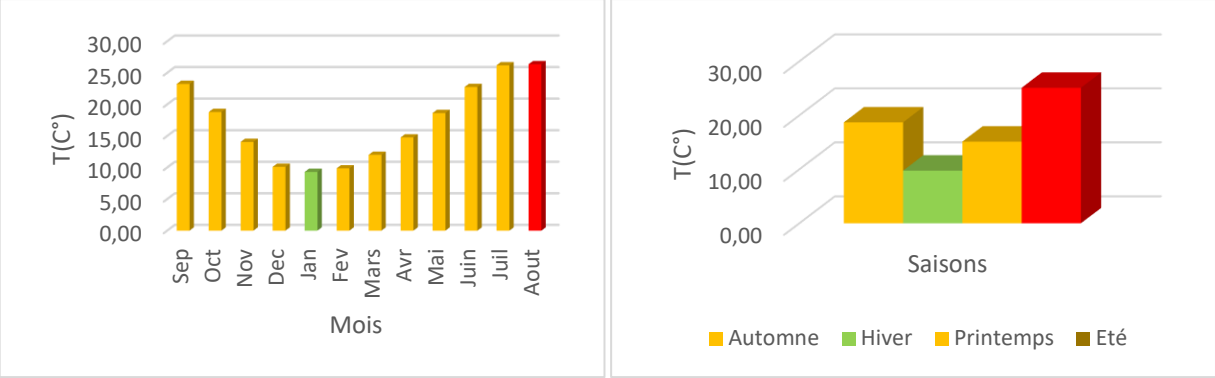


Figure III.27 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de Medjez amar durant la période (1958 - 2021).

Tableau III.21 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de TAMLOUKA.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Ann,
T max(c°)	28,52	22,87	16,58	12,05	11,36	12,53	15,77	19,44	24,02	29,45	34,10	33,95	21,72
T min(c°)	15,22	11,06	6,51	2,66	1,80	2,31	4,27	6,73	10,47	14,52	17,69	18,18	9,29
T.Moy(C°)	21,87	16,97	11,55	7,36	6,58	7,42	10,02	13,08	17,25	21,99	25,90	26,07	15,50
Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
T (C°)	50,38			21,35			40,35			73,95			
T (C°) sai-moy	16,79			7,12			13,45			24,65			

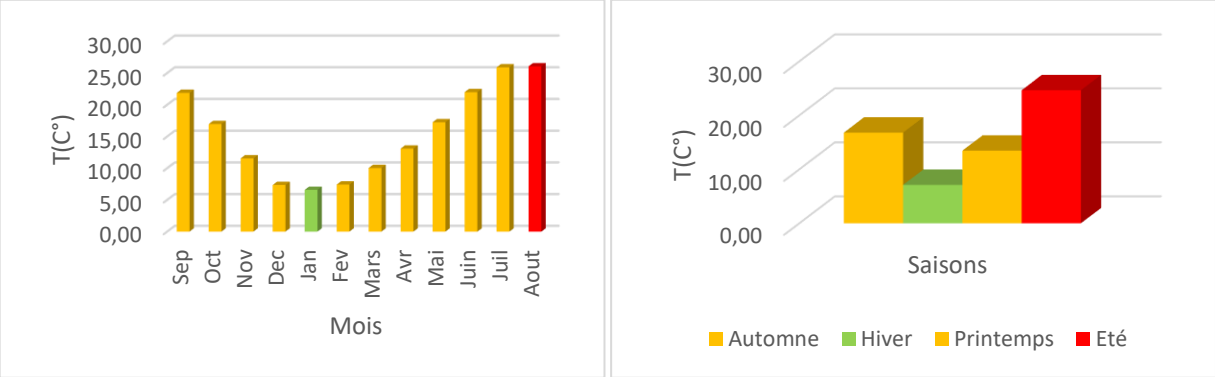


Figure III.28 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de Tamlouka durant la période (1958 - 2021).

Tableau III.22 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de Bordj Sebath

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Ann,
T max(c°)	28,09	22,74	16,85	12,66	11,84	12,90	15,86	19,23	23,47	28,77	33,13	33,03	21,55
T min(c°)	15,58	11,44	7,19	3,66	2,58	3,08	4,87	7,21	10,70	14,73	17,93	18,36	9,78
T.Moy(C°)	21,84	17,09	12,02	8,16	7,21	7,99	10,37	13,22	17,09	21,75	25,53	25,70	15,66
Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
T (C°)	50,95			23,36			40,67			72,97			
T (C°) sai-moy	16,98			7,79			13,56			24,32			

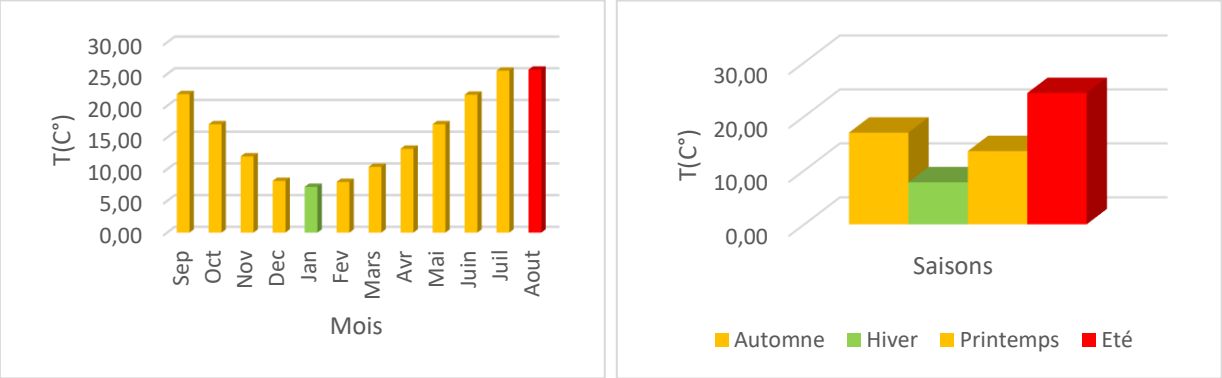


Figure III.29 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de Bordj sebath durant la période (1958 - 2021).

Tableau III.23 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de Machroha.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Ann,
T max(c°)	27,39	22,18	16,07	11,56	10,81	11,98	15,13	18,47	22,14	27,73	32,06	31,85	20,61
T min(c°)	13,92	10,80	6,33	2,50	12,54	2,27	3,53	5,56	8,72	12,20	15,27	15,81	9,12
T.Moy(C°)	20,66	16,49	11,20	7,03	11,68	7,12	9,33	12,01	15,43	19,96	23,66	23,83	14,87
Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
T (C°)	48,35			25,83			36,77			67,46			
T (C°) sai-moy	16,12			8,61			12,26			22,49			

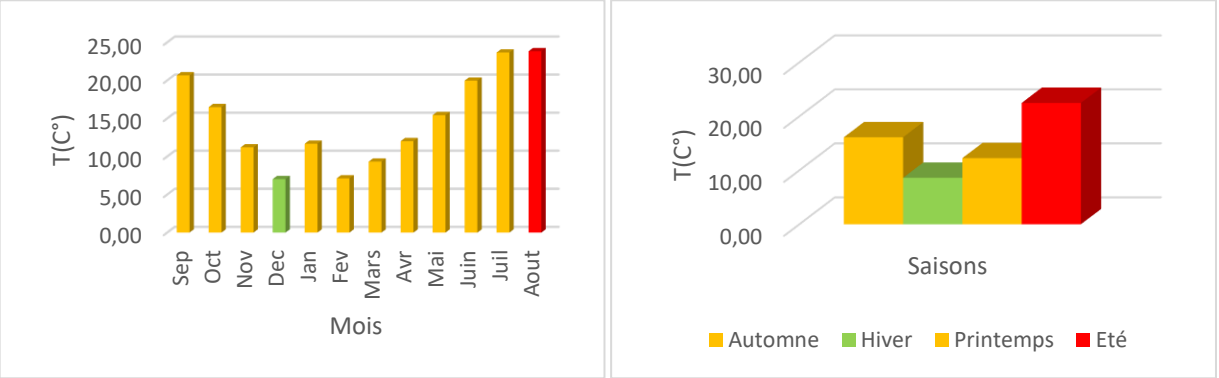


Figure III.30 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de Machroha durant la période (1958 - 2021).

Tableau III.24 : Températures moyennes mensuelles en °C à la station de Hammam N'bail.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Ann,
T max(c°)	28,72	23,29	17,52	13,36	12,74	13,54	16,59	19,98	24,07	29,59	34,09	33,60	22,26
T min(c°)	15,35	11,42	7,48	3,71	2,70	3,12	4,50	7,07	10,26	13,77	17,21	17,45	9,50
T.Moy(C°)	22,04	17,35	12,50	8,54	7,72	8,33	10,55	13,52	17,17	21,68	25,65	25,52	15,88
Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
T (C°)	51,89			24,59			41,24			72,85			
T (C°) sai-moy	17,30			8,20			13,75			24,28			

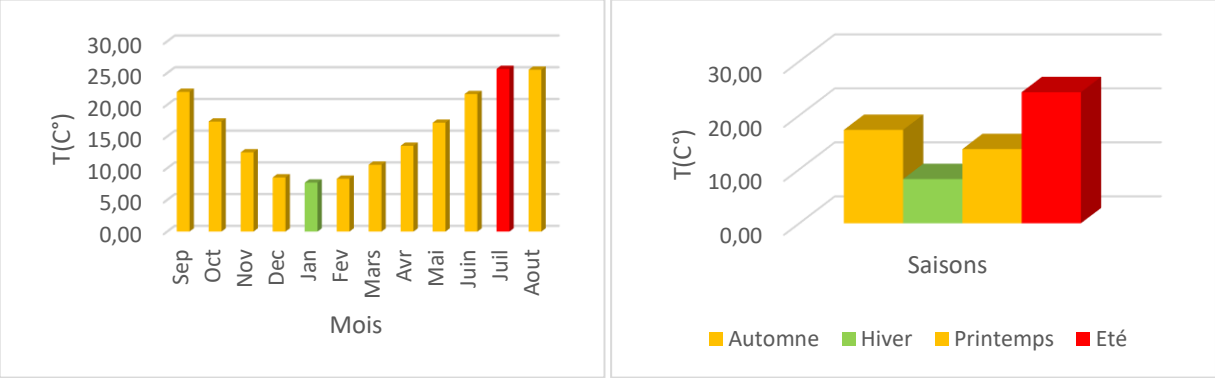


Figure III.31 : Variation des températures moyennes mensuelles et saisonnières dans la station de Hammam N'bail durant la période (1958 - 2021).

Les histogrammes des températures moyennes mensuelles, nous montrent une différence assez étroite entre les températures des 12 stations. On note également que le mois le plus chaud est août avec une température d'environ 25.95 °C à les Salines, 26.77 °C à Pont Bouchet,26.78 °C à Boukhemouza,26.81 °C à Bouchegouf,26.18 °C à Guelma, 25.45 °C à Hammam Debegh, 26.52 °C à Hiliopolise,26.37 °C à Mdjez Amar,26.07 °C à Tamelouka , 25.70 °C à Bordj Sabath, 23.83 °C à Machroha et 25.65°C durant le mois de juillet à la station de Hammam N'Bail. Alors que le mois le plus froid est janvier avec 11.65 °C à les Salines, 11.63 °C à Pont Bouchet,10.73 °C à Boukhemouza,10.33 °C à Bouchegouf,8.90 °C à Guelma, 7.35 °C à Hammam Debegh, 9.59 °C à Héliopolis,9.30 °C à Mdjez amar,6.58 °C à Tamelouka , 7.21 °C à Bordj Sabath, 7.72 °C à Hammam N'bail et décembre avec 7.03 °C à la station de Machroha.

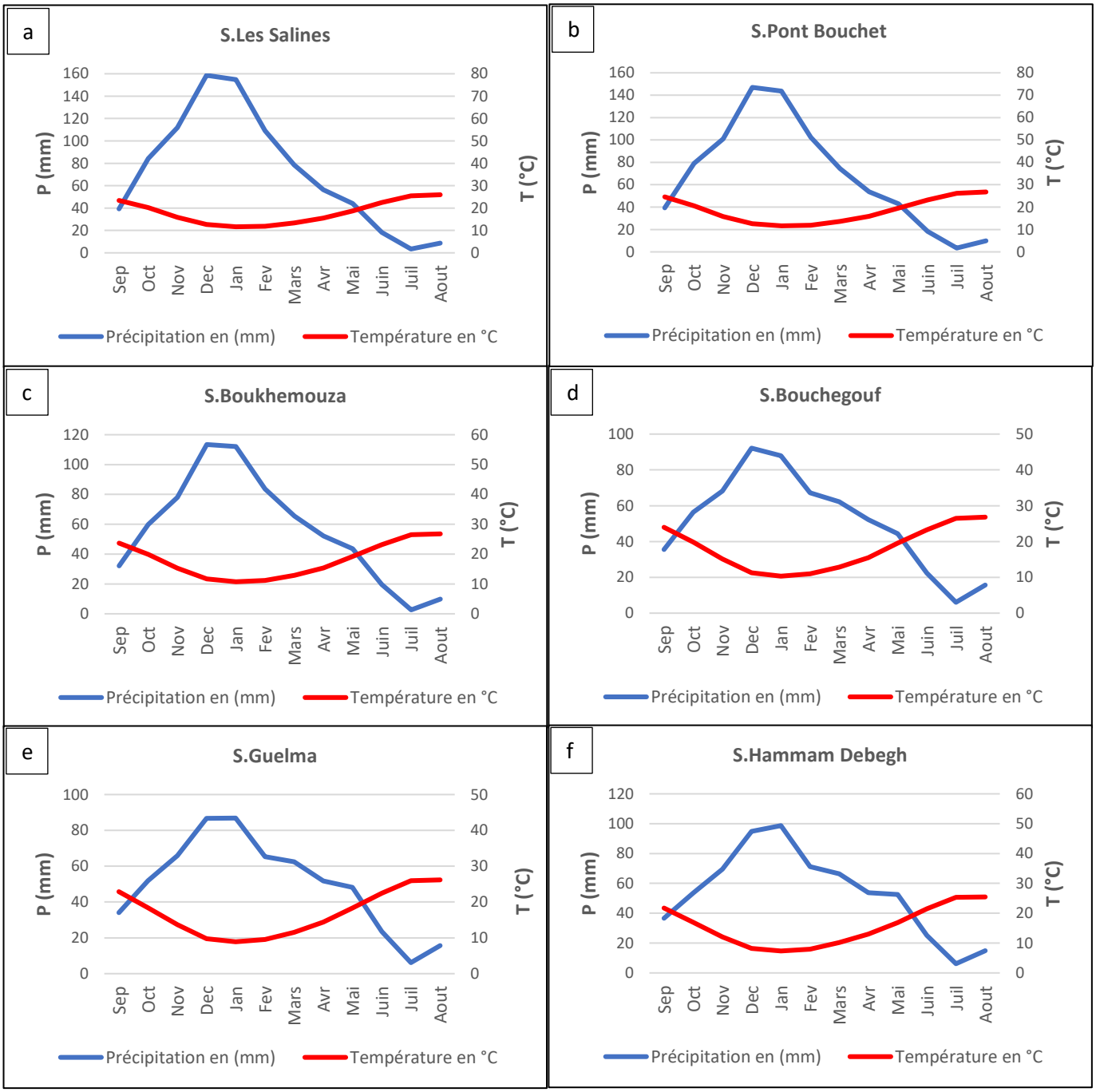
3.3. Diagramme pluviométrique de Gaussen (P=2T) (courbe ombrothermique) :

La représentation de ce diagramme consiste à porter sur le même graphique les variations des températures moyennes (t en °C) et les précipitations (p en mm). Elles sont portées sur deux axes parallèles en fonction du temps. **Bagnouls et Gausen, (1953)** considèrent un mois sec est celui où le total mensuel des précipitations est inférieur ou égal à deux fois la valeur de la température moyenne mensuelle.

Les diagrammes établis font ressortir deux périodes pour les 12 stations :

• Une saison sèche et chaude qui débute à la fin de mois de mai et s'achève au mois de septembre, marquée par une forte évaporation provoquée par l'augmentation de la température.

• Une saison humide plus longue qui s'étend du mois d'Octobre jusqu'au mois de Mai, caractérisée par une précipitation importante.



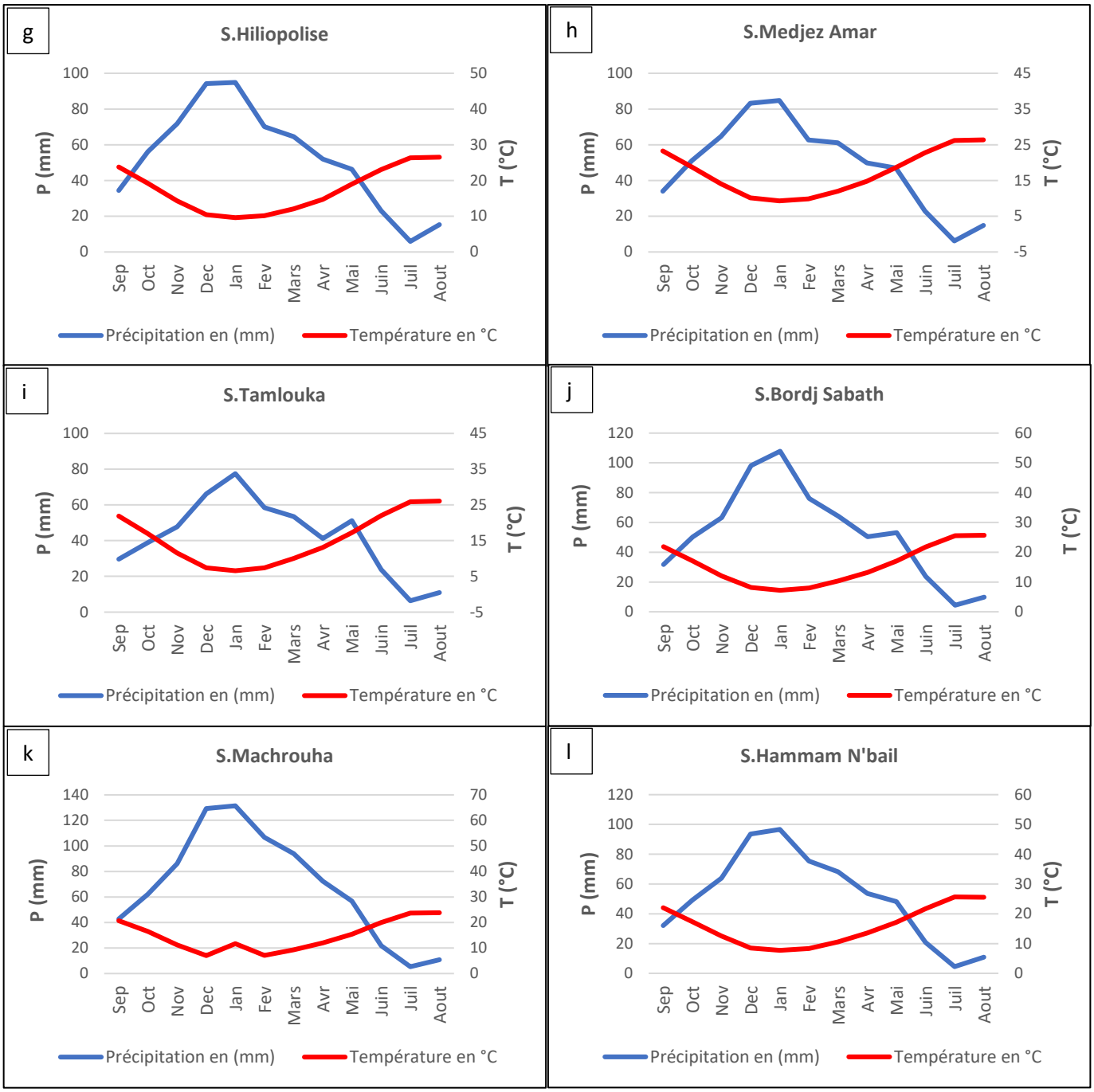


Figure III.32 : (a.b.c.d.e.f.g.h.i.j.k.l) Diagramme pluviométrique de Gaussen**.**

3.4. Classification climatique en fonction de l'indice d'aridité :

L'indice climatique donne un aperçu sur les caractéristiques du climat de la région. Nous calculons en premier l'indice de Martonne, qui va nous renseigner sur les caractéristiques régionales du climat.

3.4.1. L'indice climatique de De MARTONNE (1923) :

- **Indice d'aridité Annuel :**

Le géographe Martonne (1923) définit un indice d'aridité qui se base sur le régime de la précipitation et de la température, calculé selon la formule suivante

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle en (mm).

T : température moyenne annuelle en C°.

I : indice d'aridité annuelle.

L'indice d'aridité de De Martonne, qui utilise les hauteurs annuelles des précipitations (P en mm), et les températures moyennes annuelles (T en °C) , permet de placer une zone donnée dans un étage bioclimatique (De Martonne 1948).

Tableau III.25: Type de climat selon l'indice d'aridité de Martonne (1923).

Indice d'aridité de Martonne	Type de climat
I< 5	Le climat est hyper-aride
5< I< 7.5	Le climat est désertique
7.5< I< 10	Le climat est steppique
10< I< 20	Le climat est semi-aride
20< I< 30	Le climat est tempéré
I> 30	L'écoulement est abondant (climat humide)

- **Indice d'aridité mensuel**

De Martonne a également défini un indice utilisable à l'échelle mensuelle, Pour un mois donné caractérisé par une précipitation moyenne P (mm) et une température moyenne t (°C), l'indice d'aridité mensuel est :

$$I = \frac{12\,P}{T + 10}$$

La pluviométrie est multipliée par 12 de façon à obtenir une valeur de l'indice comparable à celle de l'indice annuel.

Tableau III.26: Indice d'aridité de De Martonne

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Ann,
Les Salines	14,10	33,42	51,98	83,89	85,84	60,03	40,38	26,59	18,39	6,79	1,16	2,90	30,89
Pont Bouchet	13,63	30,99	46,94	78,04	79,69	55,93	37,87	24,91	17,46	6,65	1,14	3,19	28,57
Boukhamouza	11,47	24,03	36,97	62,74	64,84	47,45	34,30	24,68	17,93	7,07	0,86	3,19	23,98
Bouchgouf	12,57	22,67	32,61	51,99	51,85	38,38	32,69	24,58	18,04	8,09	1,99	5,11	21,80
Guelma	12,44	21,91	33,37	52,71	55,17	40,22	34,75	25,44	20,42	8,71	2,05	5,17	22,30
Hammam Debegh	13,83	23,89	37,84	62,63	68,26	47,64	39,49	28,01	23,52	9,59	2,09	5,04	25,19
Héliopolis	12,24	23,07	35,46	55,26	58,10	41,78	35,14	25,22	19,12	8,33	1,94	5,00	22,91
Mdjez Amar	12,27	21,29	32,27	49,64	52,71	37,88	33,34	24,12	19,68	8,35	2,04	4,92	21,42
Tamlouka	11,15	17,31	26,62	45,71	56,08	40,23	32,08	21,39	22,52	8,93	2,13	3,64	19,81
Bordj Sabath	11,96	22,26	34,48	64,90	75,18	50,81	37,77	26,07	23,53	8,95	1,49	3,33	24,67
Machroha	16,71	28,19	48,75	91,14	72,76	74,74	58,29	39,43	26,83	8,71	1,91	3,83	32,95
Hammam N'bail	12,04	21,60	34,13	60,59	65,44	49,36	39,81	27,37	21,31	7,88	1,51	3,68	23,85

Hyper-aride	Aride (désertique)	Steppique	Semi-aride	Tempéré	Humide

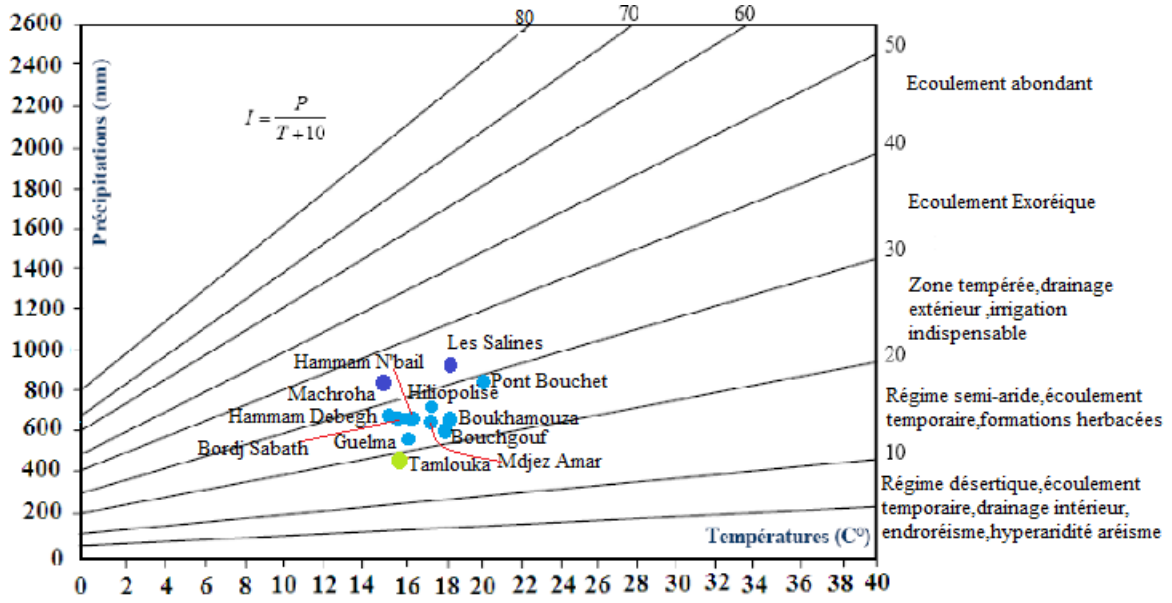


Figure III.33 : Abaque de l'Indice d'aridité Annuel de Martonne.

D'après le tableau III.26, les résultats obtenus montrent que les mois de Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars déterminent d'un climat humide. Les mois d'octobre et avril présentent un climat tempéré. Le climat semi-aride caractérise le mois de Septembre et parfois le mois de mai, alors que le climat aride à hyperaride marque les mois de Juin, Juillet et Août.

On générale les stations du nord et nord-est présentent des indices supérieurs à 30, indiquant un climat de type humide. En se déplaçant vers l'intérieur, on rencontre les stations du climat tempéré ayant des indices entre 20 et 30, comme Guelma, hammam N'bail, boukhamouza, ect. Les résultats obtenus révèlent également que les stations du sud possèdent un climat de type semi-aride avec des indices inférieur à 20.

3.5. L'évapotranspiration et le bilan hydrique :

3.5.1. Etude de l'évapotranspiration :

L'évaporation constitue l'élément le plus important du bilan hydrologique après les précipitations. L'évapotranspiration est l'ensemble des phénomènes d'évaporation (processus physique) et de transpiration (phénomène biologique).

Deux types d'évapotranspiration peuvent être définis :

- L'évapotranspiration potentielle (ETP): c'est l'eau susceptible d'être perdue dans les mêmes conditions quand elle n'est plus facteur limitant .

- L'évapotranspiration réelle (ETR) : c'est l'eau réellement perdue sous forme de vapeur (en fait une partie sera recyclée sous forme de rosée ou précipitations.

3.5.1.1. Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) :

L'évapotranspiration réelle est identifiée au déficit de ruissellement et peut être calculée par de nombreuses formules impliquant l'utilisation de deux paramètres climatiques, à savoir les précipitations et la température. L'évaporation réelle est fonction de la quantité de pluie tombée dans le bassin versant à partir de la réserve maximale d'eau souterraine.

a) Formule de Turc :

$$ETP = \frac{P}{\sqrt{(0.9 + \frac{P^2}{L^2})}}$$

$$L = 300 + 25T + 0.05T^2$$

Avec :

ETR : Evapotranspiration réelle annuelle en mm.

P : Précipitation annuelle en mm.

T : Température moyenne annuelle en °C.

L : Pouvoir évaporant.

b) Formule de Thornthwaite :

Thornthwaite a proposé une équation empirique pour estimer l'évaporation réelle basée sur la calculer les précipitations mensuelles moyennes (P), l'évapotranspiration potentielle (ETP) et la réserve facilement utilisable contenue dans le sol (RFU).

3.5.1.2. Estimation de l'évapotranspiration potentielle :

On appelle évapotranspiration potentielle (ETP), exprimé en hauteur de lame ou tranche d'eau évaporée, la somme des quantités d'eau pouvant s'évaporer et transpirer sur une surface donnée et pendant une période bien définie, en considérant des apports d'eau suffisants.

Pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle nous avons utilisé la formule de Thornthwaite qui a établi une correction entre la température moyenne mensuelle et l'évapotranspiration mensuelle, cet auteur définit d'abord un indice thermique mensuel (i),

où : $i = (T/5)^{1.5}$

$$\mathrm{ETP} = 16.(10\frac{T}{I})^{a}.K$$

dont:

$$I = \sum i$$

$$a = (\frac{1.6\,I}{100 + 0.5})$$

ETP : Evapotranspiration potentielle du mois considéré en mm.

T : Température moyenne du mois considéré en °C.

K : Coefficient d'ajustement mensuel.

i : Indice thermique mensuel.

Pour corriger la valeur de l'ETP on doit les multiplier par un coefficient K qui dépend de la latitude.

$$\mathrm{ETPc} = \mathrm{ETP}.K$$

ETPc : Evapotranspiration potentielle corrigée (mm)

K : facteur correctif fonction du mois (m) et de la latitude. Les valeurs sont prises pour une Latitude de 36°.

3.5.2. Calcul du bilan hydrologique de Thornthwaite :

Pour classer l'ensemble des climats du monde, l'Américain Charles Warren Thornthwaite a développé en 1948 une méthode permettant de calculer le bilan moyen mensuel et annuel de l'eau, en utilisant une évaluation théorique dès l'évapotranspiration potentielle à partir de la température les précipitations et de l'intervalle d'insolation. Grâce à cette méthode, il est possible de déterminer les divers paramètres du bilan hydrique, notamment l'évapotranspiration réelle (déficit d'écoulement réel), en utilisant le calcul de l'évapotranspiration possible.

Donc le bilan hydrologique est une évaluation de la quantité d'eau entrant dans un système et de la quantité d'eau sortant de ce système sur une période donnée. Il est utilisé pour étudier l'équilibre de l'eau dans un environnement spécifique, tel qu'un bassin versant, une zone agricole ou une région donnée. Le bilan hydrologique est souvent utilisé pour évaluer la disponibilité de l'eau, comprendre les flux d'eau et estimer les besoins en eau d'une région.

Le calcul du bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite est une approche utilisée pour estimer les variations des stocks d'eau dans un bassin hydrologique donné.

Le principe de calcul du bilan hydrologique de Thornthwaite est le suivant :

4. Si pour un mois les précipitations sont supérieures ou égales à l'évapotranspiration potentielle, on pose que l'ETP = ETR, la quantité d'eau qui reste (P - ETR) va alimenter la RFU jusqu'à son maximum (100 m) et si elle dépasse cette valeur il y aura un excès (WS) qui va partir soit sous forme d'infiltration efficace vers la nappe, soit sous forme de ruissellement.
5. Si les précipitations sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle, la valeur de ETR = P + RFU, jusqu'à égalisation avec ETP.
6. Si la RFU est nulle, il va se produire un déficit agricole Da = ETP – ETR, ce dernier paramètre représente alors le besoin des cultures à l'irrigation.

Les résultats obtenus des différents paramètres du bilan hydrique sont récapitulés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau III.27: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station des Salines (1958-2021)

Période	T_p (°C)	i	K	ETP_C (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	24,6	11,1	1,04	116,2	39,3	-77,0	-0,7	0,0	0,0	39,3	77,0	0,0
O	20,6	8,5	0,98	78,6	79,1	0,5	0,0	0,5	0,5	78,6	0,0	0,0
N	15,8	5,7	0,85	40,6	101,0	60,4	1,5	60,4	61,0	40,6	0,0	0,0
D	12,6	4,1	0,84	25,7	147,0	121,2	4,7	39,0	100,0	25,7	0,0	82,2
J	11,6	3,6	0,86	22,7	143,7	121,0	5,3	0,0	100,0	22,7	0,0	121,0
F	12,0	3,7	0,85	23,6	102,3	78,7	3,3	0,0	100,0	23,6	0,0	78,7
M	13,6	4,6	1,03	36,9	74,6	37,7	1,0	0,0	100,0	36,9	0,0	37,7
A	15,8	5,7	1,09	52,0	53,7	1,7	0,0	0,0	100,0	52,0	0,0	1,7
M	19,6	7,9	1,21	87,4	43,0	-44,4	-0,5	-44,4	55,6	87,4	0,0	0,0
J	23,2	10,2	1,21	121,6	18,4	-103,2	-0,8	-55,6	0,0	74,0	47,6	0,0
J	26,2	12,3	1,23	156,6	3,4	-153,1	-1,0	0,0	0,0	3,4	153,1	0,0
A	26,8	12,7	1,16	154,3	9,8	-144,5	-0,9	0,0	0,0	9,8	144,5	0,0
Année	18,5	90,1		916,1	815,2	-100,9				493,9	422,2	321,3

Tableau III.28: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station Bont bouchet (1958-2021).

Période	T_p (°C)	i	K	ETP_C (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	23,4	10,4	1,04	108,3	39,3	-69,0	-0,6	0,0	0,0	39,3	69,0	0,0
O	20,2	8,3	0,98	77,9	84,2	6,3	0,1	6,3	6,3	77,9	0,0	0,0
N	15,9	5,7	0,85	42,5	112,0	69,5	1,6	69,5	75,8	42,5	0,0	0,0
D	12,7	4,1	0,84	27,5	158,6	131,1	4,8	24,2	100,0	27,5	0,0	106,9
J	11,6	3,6	0,86	24,1	154,9	130,7	5,4	0,0	100,0	24,1	0,0	130,7
F	11,8	3,7	0,85	24,5	109,2	84,7	3,5	0,0	100,0	24,5	0,0	84,7
M	13,4	4,4	1,03	37,3	78,6	41,3	1,1	0,0	100,0	37,3	0,0	41,3
A	15,5	5,5	1,09	51,9	56,5	4,6	0,1	0,0	100,0	51,9	0,0	4,6
M	18,8	7,4	1,21	83,4	44,1	-39,3	-0,5	-39,3	60,7	83,4	0,0	0,0
J	22,4	9,7	1,21	116,8	18,4	-98,5	-0,8	-60,7	0,0	79,0	37,8	0,0
J	25,4	11,7	1,23	150,4	3,4	-147,0	-1,0	0,0	0,0	3,4	147,0	0,0
A	26,0	12,1	1,16	147,4	8,7	-138,7	-0,9	0,0	0,0	8,7	138,7	0,0
Année	18,1	86,7		892,2	867,9	-24,3				499,7	392,5	368,2

Tableau III.29: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station Boukhemouza (1958-2021).

Période	T_p (°C)	i	K	ETP_C (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	23,7	10,5	1,04	110,3	32,2	-78,1	-0,7	0,0	0,0	32,2	78,1	0,0
O	19,9	8,1	0,98	75,1	59,8	-15,3	-0,2	0,0	0,0	59,8	15,3	0,0
N	15,3	5,4	0,85	39,6	78,0	38,3	1,0	38,3	38,3	39,6	0,0	0,0
D	11,7	3,6	0,84	23,5	113,4	89,9	3,8	61,7	100,0	23,5	0,0	28,2
J	10,7	3,2	0,86	20,6	112,0	91,5	4,4	0,0	100,0	20,6	0,0	91,5
F	11,1	3,4	0,85	21,8	83,6	61,8	2,8	0,0	100,0	21,8	0,0	61,8
M	12,9	4,2	1,03	34,7	65,5	30,7	0,9	0,0	100,0	34,7	0,0	30,7
A	15,4	5,5	1,09	51,2	52,2	1,0	0,0	0,0	100,0	51,2	0,0	1,0
M	19,2	7,7	1,21	87,1	43,7	-43,4	-0,5	-43,4	56,6	87,1	0,0	0,0
J	23,2	10,2	1,21	123,8	19,5	-104,2	-0,8	-56,6	0,0	76,1	47,7	0,0
J	26,5	12,5	1,23	162,6	2,6	-160,0	-1,0	0,0	0,0	2,6	160,0	0,0
A	26,8	12,7	1,16	156,3	9,8	-146,5	-0,9	0,0	0,0	9,8	146,5	0,0
Année	18,0	87,0		906,6	672,3	-234,3				459,0	447,6	213,2

Tableau III.30: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station Bouchegouf (1958-2021).

Période	**T_p (°C)**	**i**	**K**	**ETP_C (mm)**	**Pr (mm)**	**BH (mm)**	**CH**	**VR (mm)**	**RFU (mm)**	**ETR (mm)**	**DEF (mm)**	**EXC (mm)**
S	23,9	10,7	1,04	112,7	35,6	-77,1	-0,7	0,0	0,0	35,6	77,1	0,0
O	19,9	8,1	0,98	75,1	56,4	-18,7	-0,2	0,0	0,0	56,4	18,7	0,0
N	15,1	5,3	0,85	38,8	68,3	29,5	0,8	29,5	29,5	38,8	0,0	0,0
D	11,3	3,4	0,84	22,0	92,2	70,2	3,2	70,2	99,7	22,0	0,0	0,0
J	10,3	3,0	0,86	19,2	87,8	68,7	3,6	0,3	100,0	19,2	0,0	68,4
F	11,0	3,3	0,85	21,3	67,2	45,8	2,2	0,0	100,0	21,3	0,0	45,8
M	12,8	4,2	1,03	34,5	62,2	27,7	0,8	0,0	100,0	34,5	0,0	27,7
A	15,5	5,5	1,09	51,9	52,2	0,4	0,0	0,0	100,0	51,9	0,0	0,4
M	19,5	7,9	1,21	89,9	44,4	-45,5	-0,5	-45,5	54,5	89,9	0,0	0,0
J	23,3	10,3	1,21	125,0	22,4	-102,6	-0,8	-54,5	0,0	77,0	48,1	0,0
J	26,5	12,5	1,23	162,1	6,1	-156,0	-1,0	0,0	0,0	6,1	156,0	0,0
A	26,8	12,7	1,16	156,7	15,7	-141,0	-0,9	0,0	0,0	15,7	141,0	0,0
Année	18,0	86,9		909,0	610,4	-298,6				468,1	440,9	142,3

Tableau III.31: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station Guelma (1958-2021).

Période	T_p (°C)	i	K	ETP_C (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	22,9	10,0	1,04	107,9	34,1	-73,9	-0,7	0,0	0,0	34,1	73,9	0,0
O	18,4	7,2	0,98	69,7	51,9	-17,9	-0,3	0,0	0,0	51,9	17,9	0,0
N	13,7	4,6	0,85	35,6	65,8	30,2	0,8	30,2	30,2	35,6	0,0	0,0
D	9,8	2,8	0,84	19,4	86,8	67,4	3,5	67,4	97,6	19,4	0,0	0,0
J	8,9	2,4	0,86	16,9	86,9	69,9	4,1	2,4	100,0	16,9	0,0	67,5
F	9,5	2,6	0,85	18,8	65,4	46,6	2,5	0,0	100,0	18,8	0,0	46,6
M	11,6	3,6	1,03	32,2	62,5	30,3	0,9	0,0	100,0	32,2	0,0	30,3
A	14,4	5,0	1,09	50,0	51,8	1,7	0,0	0,0	100,0	50,0	0,0	1,7
M	18,3	7,1	1,21	85,3	48,2	-37,2	-0,4	-37,2	62,8	85,3	0,0	0,0
J	22,4	9,7	1,21	122,3	23,5	-98,8	-0,8	-62,8	0,0	86,4	35,9	0,0
J	26,0	12,1	1,23	160,8	6,2	-154,6	-1,0	0,0	0,0	6,2	154,6	0,0
A	26,2	12,3	1,16	154,0	15,6	-138,4	-0,9	0,0	0,0	15,6	138,4	0,0
Année	16,8	79,3		873,0	598,4	-274,5				452,3	420,6	146,1

Tableau III.32: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station Hammam Debegh (1958-2021).

Période	T_p (°C)	i	K	ETP_C (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	21,7	9,2	1,04	103,2	36,6	-66,6	-0,6	0,0	0,0	36,6	66,6	0,0
O	16,9	6,3	0,98	65,2	53,7	-11,5	-0,2	0,0	0,0	53,7	11,5	0,0
N	12,0	3,8	0,85	32,1	69,5	37,4	1,2	37,4	37,4	32,1	0,0	0,0
D	8,2	2,1	0,84	16,8	94,9	78,0	4,6	62,6	100,0	16,8	0,0	15,4
J	7,4	1,8	0,86	14,6	98,7	84,1	5,8	0,0	100,0	14,6	0,0	84,1
F	7,9	2,0	0,85	16,2	71,1	54,9	3,4	0,0	100,0	16,2	0,0	54,9
M	10,2	2,9	1,03	29,5	66,4	36,8	1,2	0,0	100,0	29,5	0,0	36,8
A	13,0	4,3	1,09	46,7	53,7	7,0	0,2	0,0	100,0	46,7	0,0	7,0
M	16,9	6,3	1,21	79,7	52,6	-27,1	-0,3	-27,1	72,9	79,7	0,0	0,0
J	21,4	9,1	1,21	118,3	25,1	-93,2	-0,8	-72,9	0,0	98,0	20,3	0,0
J	25,4	11,7	1,23	158,2	6,2	-152,1	-1,0	0,0	0,0	6,2	152,1	0,0
A	25,5	11,8	1,16	150,3	14,9	-135,4	-0,9	0,0	0,0	14,9	135,4	0,0
Année	15,5	71,2		830,7	643,2	-187,5				444,9	385,8	198,3

Tableau III.33: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station Héliopolis (1958-2021).

Période	T_p (°C)	i	K	ETP_C (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	23,8	10,6	1,04	113,4	34,5	-78,9	-0,7	0,0	0,0	34,5	78,9	0,0
O	19,2	7,7	0,98	72,7	56,1	-16,5	-0,2	0,0	0,0	56,1	16,5	0,0
N	14,3	4,9	0,85	36,6	71,8	35,2	1,0	35,2	35,2	36,6	0,0	0,0
D	10,5	3,1	0,84	20,4	94,2	73,8	3,6	64,8	100,0	20,4	0,0	9,0
J	9,6	2,7	0,86	17,9	94,9	77,0	4,3	0,0	100,0	17,9	0,0	77,0
F	10,1	2,9	0,85	19,5	70,1	50,6	2,6	0,0	100,0	19,5	0,0	50,6
M	12,0	3,8	1,03	32,4	64,6	32,1	1,0	0,0	100,0	32,4	0,0	32,1
A	14,7	5,1	1,09	49,3	51,9	2,6	0,1	0,0	100,0	49,3	0,0	2,6
M	19,0	7,6	1,21	88,2	46,2	-42,0	-0,5	-42,0	58,0	88,2	0,0	0,0
J	23,0	10,1	1,21	125,3	22,9	-102,4	-0,8	-58,0	0,0	81,0	44,3	0,0
J	26,4	12,4	1,23	163,1	5,9	-157,2	-1,0	0,0	0,0	5,9	157,2	0,0
A	26,5	12,5	1,16	155,5	15,2	-140,3	-0,9	0,0	0,0	15,2	140,3	0,0
Année	17,4	83,3		894,2	628,3	-265,9				457,0	437,2	171,3

Tableau III.34: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station Medjez Amar (1958-2021).

Période	T_p (°C)	i	K	ETP_C (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	23,2	10,2	1,04	109,8	34,0	-75,8	-0,7	0,0	0,0	34,0	75,8	0,0
O	18,8	7,4	0,98	71,0	51,1	-19,9	-0,3	0,0	0,0	51,1	19,9	0,0
N	14,1	4,8	0,85	36,3	64,7	28,4	0,8	28,4	28,4	36,3	0,0	0,0
D	10,1	2,9	0,84	19,8	83,2	63,4	3,2	63,4	91,8	19,8	0,0	0,0
J	9,3	2,6	0,86	17,5	84,8	67,2	3,8	8,2	100,0	17,5	0,0	59,0
F	9,9	2,8	0,85	19,2	62,7	43,5	2,3	0,0	100,0	19,2	0,0	43,5
M	12,0	3,8	1,03	33,2	61,2	28,0	0,8	0,0	100,0	33,2	0,0	28,0
A	14,8	5,2	1,09	50,7	49,8	-1,0	0,0	-1,0	99,0	50,7	0,0	0,0
M	18,6	7,3	1,21	86,3	47,0	-39,3	-0,5	-39,3	59,7	86,3	0,0	0,0
J	22,8	9,9	1,21	123,9	22,8	-101,0	-0,8	-59,7	0,0	82,5	41,3	0,0
J	26,2	12,3	1,23	162,1	6,2	-155,9	-1,0	0,0	0,0	6,2	155,9	0,0
A	26,4	12,4	1,16	154,8	14,9	-139,9	-0,9	0,0	0,0	14,9	139,9	0,0
Année	17,2	81,5		884,6	582,2	-302,4				451,7	432,9	130,5

Tableau III.35: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station Tamelouka (1958-2021).

Période	T_p (°C)	i	K	ETP_C (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	21,9	9,3	1,04	104,1	29,6	-74,5	-0,7	0,0	0,0	29,6	74,5	0,0
O	17,0	6,4	0,98	65,0	38,9	-26,1	-0,4	0,0	0,0	38,9	26,1	0,0
N	11,5	3,6	0,85	29,8	47,8	18,0	0,6	18,0	18,0	29,8	0,0	0,0
D	7,4	1,8	0,84	14,0	66,1	52,1	3,7	52,1	70,1	14,0	0,0	0,0
J	6,6	1,5	0,86	12,0	77,5	65,5	5,5	29,9	100,0	12,0	0,0	35,6
F	7,4	1,8	0,85	14,4	58,4	44,0	3,0	0,0	100,0	14,4	0,0	44,0
M	10,0	2,9	1,03	28,6	53,5	24,9	0,9	0,0	100,0	28,6	0,0	24,9
A	13,1	4,3	1,09	46,8	41,2	-5,7	-0,1	-5,7	94,3	46,8	0,0	0,0
M	17,2	6,5	1,21	82,4	51,1	-31,3	-0,4	-31,3	63,0	82,4	0,0	0,0
J	22,0	9,4	1,21	123,0	23,8	-99,2	-0,8	-63,0	0,0	86,9	36,1	0,0
J	25,9	12,1	1,23	163,6	6,4	-157,3	-1,0	0,0	0,0	6,4	157,3	0,0
A	26,1	12,2	1,16	156,1	10,9	-145,2	-0,9	0,0	0,0	10,9	145,2	0,0
Année	15,5	71,7		839,9	505,2	-334,7				400,7	439,2	104,4

Tableau III.36: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station Bordj Sebath (1958-2021).

Période	T_p (°C)	i	K	ETP_C (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	21,8	9,3	1,04	103,5	31,7	-71,8	-0,7	0,0	0,0	31,7	71,8	0,0
O	17,1	6,4	0,98	65,5	50,3	-15,3	-0,2	0,0	0,0	50,3	15,3	0,0
N	12,0	3,8	0,85	31,6	63,3	31,6	1,0	31,6	31,6	31,6	0,0	0,0
D	8,2	2,1	0,84	16,4	98,2	81,8	5,0	68,4	100,0	16,4	0,0	13,4
J	7,2	1,7	0,86	13,8	107,8	94,0	6,8	0,0	100,0	13,8	0,0	94,0
F	8,0	2,0	0,85	16,2	76,2	60,0	3,7	0,0	100,0	16,2	0,0	60,0
M	10,4	3,0	1,03	30,0	64,1	34,1	1,1	0,0	100,0	30,0	0,0	34,1
A	13,2	4,4	1,09	47,3	50,4	3,1	0,1	0,0	100,0	47,3	0,0	3,1
M	17,1	6,4	1,21	80,8	53,1	-27,7	-0,3	-27,7	72,3	80,8	0,0	0,0
J	21,7	9,3	1,21	120,5	23,7	-96,8	-0,8	-72,3	0,0	96,0	24,5	0,0
J	25,5	11,8	1,23	159,7	4,4	-155,2	-1,0	0,0	0,0	4,4	155,2	0,0
A	25,7	11,9	1,16	152,3	9,9	-142,4	-0,9	0,0	0,0	9,9	142,4	0,0
Année	15,7	72,2		837,6	633,1	-204,5				428,4	409,2	204,7

Tableau III.37: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station Machrouha (1958-2021).

Période	T_p (°C)	i	K	ETP_C (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	20,7	8,6	1,04	97,8	42,7	-55,1	-0,6	0,0	0,0	42,7	55,1	0,0
O	16,5	6,1	0,98	65,3	62,2	-3,1	0,0	0,0	0,0	62,2	3,1	0,0
N	11,2	3,4	0,85	30,9	86,1	55,2	1,8	55,2	55,2	30,9	0,0	0,0
D	7,0	1,7	0,84	14,7	129,3	114,6	7,8	44,8	100,0	14,7	0,0	69,8
J	11,7	3,6	0,86	33,5	131,4	97,9	2,9	0,0	100,0	33,5	0,0	97,9
F	7,1	1,7	0,85	15,3	106,7	91,4	6,0	0,0	100,0	15,3	0,0	91,4
M	9,3	2,6	1,03	28,1	93,9	65,7	2,3	0,0	100,0	28,1	0,0	65,7
A	12,0	3,8	1,09	44,0	72,3	28,3	0,6	0,0	100,0	44,0	0,0	28,3
M	15,4	5,5	1,21	72,7	56,8	-15,8	-0,2	-15,8	84,2	72,7	0,0	0,0
J	20,0	8,1	1,21	108,6	21,7	-86,8	-0,8	-84,2	0,0	105,9	2,6	0,0
J	23,7	10,5	1,23	143,8	5,4	-138,5	-1,0	0,0	0,0	5,4	138,5	0,0
A	23,8	10,6	1,16	137,2	10,8	-126,4	-0,9	0,0	0,0	10,8	126,4	0,0
Année	14,9	66,2		791,9	819,4	27,5				466,2	325,7	353,2

Tableau III.38: Bilan hydrique selon Thornthwaite - Station Hammam N'bail (1958-2021).

Période	T_p (°C)	i	K	ETP_C (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	22,0	9,4	1,04	104,5	32,1	-72,3	-0,7	0,0	0,0	32,1	72,3	0,0
O	17,4	6,6	0,98	66,5	49,2	-17,2	-0,3	0,0	0,0	49,2	17,2	0,0
N	12,5	4,0	0,85	33,2	64,0	30,8	0,9	30,8	30,8	33,2	0,0	0,0
D	8,5	2,2	0,84	17,3	93,6	76,3	4,4	69,2	100,0	17,3	0,0	7,1
J	7,7	1,9	0,86	15,1	96,6	81,6	5,4	0,0	100,0	15,1	0,0	81,6
F	8,3	2,2	0,85	16,9	75,4	58,5	3,5	0,0	100,0	16,9	0,0	58,5
M	10,5	3,1	1,03	30,3	68,2	37,9	1,3	0,0	100,0	30,3	0,0	37,9
A	13,5	4,5	1,09	48,4	53,7	5,3	0,1	0,0	100,0	48,4	0,0	5,3
M	17,2	6,5	1,21	80,6	48,2	-32,4	-0,4	-32,4	67,6	80,6	0,0	0,0
J	21,7	9,2	1,21	119,1	20,8	-98,3	-0,8	-67,6	0,0	88,4	30,7	0,0
J	25,6	11,9	1,23	160,4	4,5	-155,9	-1,0	0,0	0,0	4,5	155,9	0,0
A	25,5	11,8	1,16	150,1	10,9	-139,2	-0,9	0,0	0,0	10,9	139,2	0,0
Année	15,9	73,4		842,2	617,2	-225,0				426,9	415,3	190,4

L'expression générale du bilan hydrique s'écrit comme suit :

$$P = ETR + R + I$$

Où :

P : précipitation moyenne annuelle, mm ;

ETR : évapotranspiration réelle moyenne selon le bilan de Thornthwaite, (mm) ;

Le ruissellement (R) est calculé par la formule de Tixeront Berkaloff, en mm :

$$R = P^3 / 3(ETPc)^2 ;$$

I : infiltration, en mm. Elle est calculée par la formule suivante :

$$I = P - (ETR + R).$$

Les résultats sont montrés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.39: Les résultats globaux :

Stations	ETP (mm)	ETR (mm)	P	R	I	R+I (mm)	(R+I) %
Salines	892,2	499,7	867,9	273.75	94.47	368.22	42.42
Boukhemouza	906,6	459,0	672,3	224.1	10.80	234.9	34.96
Bouchegouf	909,0	468,1	610,4	203.46	61.16	264.62	43.34
Guelma	873,0	452,3	598,4	93.71	52.39	146.1	24.37
Hammam debegh	830,7	444,9	643,2	128.53	69.77	198.3	30.82
Héliopolis	894,2	457,0	628,3	103.39	67.91	171.3	27.25
Mdjez Amar	884,6	451,7	582,2	84.06	46.44	130.5	22.4
Tamelouka	839,9	400,7	505,2	60.92	43.58	104.5	20.67
Bordj sabath	791,9	428,4	633,1	120.56	84.14	204.7	32.33
Machrouha	791,9	466,2	819,4	292.43	60.77	353.2	43.09
Hammam n'bail	842,2	426,9	617,2	110.49	79.81	190.3	30.83
Pont Bouchet	916,1	493,9	815,2	215.14	106.10	321.24	39.41

3.5.3. Interprétation du bilan :

L'examen du tableau III.39, montre que :

- Le déficit agricole moyen est de l'ordre de 414.09 mm, il arrive à son maximum durant les mois de juillet et août.
- Les valeurs de l'excédent vont de 104.4 à 368.2 (mm) avec une totalité excédentaire moyenne annuelles est de 211.99 qui servent à l'alimentation des eaux souterraines.
- Une différence significative est observée entre les valeurs d'évapotranspiration potentielle et réelle, où l'ETP moyenne annuelle est de l'ordre de 868.16 mm alors que l'ETR moyenne annuelle est de 454.06 mm.

- Lorsque les sols sont saturés en eau, leur cohésion diminue : l'eau agit comme un lubrifiant entre les particules du sol, réduisant ainsi la résistance au cisaillement.
- Cette situation, surtout après de fortes pluies (été ou automne selon le climat local), favorise le déclenchement de glissements de terrain.
- Les périodes où le déficit hydrique est faible et l'excédent hydrique est élevé correspondent donc à des moments critiques pour l'instabilité des pentes.

3.6. Relation précipitation et déclenchement des glissements de terrain :

D'après les résultats obtenus dans ce chapitre, les données d'archives collectées, les travaux réalisé par les différentes sociétés tels que le DTP, LTPE et la SETS sur le phénomène des glissements de terrain dans la zone d'étude (chapitre I), et l'inventaire des glissements de terrain qu'on a réalisé avec des enquêtes et des observations sur le terrain (chapitre V) , ont confirmé que les emplacements de glissement de terrain historiques se sont produits à cause des fortes pluies qui subit la région dans les périodes hivernaux,

L'activité des glissements de terrain atteint son maximum pendant et juste après les événements pluvieux. Au cours des hivers 2008 2010 et 2012 2019 et 2021. Cette étude montre une relation étroite entre les glissements de terrain et les précipitations, ou l'augmentation des épisodes pluvieux intenses, engendrera l'augmentation de phénomène des glissements de terrain.

La carte ci-dessous montre la répartition spatiale des précipitations moyennes annuelles et la répartition des glissements de terrain détectés.

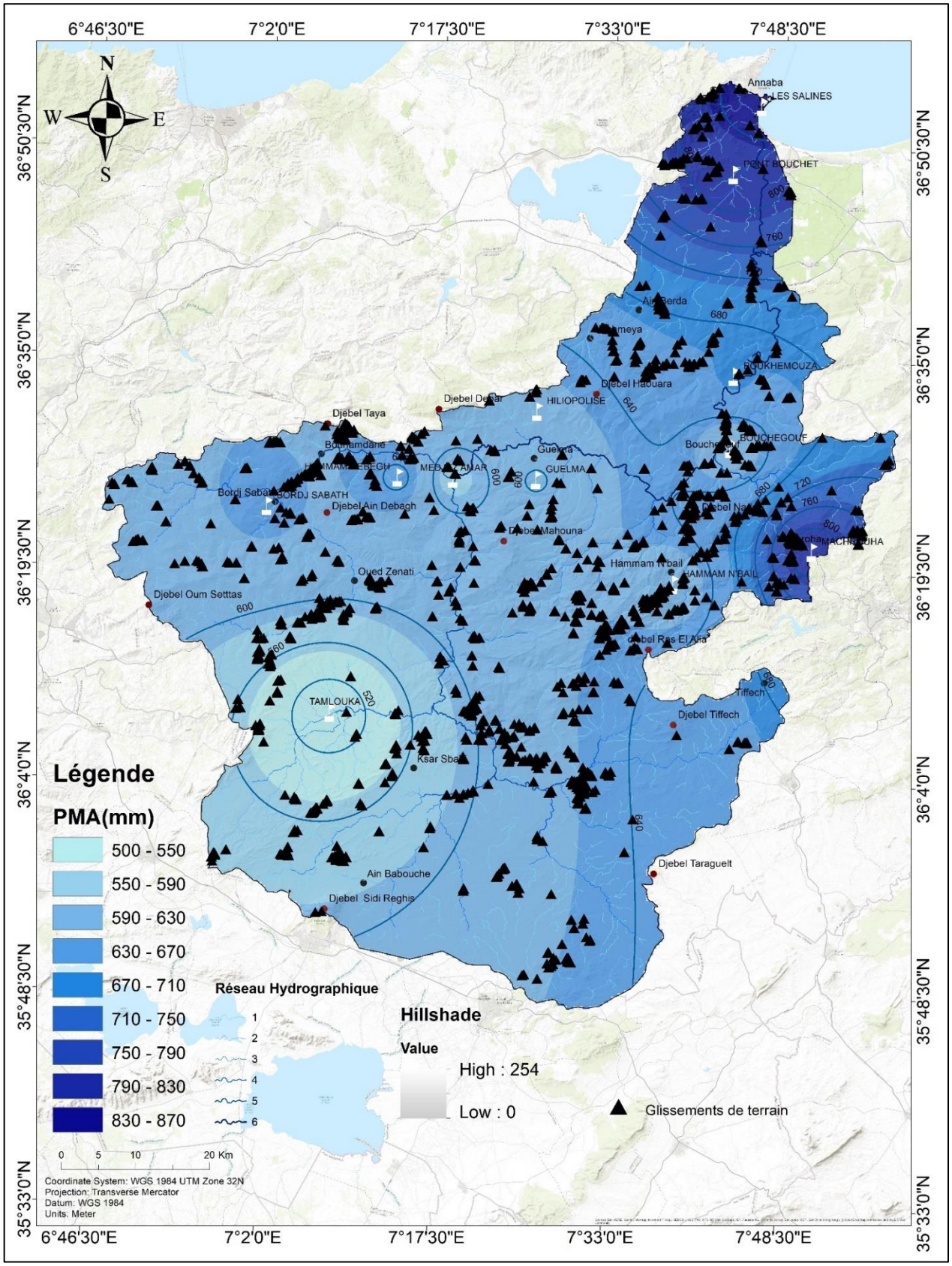


Figure III.34 : carte des précipitations moyennes annuelles et la répartition spatiale des glissements de terrain.

4. Conclusion :

La cartographie des précipitations en Algérie a fait l'objet de quelques travaux relativement anciens mériteraient d'être réactualisés : la carte pluviométrique de Seltzer (1946) qui a été établie à l'échelle du 1/1.000.000, d'après les moyennes brutes de 25 années climatiques, de septembre 1913 à août 1938 ; la carte au 1/500.000 de Gaussen (1948) qui couvre la période 1913-1947 et la carte au 1/500.000 de Chaumont et Paquin (1971) qui représente les précipitations annuelles moyennes ramenées à une période de 50 ans (1913-1963). Ces travaux sont basés sur l'interpolation manuelle du contour des isohyètes à partir des données mesurées aux stations en s'appuyant sur un fond hypsométrique (Mebarki, 2005). La carte réalisée en 1993 par l'agence nationale des ressources hydrique a substituée l'approche cartographique fondée sur l'interpolation manuelle par une méthode de cartographique automatique opérationnelle, basée sur la géostatistique. Cette carte est à l'échelle du 1/500.000 (2 coupures), et représente les moyennes de 60 ans (du 1er septembre 1921 au 31 août 1960 et du 1er septembre 1968 au 31août 1989). Plus récemment, des séries d'analyses et de cartographie des précipitations ont été menées sur l'ensemble ou une partie du pays comme celles de Aissani et Laborde 1983, Anser 1998, Davtian 1998, Mouhous 1997, Meddi et Humbert 2000, Touazi 2001, Ineglizs 2002, Laborde et al 2003, Touaibia et al 2006 et Louamri 2009. La thèse de Mebarki (2005) demeure le travail le plus complet à ce jour sur la pluviométrie du Nord-est algérien). En effet, ce chapitre vise à compléter et apporter des améliorations à la cartographie des précipitations pour la région.

L'analyse des données de la région d'étude montre que les caractéristiques climatiques de la Seybouse, sont étroitement liées à sa position géographique, et à son relief. Elles sont connues par leur irrégularité d'une année à l'autre et d'une saison à l'autre. Cette irrégularité est marquée notamment par de fortes variabilités spatiales et surtout temporelles des précipitations et des températures. L'évolution annuelle de ces deux paramètres, permet de distinguer une période chaude et sèche, et une période froide et humide pour le reste de l'année. L'irrégularité interannuelle qui est aussi l'une des caractéristiques de la région d'étude, se traduit par une sécheresse plus ou moins marquée, et qui confirme le caractère semi-aride du climat dans le sud de terrain d'étude. Les hauteurs moyennes annuelles et mensuelles enregistrées dans les stations retenues dans l'étude, montrent clairement la variabilité spatiale des précipitations.

CHAPITRE IV :
ETUDE GEOLOGIQUE, GEOTECHNIQUE ET MINERALOGIQUE DES MATERIAUX ASSOCIES AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN



1.Introduction :

La région d'étude se caractérise par son terrain accidenté et de nature très variée et menacée par des glissements de terrain qui touchent plusieurs endroits de cette zone d'étude et influe beaucoup plus sur son réseau routier surtout durant ou après les pluies torrentielles.

Les formations les plus actives dans la région d'étude sont des formations sédimentaires meubles (les argiles, les marnes, les alluvions et les formations évaporitiques comme le gypse…). C'est en effet à ce niveau que se localisent les glissements de terrain.

Pour faire la caractérisation des formations instables dans la région d'étude, on a structuré le travail en trois étapes principales :

La première étape consiste à réaliser l'inventaire et la caractérisation des glissements de terrain récents et actuels de notre zone étude.

La deuxième étape comprend le cadre géologique et le comportement géotechnique des faciès géologiques agissant dans les glissements de terrain.

La troisième étape consiste à caractériser la minéralogie de certaines formations instables pour mieux comprendre leurs mécanismes de comportement géotechnique.

2.Inventaire des glissements de terrain :

Un inventaire des glissements de terrain a été réalisé sur différentes zones dans le bassin versant de la Seybouse. Dans cette étude, les glissements de terrain sur l'ensemble du territoire étudié ont été premièrement identifiés grâce à l'exploitation de données bibliographiques, ce qui a permis de compiler un nombre important d'occurrences de glissements de terrain dans la région. Et deuxièmement par l'interprétation visuelle d'images satellitaires suivie de plusieurs visites et observations de terrain (de 2021 à 2024). Ensuite, leur cartographie numérique a été conduite directement au sein et à l'aide du programme ArcGis 10.8 pour construire une partie de la base de données. L'inventaire effectué a permis de détecter 2633 mouvements de terrain.la carte d'inventaire si dessous montre la répartition spatiale de ces points de glissements dans la zone d'étude.

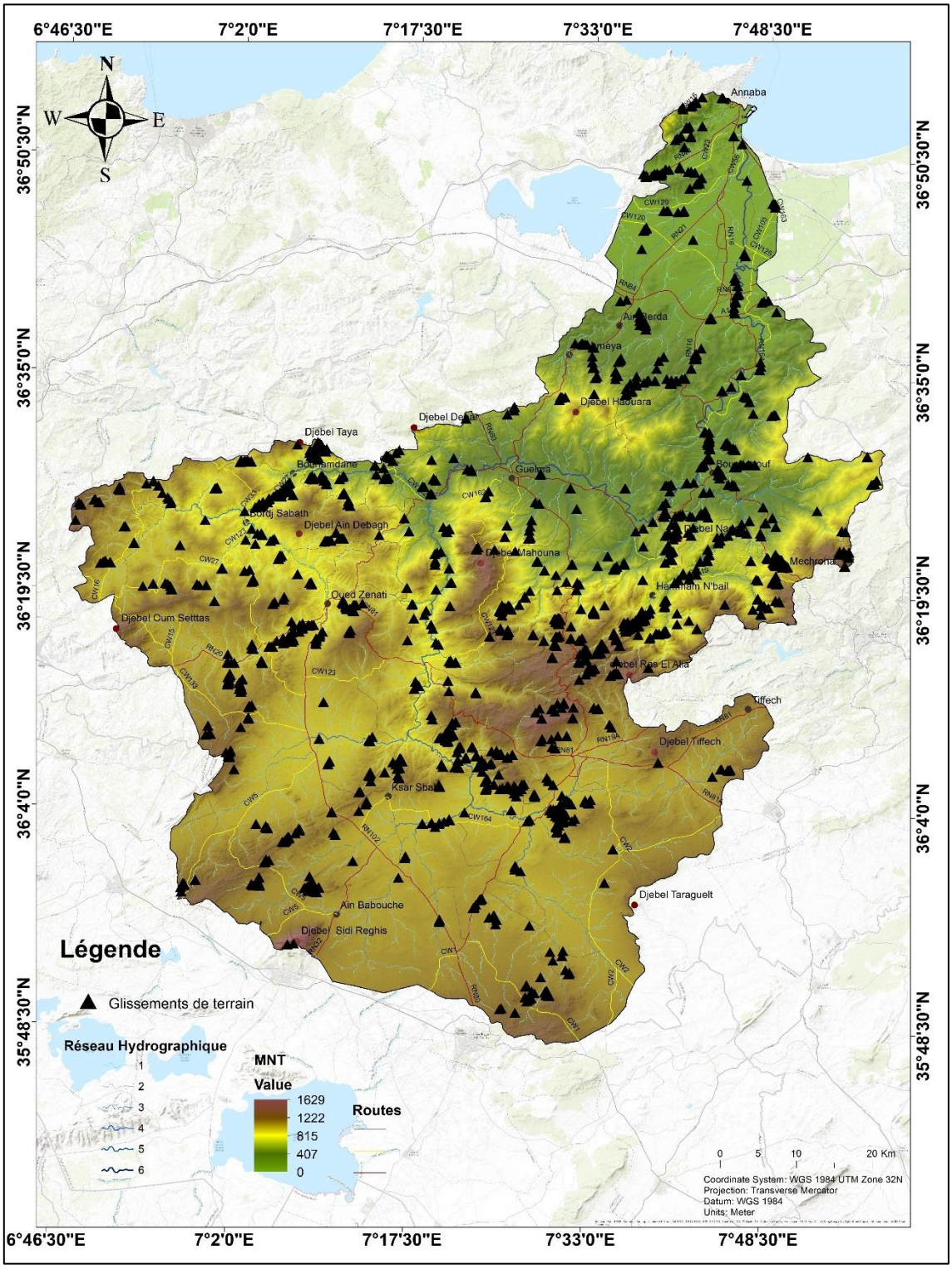


Figure IV.1 : Carte d'inventaire des glissements de terrains de la zone d'étude montre la répartition spatiale de 2633 points de glissements.



Figure IV.2 : image par satellite de la zone de glissement (2021) (36°23'42.96"N/ 7°14'37.84"E)



PhotoIV.1 : Décrochement vertical importante dans les remblais de quelques mètres en profondeur (RN20 -PK70+000)



PhotoIV.2



PhotoIV.3



Photo IV.4





PhotoIV.5 : (36°20'40.51"N/ 7°40'29.06"E **PhotoIV.6 :** ((36°20'40.51"N/ 7°40'29.06"E)



PhotoIV.7



PhotoIV.8



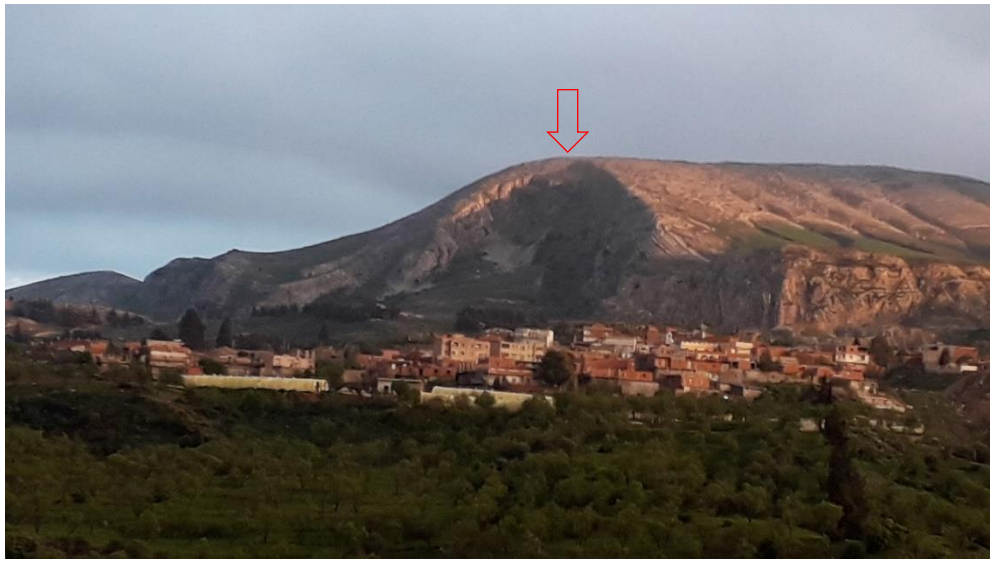
PhotoIV.9



PhotoIV.10 : (36°27'27.83"N/ 7°46'52.76"E)



PhotoIV.11 : (36°27'27.73"N/ 7°46'53.58"E)



PhotoIV.712 : (36°22'54.05"N/ 7°15'21.08"E)



PhotoIV.13 : (36°27'27.32"N/ 7°46'48.50"E)

Photos IV.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11.12.13 : Quelques points d'inventaire des glissements de terrain lors des visites effectuées sur le terrain (2021-2023).



Fig.IV.3

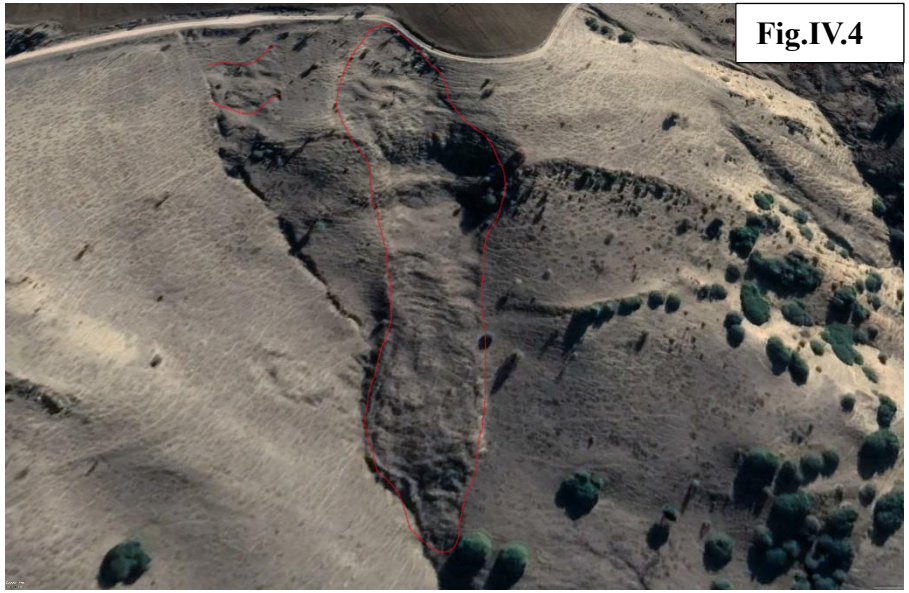


Fig.IV.4



Fig.IV.5

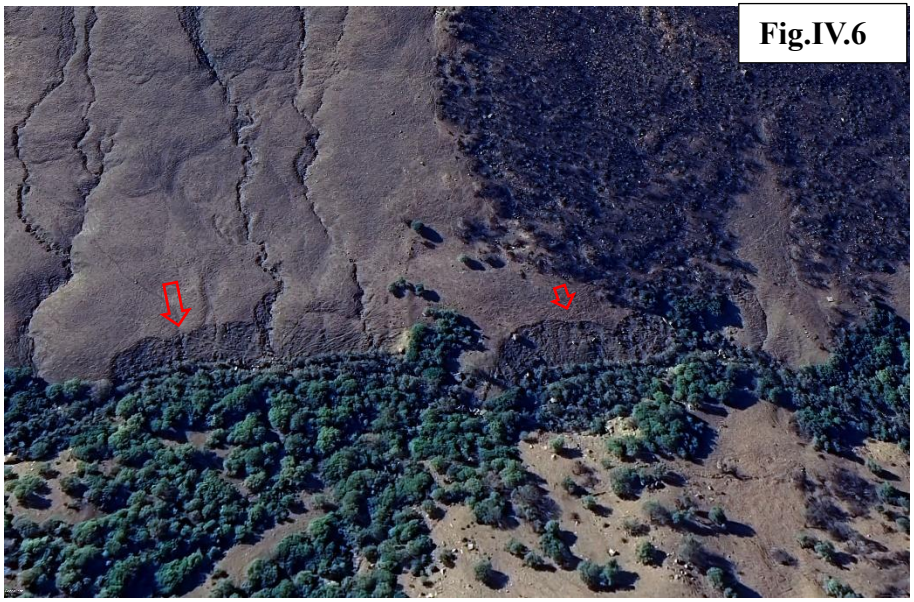


Fig.IV.6



Fig.IV.7

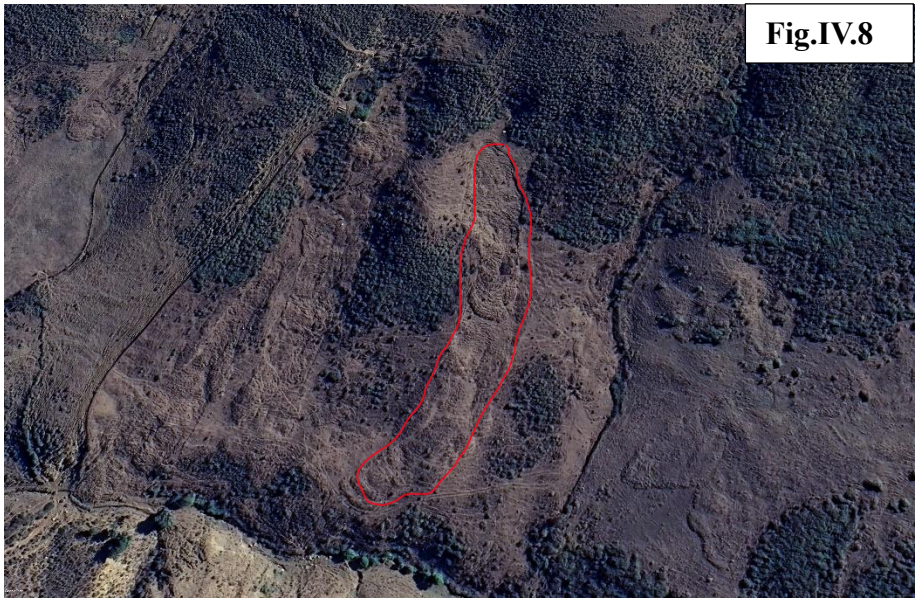


Fig.IV.8



Fig.IV.9

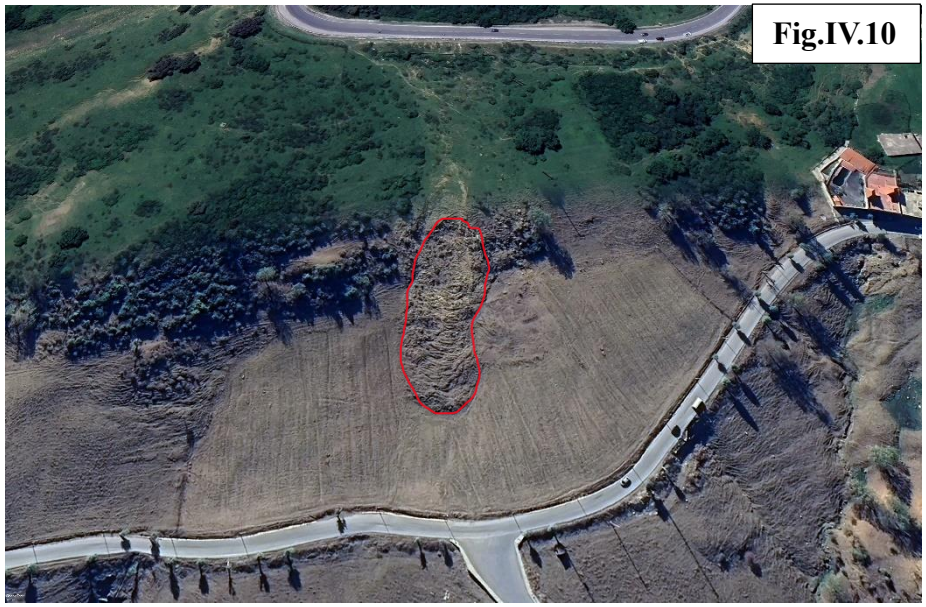


Fig.IV.10



Fig.IV.11 :(36°14'50.60"N/ 7°20'51.08"E)

Figures IV.3.4.5.6.7.8.9.10.11 : l'inventaire des glissements de terrain par une interprétation systématique des images satellites de Google Earth Pro.

Fig.IV.3 : (36°22'15.62"N/ 7°49'29.11"E)

Fig.IV.4: (36°24'14.78"N/ 7°20'2.72"E)

Fig.IV.5: (36°20'38.44"N/ 7°41'11.81"E)

Fig.IV.6 : (36°22'35.49"N/ 7°49'20.61"E)

Fig.IV.7 : (36°20'7.85"N/ 7°20'21.51"E)

Fig.IV.8 : (36°22'29.10"N/ 7°55'42.62"E)

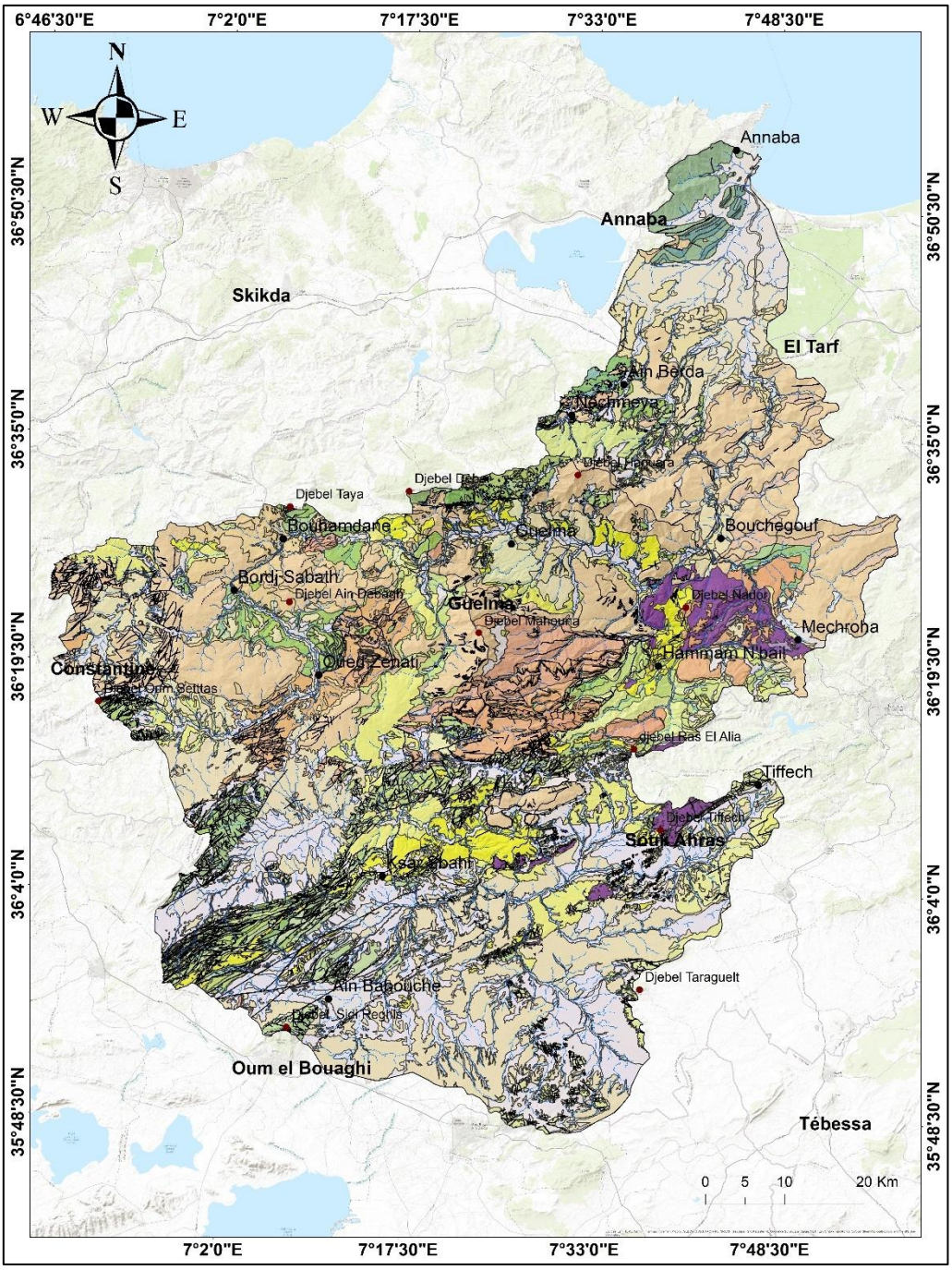
Fig.IV.9 : (36°13'20.27"N/ 7° 1'30.38"E)

Fig.IV.10: (36°21'26.41"N/ 7°50'41.07"E)



3.Comportement lithologique des versants affectés par des glissements de terrain :

Notre première tâche consiste à créer une carte des formations géologique de la zone d'étude à partir des cartes géologiques au 1/50 000 et de leurs notices (Fig.IV.12).



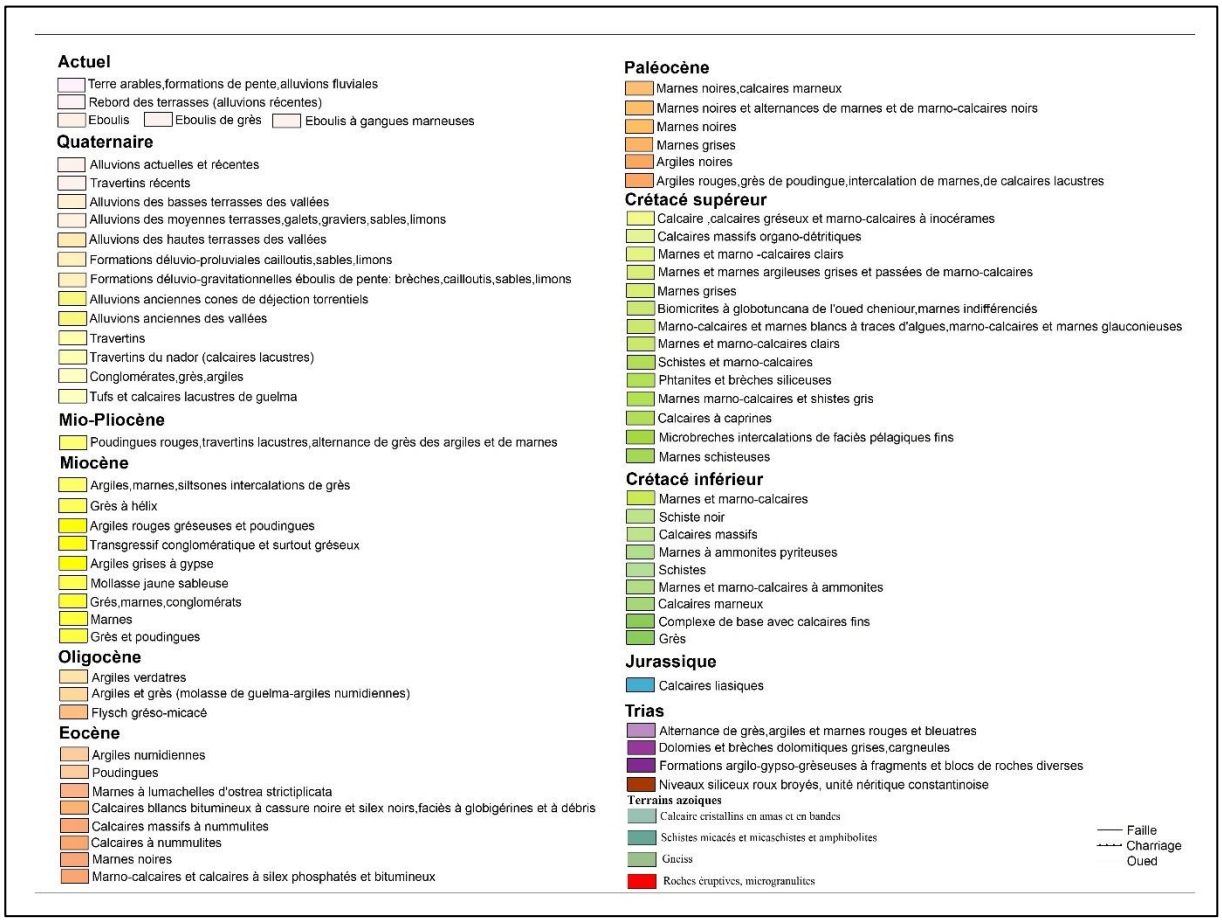


Figure IV.12 : carte géologique de la zone d'étude.

Les diverses caractéristiques géologiques et lithologiques de la région sont représentées par la figure IV.13, qui met en évidence les formations sédimentaires qui comprennent généralement des argiles, des marnes, des calcaires, des grès, des limons, des évaporites, des galets et des alluvions. Ces informations constituent la base de la création d'une carte des faciès géologiques aux propriétés analogues, comme l'illustrent le tableau IV.1 et la figure IV.13, qui sert de document essentiel pour l'élaboration de la carte de susceptibilité aux glissements de terrain.

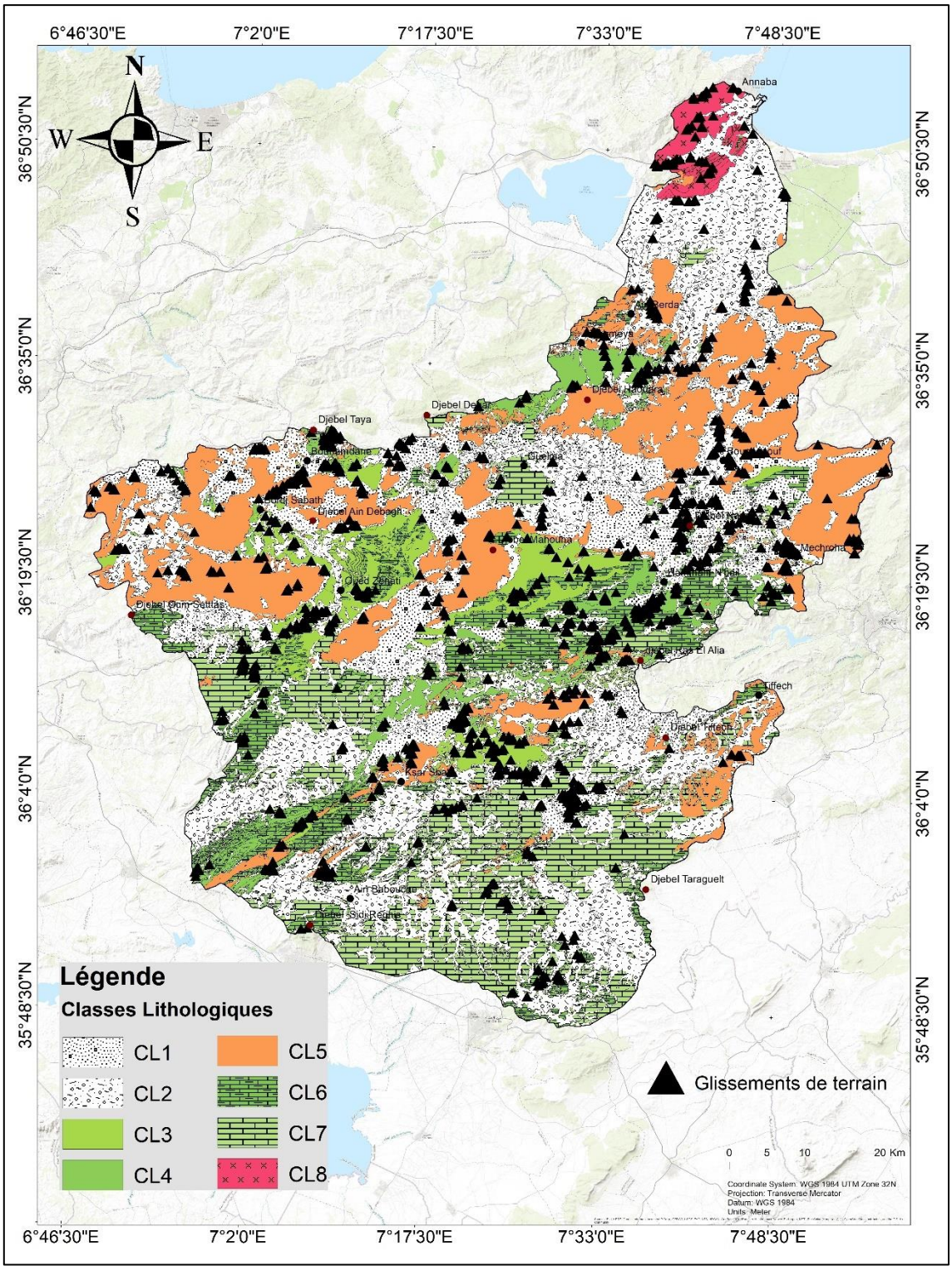


Figure IV.14 : Carte des faciès géologique à comportement analogue.

Tableau IV.1: Classification des unités lithologiques de la zone d'étude.

Lithologie	Age	Classe lithologique
Argiles de base à tubotomaculum	Oligocène	CL1
Argiles et grès (molasse de guelma-argiles numidiennes)	Oligocène inférieur	CL1
Argiles grises à gypse	Miocène	CL1
Argiles noires	Paléocène	CL1
Argiles numidiennes	Eocène Supérieur-Oligocène	CL1
Argiles rouges gréseuses et poudingues	Miocène	CL1
Argiles rouges, limons	Quaternaire ancien	CL1
Argiles verdâtres	Oligocène inférieur-moyen	CL1
Argiles, marnes, siltsones intercalations de grès	Miocène moyen-superieur	CL1
Argilo-marneux sombre à rares bancs de grès quartzite	Albien	CL1
Formations argilo-gypso-gréseuses à fragments et blocs de roches diverses	Trias	CL1
Phtanites et brèches siliceuses	Cénomanien-Turonien	CL1
Poudingues rouges, travertins lacustres, alternance de grès des argiles et de marnes	Mio-pliocène	CL1
Alluvions actuelles et récentes	Actuel	CL2
Alluvions anciennes cônes de déjection torrentiels	Quaternaire ancien	CL2
Alluvions anciennes des vallées	Quaternaire ancien	CL2
Alluvions des basses terrasses des vallées	Quaternaire récent	CL2
Alluvions des hautes terrasses des vallées	Quaternaire ancien	CL2
Alluvions des moyennes terrasses, galets, graviers, sables, limons.	Quaternaire récent	CL2
Alluvions récentes	Actuel	CL2
Éboulis, éboulis à blocs, éboulis à gangues marneuses, éboulis de grès.	Quaternaire	CL2
Formation laguno-marins de la plaine de Annaba	Néopléistocène	CL2
Formations déluvio-gravitationnelles éboulis de pente brèches, cailloutis, sables, limons	Quaternaire moyen	CL2
Formations déluvio- proluviales cailloutis, sables, limons	Quaternaire récent	CL2
Glacis anciens à galets patinés	Quaternaire	CL2
Glacis polygénique méridionaux	Quaternaire	CL2
Mollasse jaune sableuse	Helvétien-Tortonien	CL2
Terre arables, formations de pente, alluvions anciennes et quaternaire indéterminé	Quaternaire récent	CL2
Dominante marneuse à l'W de sedrata	Miocène	CL3
Marnes à ammonites pyriteuses	Miocène inférieur	CL3
Marnes à lumachelles d'ostrea strictiplicata	Santonien supérieur-campanien	CL3
Marnes à petites intercalations marno-calcaires à rotalipores	Eocène moyen	CL3
Marnes argileuses, coglomérats, gravélites	Cénomanien	CL3
Marnes beiges et calcaires crayeux	Campanien supérieur	CL3
Marnes et biomicrites rotalipores	Danien	CL3

Marnes grises et vertes à ammonites ferrugineux, argiles vertes, siltstones verts, marno-calcaires et calcaires et localement intercalations de poudingues dans les calcaires de niveau inférieures	Santonien	CL3
Marnes noires, éboulis de marnes	Dano-montien	CL3
Marnes schisteuses grises et marnes feuilletées	Albien	CL3
Marnes à intercalations de calcaires	Barrémien	CL4
Marnes argileuses, marno-calcaires	Pliocène	CL4
Marnes et marnes argileuses grises et passées de marno-calcaires	Cénomanien	CL4
Marnes et marno -calcaires clairs	Barrémien supérieur	CL4
Marno-calcaires et calcaires à silex phosphatés et bitumineux	Yprésien	CL4
Marno-calcaires et marnes blancs à traces d'algues,marno-calcaires et marnes glauconieuses	Coniacien	CL4
Marno-calcaires noirs en plaquettes à la base, marnes et biomicrites à globotruncana helvetica au sommet	Turonien	CL4
Alternance de grès, argiles et marnes rouges et bleuâtres	Trias	CL5
Conglomérâtes, grès, argiles	Plio-Quaternaire	CL5
Conglomérats, gravélites, grès, argiles et marnes	Pliocène	CL5
Flysch à microbrèches rousses	Priabonien-Oligocène	CL5
Flysch conglomératique à nummulites	Eocène-bartonien	CL5
Flysch gréso-micacé	Oligocène	CL5
Grès à hélix	Helvétien-Tortonien	CL5
Grès et poudingues	Miocène inférieur	CL5
Grès et sables de bizot	Miocène	CL5
microbreches intercalations de faciès pélagiques fins	Sénonien	CL5
Alternances de calcaires noduleux et de marnes grises	Santonien	CL6
Calcaire, calcaires gréseux et marno-calcaires à inocérames	Maestrichtien Supérieur	CL6
Calcaire a miliolidés, orbitolines avec ovalveolina reicheli au sommet	Aptien	CL6
Calcaires à caprines	Cénomanien	CL6
Calcaires à nummulites	Eocène inférieur	CL6
Calcaires à rares intercalations de marnes	Maestrichtien inférieur	CL6
Calcaires blancs bitumineux à cassure noire et silex noirs, faciès à globigérines et à débris	Yprésien-lutétien inférieur	CL6
Calcaires clairs à rares niveaux de silex et microfaunes grano-classées	Yprésien-lutétien inférieur	CL6
Calcaires cristallins en amas et en bandes	Terrain Azoiques	CL6
Calcaires et marnes à inocéramus regularis	Campanien-maestrichtien	CL6
Calcaires liasiques	Jurassique inférieur (lias)	CL6
Calcaires massifs marno-calcaires	Albien	CL6
Calcaires noirs en plaquettes à la base à biomicrites claires au sommet	Turonien	CL6
Calcaires subrécifaux N de chebka des sellaoua,marnes et marno-calcaires	Cénomanien	CL6
Calcaires subrécifaux, calcaires marneux, marnes grises, argiles vertes, marnes bleues et calcaires massifs à orbitolines	Aptien	CL6
Calcaires, marnes grises	Lutétien	CL6
Flysch à bandes siliceuses	Crétacé moyen-supérieur	CL6

Flysch à microbrèches	Companien-maestrichtien	CL6
Calcaire gris et noirs en plaquettes à rares intercalations de dolomies jaunes	Trias	CL7
Calcaires compacts néritiques	Aptien-barrémien	CL7
Calcaires massifs	Aptien	CL7
Calcaires massifs,dolomies	Barrémien	CL7
calcairo-dolomitique: versant nord du djebel oum settas	Barrémien	CL7
Dolomies et brèches dolomitiques grises, cargneules	Trias	CL7
Dolomies noires	Jurassique	CL7
Tufs et calcaires lacustres de Guelma	Pliocène-Salétien	CL7
Gneiss	Terrain Azoiques	CL8
Micrognanulites	Roches éruptives	CL8
Schistes micacés et micaschistes et amphibolites	Cénomanien	CL8

La carte et le tableau si dessus montre que les classes concernées par le problème d'instabilité, et qui contient la plupart des glissements de terrain de la zone d'étude. Ils sont répertoriés et localisés dans les argiles, les marnes, la formation superficielle quaternaire qui résulte de l'altération de (limons et argiles limoneuse, argiles et argiles en toute encroutement, des cailloux, des graviers et des sables), qui sont généralement non consolidés, couvrent des pentes raides et forte qui s'altèrent facilement en surface et les formations argilo-gypso-gréseuses. De plus, les variations importantes de la lithologie au sein d'une même formation géologique, ainsi que la manière dont elle s'organise en couches de composition et d'épaisseur différentes, conduise à un comportement physique, mécanique, chimique et hydraulique spécifique, ce comportement est probablement la cause des mouvements de terrain observés.

4.Caractérisation des propriétés géotechniques et minéralogiques des matériaux associés aux glissements de terrain :

La zone d'étude présente une grande variété de faciès lithologiques. Cette recherche utilise à la fois des données de terrain et de laboratoire pour établir une corrélation entre les diffèrent paramètres caractéristiques distincts des terrains identifiés et leur comportement physiques, mécaniques et chimiques. Au total, vingt-trois échantillons ont été prélevés sur des terrains de divers faciès lithologiques voir (tableau IV.2); des quantités de matériaux allant jusqu'à 7 kg ont été recueillies au-delà des couches superficielles telle que (les remblais, des terres arables et couvertures végétales).

Suite à la lithologie rencontrée sur le terrain, nous avons prélevé des échantillons à des différents endroits, Pour déterminer les caractéristiques physiques, mécaniques, chimiques et minéralogiques des échantillons prélevés.

Les programmes des essais de laboratoires pour les échantillons prélevé sont comme suite :

- **Essais physiques :**
  - Analyse granulométrique et sédimentométrie
  - Détermination des limites d'Atterberg :
    - Limite de liquidité Wl %
    - Limite de plasticité Wp %
    - Indice de plasticité Ip
  - Mesure de la teneur en eau naturelle Wn %
  - Mesure de la densité apparente sèche γd (t/m3) ;
  - Mesure de la densité apparente humide γh (t/m3) ;
  - Mesure de degré de saturation Sr % ;
- **Essais mécaniques :**
  - Détermination des caractéristiques mécaniques de résistance au cisaillement à la boite de Gasagrande (essai UU) :
    - Cohésion interne apparente du sol (Cu bars) ;
    - Angle de frottement apparent du sol ϕ.
- La présence et les propriétés des minéraux argileux par le bleu de méthylène ;
- L'essai de diffraction des rayons X (DRX) ;
- Analyse chimique par Spectrométrie de fluorescence X, Pour déterminer le pourcentage des différents éléments constitutifs des échantillons. Ces essais comportent :
  - Teneur en carbonates
  - Teneur en sulfates
  - Teneur en insolubles (silicates, silices,…)

Dans la section suivante, je décrirai les résultats des différents essais effectués sur les échantillons de sol prélevés. Il est important de mentionner qu'avant toute analyse, chaque échantillon a reçu des traitements préliminaires, qui comprenaient un lavage et un traitement chimique.

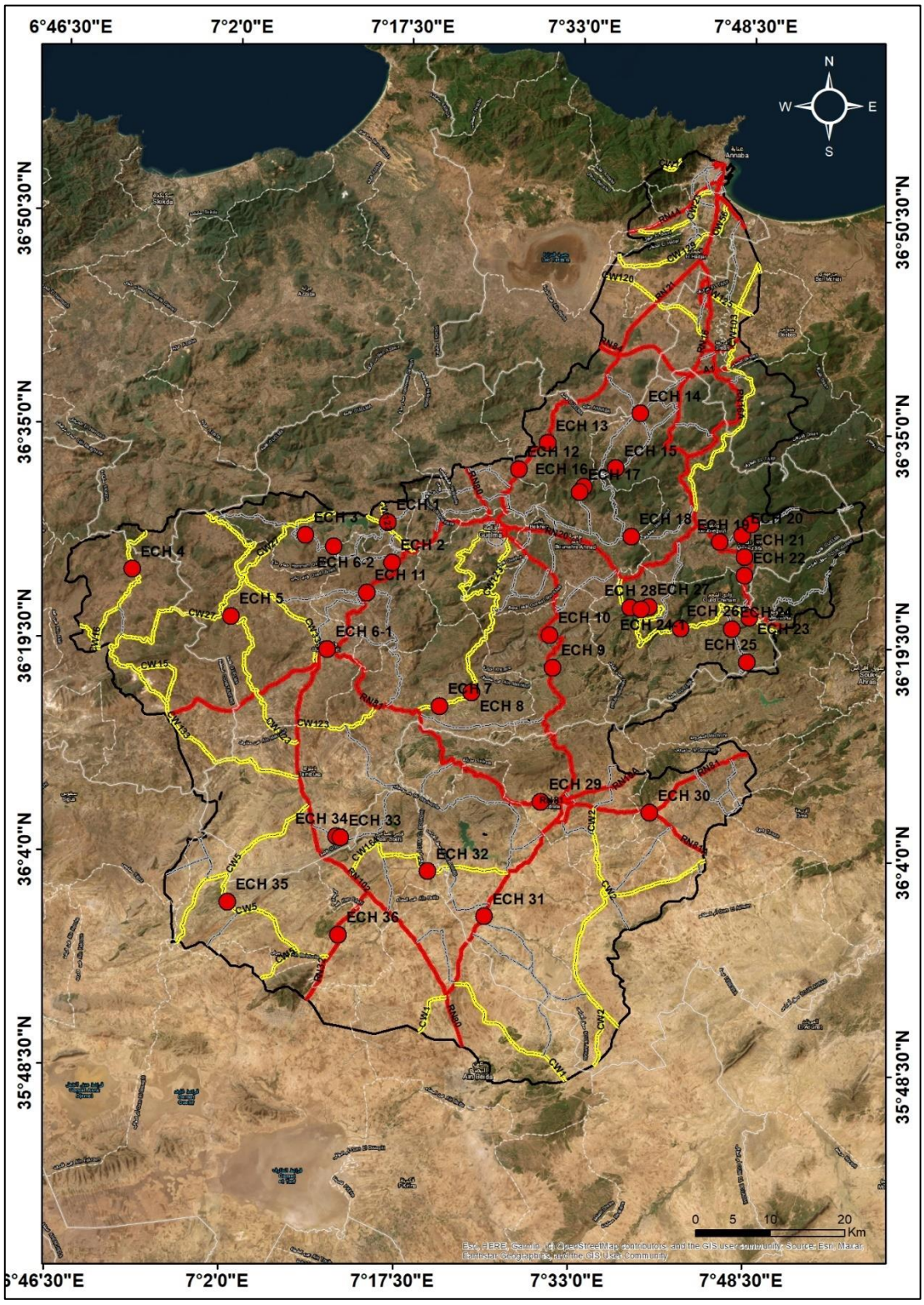


Figure IV.15 : Image satellitaire de positionnement des échantillons dans la région d'étude.

Tableau IV.2 : Les coordonnées géographique des échantillons prélevés.

N°ECH	Lithologie	Latitude	Longitude
ECH 1	Argiles grises à gypse	36°28'16.35"N	7°15'55.45"E
ECH 2	Argiles et grès (molasse de Guelma-argiles numidiennes)	36°25'20.96"N	7°16'21.23"E
ECH 3	Marnes noires	36°27'12.06"N	7°08'24.60"E
ECH 4	Argiles de base à tubotomaculum	36°24'31.12"N	6°53'04.37"E
ECH 6-1	Marnes schisteuses	36°19'00.11"N	7°10'45.89"E
ECH 7	Marnes et biomicrites rotalipores	36°15'00.26"N	7°20'52.28"E
ECH 8	Argiles noires	36°14'53,36"N	7°20'37.80"E
ECH 9	Marno-calcaires et marnes blancs à traces d'algues, marno-calcaires et marnes glauconieuses	36°17'55.94"N	7°30'55.02"E
ECH 11	Marnes noires,éboulis de marnes	36°23'20.59"N	7°14'19.41"E
ECH 12	Marnes grises	36°33'17.23"N	7°28'22.87"E
ECH 18-1	Argiles rouges gréseuses et poudingues	36°27'51.79"N	7°38'25.41"E
ECH 20-1	Argiles numidiennes	36°28'29.27"N	7°48'33.74"E
ECH 21	Argiles rouges, grès de poudingue, intercalation de marnes, de calcaires lacustres	36°26'07.29"N	7°48'01.61"E
ECH 22	Marnes argileuses, coglomérats, gravélites	36°24'46.52"N	7°48'01.41"E
ECH 23	Formations argilo-gypso-grèseuses à fragments et blocs de roches diverses	36°21'38.58"N	7°43'43.10"E
ECH 25	Marnes et marnes argileuses grises et passées de marno-calcaires	36°18'35.98"N	7°48'23.21"E
ECH 26	Argiles, marnes, siltsones intercalations de grès	36°20'51.32"N	7°41'22.80"E
ECH 30	Formations argilo-gypso-grèseuses à fragments et blocs de roches diverses	36° 7'30.06"N	7°39'52.93"E
ECH 31	Marnes à petites intercalations marno-calcaires à rotalipores	35°59'54.49"N	7°25'17.27"E
ECH 32	Argilo-marneux sombre à rares bancs de grès quartzite	36°03'03.66"N	7°19'55.06"E
ECH 35	Marnes et marno-calcaire	36°00'53.88"N	7° 1'54.87"E
ECH 37	Argile rouge	36°20'06.87"N	7°39'23.74"E
Ech 38	éboule de pente		

4.1. Caractérisation géotechnique :

4.1.1. Principes des essais de laboratoire :

4.1.1.1.Essai au Bleu de méthylène (NF P94-068) :

L'essai consiste à mesurer par dosage la quantité de bleu de méthylène pouvant être adsorbée par le matériau mis en suspension dans l'eau. Cette quantité est rapportée par proportionnalité directe à la fraction 0/50 mm du sol. La valeur de bleu du sol est directement liée à la surface spécifique des particules constituant le sol ou le matériau rocheux.

Le dosage s'effectue en ajoutant successivement différentes quantités de bleu de méthylène et en contrôlant l'adsorption après chaque ajout. Pour ce faire, on prélève une goutte de la suspension que l'on dépose sur un papier filtre, ce qui provoque la création d'une tache.

L'adsorption maximale est atteinte lorsqu'une auréole bleu clair persistante apparaît à la périphérie de la tâche.

Selon la norme française NF P 94-068 la valeur au bleu, notée (VBS) et exprimée en grammes de bleu par 100 grammes de sol, par l'équation suivante :

$$VBS = \frac{\text{Volume du bleu}}{\text{masse de l'échantillon}}$$

D'après le Guide des Terrassements Routiers (GTR 92 six catégories de sols sont définies selon la valeur de VBS :

Tableau IV.3 : Classification du bleu méthylène.

Valeur de bleu de méthylène (VBS)	Catégorie de sol.
VBS <0,1	Sol insensible à l'eau.
0,2 <= VBS <1,5	Sol sableux limoneux, sensible à l'eau.
1,5 <= VBS <2,5	Sol sableux argileux, peu plastiques.
2,5 <= VBS <6	Sol limoneux de plasticité moyenne.
6 <= VBS <8	Sol argileux.
VBS > 8	Sol très argileux.

4.1.1.2.Les limites d'Atterberg :

Les **limites d'Atterberg** sont des paramètres géotechniques dont le but est d'identifier un sol et à caractériser son état grâce à un indice de consistance. Ces limites permettent de fournir des données importantes sur la mécanique des sols.

La consistance d'un sol peut varier dans de larges limites avec :

- La quantité d'eau interstitielle que contiennent ses pores,
- L'épaisseur des couches d'eau absorbée qui enrobent ses grains.

Les limites d'Atterberg sont des constantes physiques conventionnelles qui marquent les seuils entre :

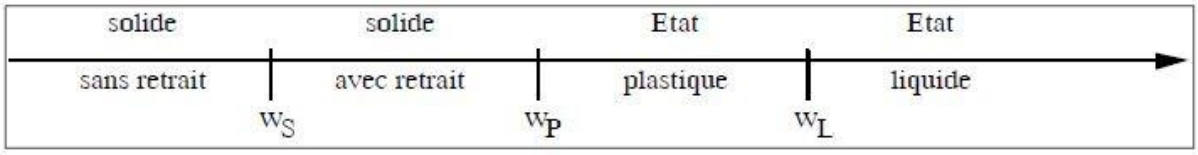
- Le passage d'un sol de l'état liquide a l'état plastique (limite de liquidité : WL),
- Le passage d'un sol de l'état plastique a l'état solide (limite de plasticité : WP).

L'état solide peut être également séparé par la limite de retrait ws entre un état solide sans retrait (ne contenant plus d'eau adsorbée) d'un état solide avec retrait, présentant donc une dimension de volume lié au départ d'eau adsorbée.

Ces limites ont pour valeur la teneur en eau du sol à l'état de transition considéré, exprimée en pourcentage du poids du matériau sec.

La différence IP = W L - WP qui définit l'étendue du domaine plastique, est particulièrement importante, c'est l'indice de plasticité.

L'essai des Limites d'Atterberg se fait sur la fraction du matériau appelée mortier, qui passe au tamis de 0,40 mm.



WL: Limite de liquidité qui sépare les états liquides et plastiques.

WP : Limite de plasticité qui sépare l'état plastique et semi-solide.

WR : Limite de retrait qui sépare l'état semi-solide et l'état solide.

IP : indice de plasticité

$$Ip = WL - Wp$$

Tableau IV.4 : Classification des sols selon l'indice de plasticité IP.

Indice de plasticité	Type du sol
IP < 1	Sol pulvérulents
1 ≤ IP ≤ 7	Sable argileux
7 ≤ IP ≤ 17	Argile sablonneuse
17 ≥ IP	Argile

Tableau IV.5 : Classification du degré de plasticité selon l'indice de plasticité d'un sol.

Indice de plasticité	Degré de plasticité
0 < IP < 5	Sol non plastique
5 ≤ IP < 15	Sol peu plastique
15 ≤ IP < 40	Sol Plastique
40 ≥ IP	Sol Très plastique

IC : indice de consistance

$$IC = \frac{WL - \omega}{Ip}$$

Avec : w teneur en eau naturelle

Tableau IV.6 : État de consistance du sol en fonction de Ic

Indice de consistance	Consistance du sol
Ic ≤ 0	Liquide
0 < Ic < 15	Plastique
Ic = 1	Solide plastique
Ic > 1	Solide ou semi-solide

IL : indice de Liquidité

$$IL = 1 - IC$$

Tableau IV.7 : État de consistance du sol en fonction de IL.

Indice de liquidité	Consistance du sol
IL < 0	Très dure
0 < IL < 1	Dure à très plastique
IL > 1	Fluide

IR : indice de retrait

$$IR = WR - WP$$

Les limites d'Atterberg peuvent être déterminées à l'aide des méthodes relativement simples. Deux méthodes couramment utilisées sont la méthode de Casagrande (Casagrande, 1932, 1958) et la méthode du cône de pénétration (Terzaghi, 1927, Hansbo, 1957 ; Houlsby, 1982 ; Koumoto et Houlsby, 2001).

4.1.1.3. Analyse granulométrique et sédimentométrie :

Selon la norme **P18-560** :

L´essai consiste à fractionner au moyen d´une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes. Les dimensions de mailles et le nombre des tamis sont choisis en fonction de la nature de l´échantillon et de la précision attendue. Les masses des différents refus ou celles des différents tamisats sont rapportées à la masse initiale de matériau, les pourcentages ainsi obtenus sont exploités, soit sous leur forme numérique, soit sous une forme graphique (courbe granulométrique).

L´échantillon doit être préparé suivant les prescriptions de la norme P 18-553. La masse M de l´échantillon pour essai doit être supérieure à 0,2 D, avec M exprimé en kilogrammes et D plus grande dimension spécifiée en millimètres.

Selon la norme **P94-057** :

L'essai utilise le fait que dans un milieu liquide ou repos, la vitesse de décantation des grains fins à très fins et fonction de leur dimension.la loi de stokes donne, donne le cas de grains sphériques de la même masse volumique, la relation entre le diamètre des grains et leur vitesse de sédimentation, par convention, cette loi est appliquée aux éléments d'un sol pour déterminer des diamètres équivalents de particules.

Les particules inférieures à 80 µm séparées du reste du sol par tamisage sans mises en suspension dans de l'eau additionnée d'un défloculant, les particules sédimentent des différentes vitesses en relation avec leur taille. Au moyen d'un densimètre est mesurée l'évolution dans le temps de la masse volumique de la solution et la profondeur d'immersion de l'appareil.la distribution pondérale de la taille des particules et calculée à partir de ces données.

4.1.1.4.Essais de Cisaillement :

Les valeurs de la résistance au cisaillement ainsi définies sont portées sur un graphe appelé droite de coulomb, en fonction de la contrainte normale s'appliquant sur le plan de rupture a partir de cette courbe on tire la cohésion du sol c et l'angle de frottement.

Deux grandes catégories de sols : sol pulvérulent la droite de coulomb passe par l'origine c'est-à-dire la cohésion est nul sol cohérent : l'eau joue un rôle fondamental dans la résistance au cisaillement des sols cohérent pour simplifier le problème trois types d'essai peuvent être définie suivant qu'il y a drainage ou non ; la consolidation consiste à charger l'échantillon en drainant jusqu'à ce que la pression interstitielle soit totalement dissipée (u=0)

Nous allons aborder l'essai de cisaillement direct à la boite de Casa grande**.** L'échantillon de sol est placé à l'intérieur de demi-boîtes qui peuvent se déplacer horizontalement l'une par rapport a l'autre. Un piston permet d'exercer sur le sol un effort normal N constant pendant toute la durée de l'essai.

Une demi-boîte est entraînée horizontalement à vitesse constante. A tout instant, on mesure la force de cisaillement T. Un second comparateur vertical permet de mesurer la variation de hauteur Dh de l'échantillon. On exerce sur le plan de séparation AB des deux demi boites une contrainte dont les composantes normale et tangentielle ont pour valeur moyenne :

$$\sigma = \frac{N}{Ac} \qquad\qquad \tau = \frac{T}{Ac}$$

Où Ac est la section corrigée de l'éprouvette (cette section variant en fonction du déplacement relatif Dl).

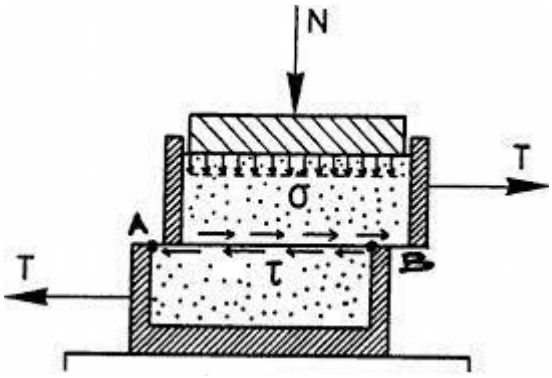


Figure IV.16 : Essai de cisaillement direct à la boîte de Casa grande.

4.1.2. Interprétation des résultats des essais de laboratoire :

4.1.2.1. Résultats et interprétation d'essai Bleu de méthylène :

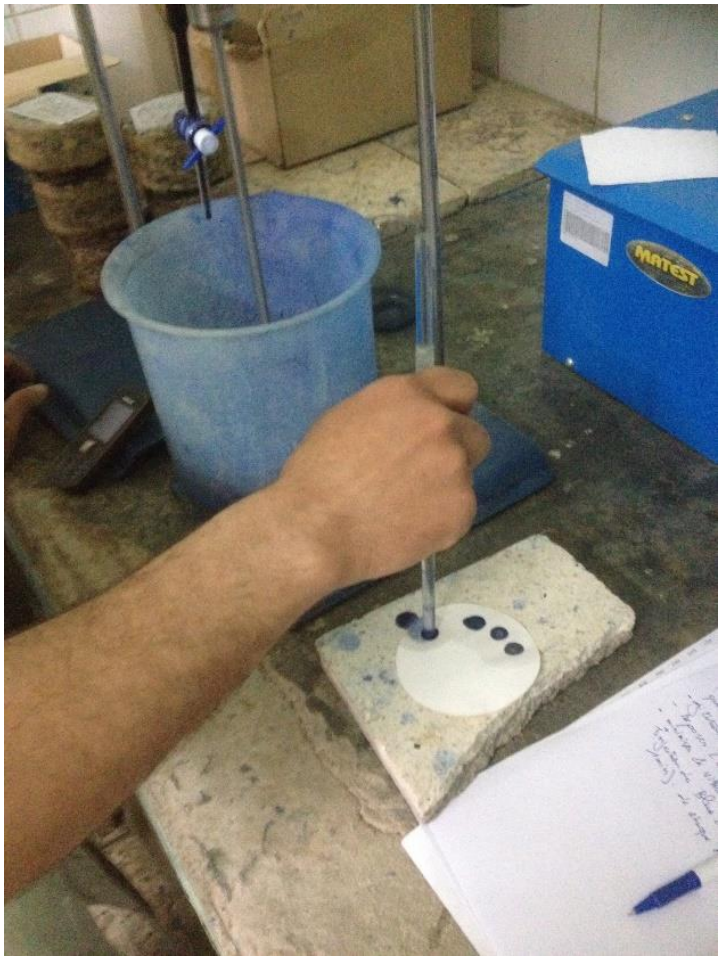


Photo IV.14 : Essai de bleu de méthylène.

Tableau IV.8 : Résultat et classification d'essai VBs sur les échantillons prélevés

Echantillons	Valeur de bleu de méthylène (VBs)	Nature de sol
ECH1	5	Sol limoneux de plasticité moyenne
ECH 2	3,5	Sol limoneux de plasticité moyenne
ECH 3	4,3	Sol limoneux de plasticité moyenne
ECH 4	5,1	Sol limoneux de plasticité moyenne
ECH 6-1	2,1	Sol sableux argileux, peu plastique
ECH 8	6,67	Sol argileux
ECH 9	1,16	Sol sableux limoneux, sensible à l'eau
ECH 11	3,25	Sol limoneux de plasticité moyenne
ECH 12	2,85	Sol limoneux de plasticité moyenne
ECH 18-1	6,8	Sol argileux
ECH 20-1	5,7	Sol limoneux de plasticité moyenne
ECH 21	6,3	Sol argileux
ECH 22	3	Sol limoneux de plasticité moyenne
ECH 23	3,2	Sol limoneux de plasticité moyenne
ECH 25	4,5	Sol limoneux de plasticité moyenne
ECH 26	4,66	Sol limoneux de plasticité moyenne
ECH 30	4,33	Sol limoneux de plasticité moyenne
ECH 31	3,5	Sol limoneux de plasticité moyenne
ECH 32	1,5	Sol sableux argileux, peu plastique
ECH 37	7,33	Sol argileux
ECH 38	0,33	Sol sableux limoneux, sensible à l'eau

Les échantillons prélevés à des différents endroits de la zone d'étude montre que la plupart des échantillons dans la catégorie des Sols limoneux de plasticité moyenne à la catégorie des sols argileux. On trouve parfois des sols dans la catégorie des sols sableux argileux, peu plastiques.

4.1.2.5. Résultats des limites d'Atterberg :



Photo IV.15 : Essai limite de plasticité.



Photo IV.16 : Essai limite de liquidité.

Tableau IV.9 : Résultat et classification des limites d'Atterberg des échantillons prélevés.

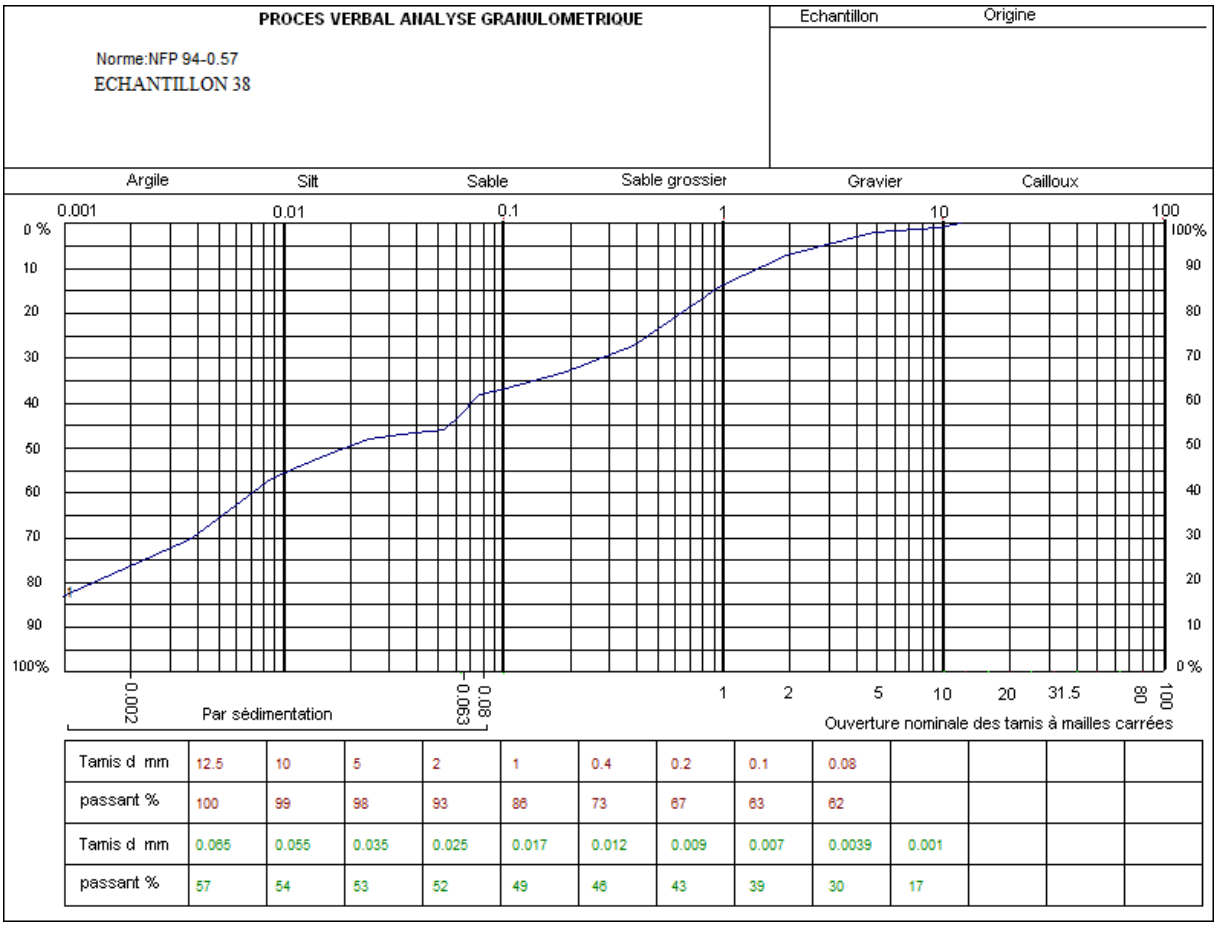
N° Échantillons	Limite de liquidité			Classification LCPC
	Wl (%)	Wp (%)	Ip	
ECH1	57,74	32,18	25,57	Lt
ECH 2	51,34	30,27	21,07	Lt
ECH 3	63,42	22,62	40,79	At
ECH 4	70,24	30,28	39,97	At
ECH 6-1	56,07	27,59	28,47	At
ECH 8	70,49	34,08	36,4	At
ECH 9	48,26	23,76	24,49	Ap
ECH 11	54,34	29,87	24,46	At
ECH 12	55,84	24,52	31,32	At
ECH 18-1	56,04	21,94	34,09	At
ECH 20-1	59,95	29,37	30,58	At
ECH 21	61,02	31,39	29,64	At
ECH 22	72,6	34,17	38,44	At
ECH 23	53,92	29,73	24,19	At
ECH 25	62,37	23,38	38,99	At
ECH 26	58,37	27,96	30,42	At
ECH 30	46,1	21,66	24,45	Ap
ECH 31	48,17	26,82	21,34	Ap
ECH 32	54,32	25,68	28,64	At
ECH 37	62,58	29,51	33,07	At
ECH 38	42,24	23,37	18,87	Ap

Les valeurs des essais de la limite de liquidité et la limite de plasticité avec l'indice de plasticité des échantillons prélevé selon la classification LCPC montre que la plupart des échantillons sont des argiles très plastique à des argiles peu plastiques avec la présence des limons très plastiques dans quelques échantillons.

4.1.2.6.Résultat de l'essai granulométrique et sédimentométrie :



Photo IV.17 : Essai granulométrique et sédimentométrie.



Tamis d mm	12.5	10	5	2	1	0.4	0.2	0.1	0.08				
passant %	100	99	98	93	86	73	67	63	62				
Tamis d mm	0.065	0.055	0.035	0.025	0.017	0.012	0.009	0.007	0.0039	0.001			
passant %	57	54	53	52	49	46	43	39	30	17			

Figure IV.17 : Courbe granulométrique de l'échantillon 38.

Tableau IV.10 : Résultat d'essai granulométrique et sédimentométrie.

N° Échantillons	Profondeur (m)	Granulométrie (%)		Sédimentométrie (%)	
		2.0mm	0.08mm	60µm	**20µm**
38		**07**	**30**	**40**	**23**

D'après la courbe, la majorité des particules se situent dans la gamme sableuse à silteuse, avec une faible proportion de gravier. L'échantillon contient une forte proportion de sable fin et de silt, avec une petite fraction d'argile.

4.1.2.7.Résultats de cisaillement :



Photo IV.18 : Résultat de cisaillement sur quelques échantillons



Photo IV.19 : Vue générale de la boîte de cisaillement.

Tableau IV.11 : Résultat de cisaillement rectiligne à la boîte des échantillons prélevés.

Echantillons	Cisaillement Rectiligne (Bars)	
	C uu	Ø uu°
ECH 2	0,45	19,4
ECH 6-1	0,34	18,75
ECH 18-1	0,55	9,08
ECH 20-1	0,59	10,47
ECH 22	0,53	19,14
ECH 23	0,3	23,86
ECH 26	0,61	15,8
ECH 31	2,18	12,52

L'échantillon **ECH 31** présente une cohésion nettement plus élevée, suggérant une forte cohésion interparticulaire (probablement une argile plus compacte).

Les autres échantillons ont des valeurs de cohésion proches de **0,3 à 0,61 Bars**, indiquant des sols plus meubles ou une structure moins cohérente.

ECH 18-1 et ECH 20-1 ont les valeurs les plus faibles (< 11°), ce qui suggère des sols à dominante argileuse avec un faible frottement interne.

ECH 23 a l'angle le plus élevé (23,86°), ce qui est plus typique des sols sableux ou mixtes (sable-argile). La majorité des valeurs sont comprises entre **10° et 20°**, indiquant probablement des sols limoneux à argileux.

Les valeurs de cisaillements et angles de frottements montre que le sol est moyennement consistant à consistant et un angle de frottement faible à moyen.

4.2. Caractérisation minéralogique par la diffraction aux rayons X :

La diffractométrie aux rayons X (DRX) est une méthode en général adaptée pour l'étude de composés ordonnés à l'échelle atomique et particulièrement à l'identification de la composition minéralogique des assemblages argileux pour lesquels elle permet d'identifier les phases cristallines.

La diffraction des rayons X consiste à applique un rayonnement de la longueur d'onde des rayons X ($0.1 < \lambda < 10nm$) sur un échantillon argileux orienté ou non. Le rayonnement pénètre le cristal, il y'a absorption d'une partie de l'énergie et excitation des atomes avec émissions de radiations dans les toutes les directions. Les radiations émises par des plans atomiques qui sont en phases vont engendrer un faisceau cohérent qui pourra être détecté. La condition pour que les radiations soient en phase s'exprime par la loi de bragg.

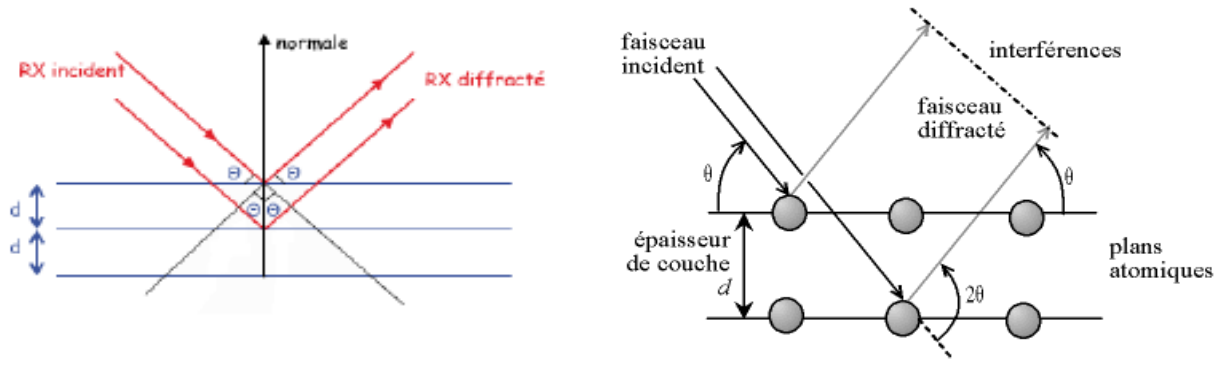


Figure IV.18 : Illustration de la loi de Bragg (Hubert 2008).

La méthode est basée sur l'application expérimentale de la loi de Bragg :

$$2\,d\sin\theta = n\lambda$$

Où

n est l'ordre de la diffraction,

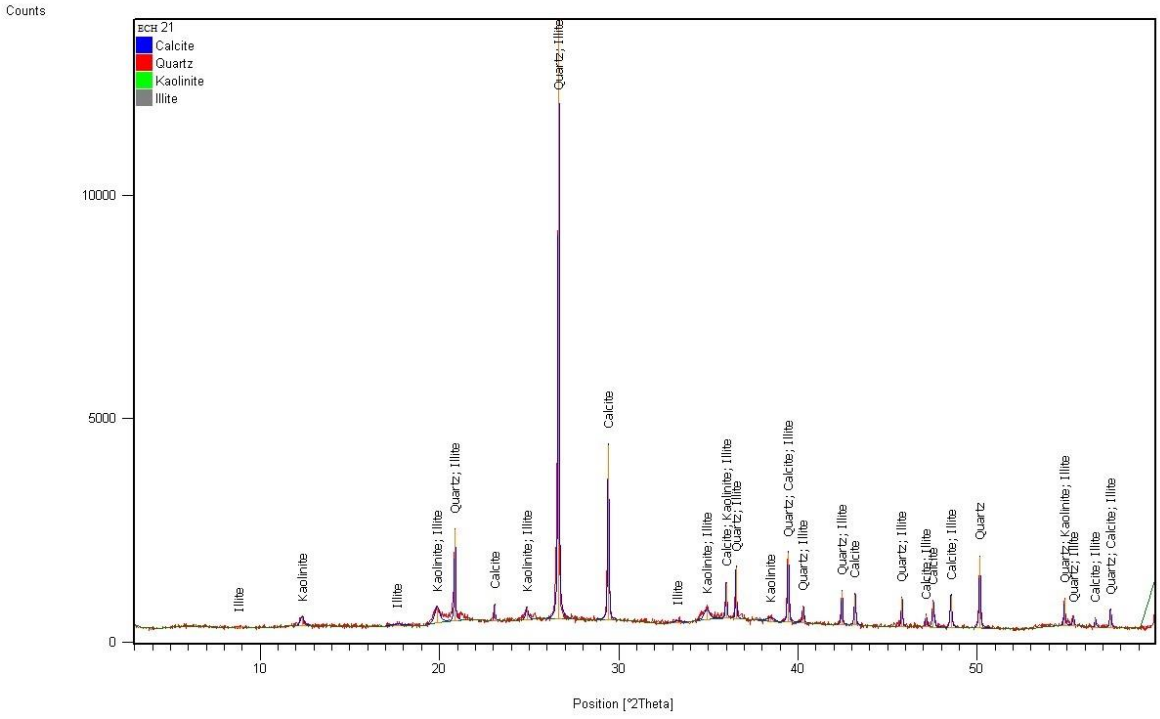
λ est la longueur d'onde de la source émettrice,

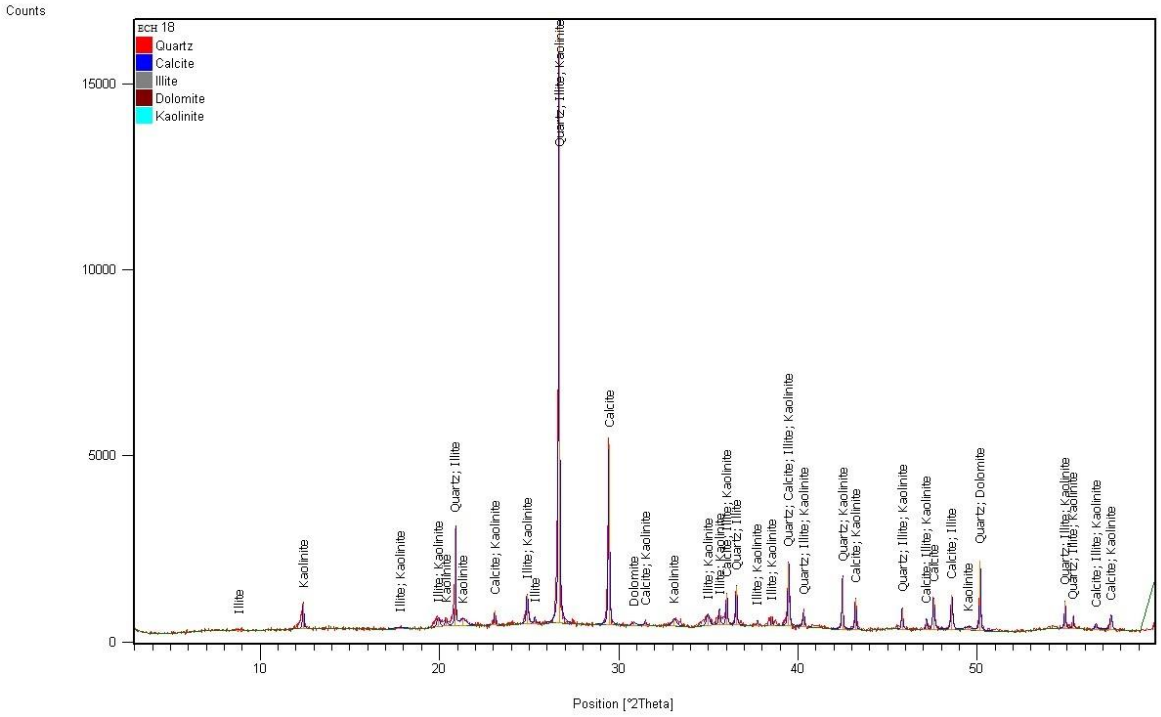
d est l'espacement entre deux plans parallèles successifs du réseau cristallin,

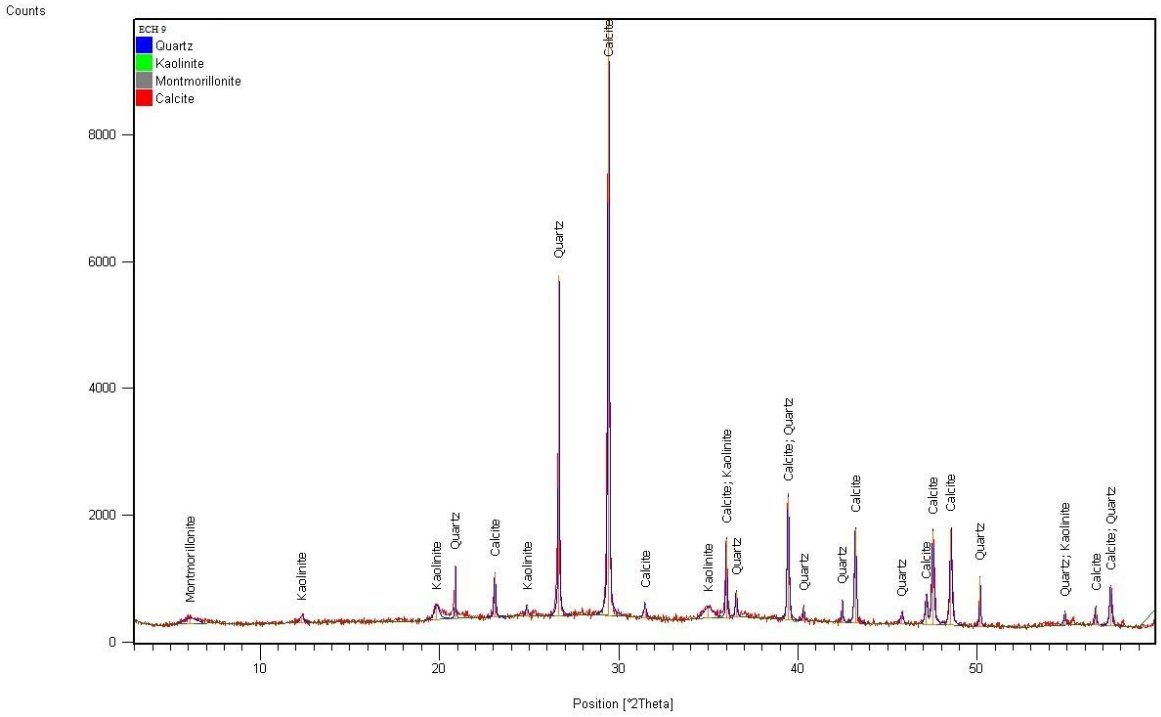
θ l'angle de diffraction.

L'analyse minéralogique des sols étudiés, est basée sur l'interprétation des résultats de (DRX) sur 4 échantillons de sol. Ces analyses ont été réalisées au Centre d'Études et de Services Technologiques de l'Industrie des Matériaux de Construction (CETIM), Boumerdes.

4.2.1. Résultats et interprétation d'essai DRX :




Counts
ECH 18
Quartz
Calcite
Illite
Dolomite
Kaolinite
15000
10000
5000
0
10
20
30
40
50
Position [°2Theta]


Counts
ECH 9
Quartz
Kaolinite
Montmorillonite
Calcite
8000
6000
4000
2000
0
10
20
30
40
50
Position [°2Theta]

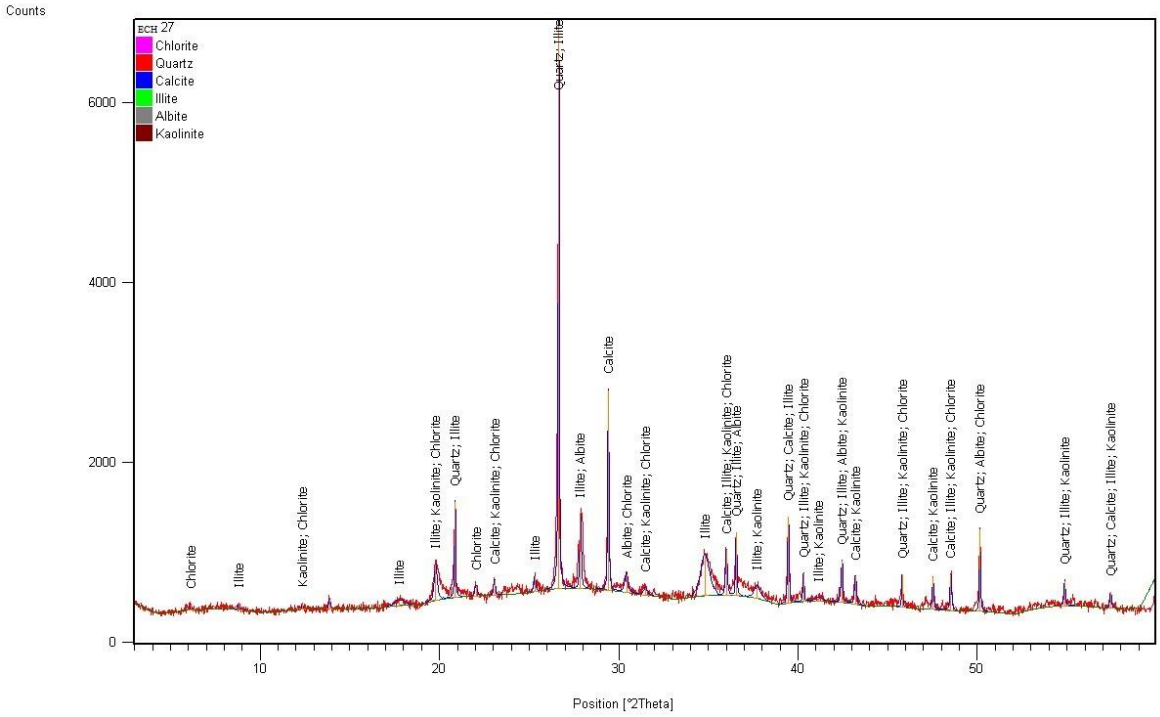


Figure IV.19: Diagrammes de diffraction des rayons X des échantillons (21.18.9.27 respectivement).

Les diagrammes de diffractomètre de rayons X des échantillons prélevé montre que le sol est dominé par les minéraux argileux de l'illite et de kaolinite avec la présence des éléments insolubles à savoir le quartz et les calcites.

4.3. Caractéristique chimique par Spectrométrie de fluorescence X :

La spectrométrie de fluorescence X est une technique d'analyse élémentaire globale permettant d'identifier et de déterminer la plupart des éléments chimiques qui composent un échantillon. Cette technique peut être utilisée pour des matériaux très variés.

L'échantillon à analyser est placé sous un faisceau de rayons X. Sous l'effet de ces rayons X, les atomes constituant l'échantillon passent de leur état fondamental à un état excité. L'état excité est instable, les atomes tendent alors à revenir à l'état fondamental en libérant de l'énergie, sous forme de photons X notamment. Chaque atome, ayant une configuration électronique propre, va émettre des photons d'énergie et de longueur d'onde propres. C'est le phénomène de fluorescence X qui est une émission secondaire de rayons X, caractéristiques des atomes qui constituent l'échantillon. L'analyse de ce rayonnement X secondaire permet à

la fois de connaitre la nature des éléments chimiques présents dans un échantillon ainsi que leur concentration massique.

En spectrométrie de fluorescence X, les sources de rayonnements X habituellement utilisées sont les tubes à rayons X ou les sources radioactives (surtout pour les appareils portables mais qui tendent à disparaitre avec le développement des mini-tubes). Du fait de leur énergie importante, les photons X émis par un tube ont la capacité d'arracher des électrons situés sur les couches proches du noyau des atomes. L'atome alors ionisé va tendre à revenir à l'état d'équilibre : un électron d'une couche plus externe va venir combler la lacune laissée par l'électron qui a été éjecté. Cette transition électronique s'accompagne d'une libération d'énergie sous forme d'un photon X d'énergie caractéristique de l'atome. C'est le phénomène de fluorescence X. Plusieurs transitions électroniques sont possibles, un atome pouvant émettre plusieurs types de photons X. Pour les nommer on utilise la notation de Siegbahn, on parle de raies Kα, Kβ, Lα, Lβ,…

Pour l'analyse du rayonnement de fluorescence X émis par l'échantillon, il existe deux grands types d'appareillage : les spectromètres à dispersion en longueur d'onde (WD-XRF, *Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry*) et les spectromètres à dispersion en énergie (ED-XRF, *Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry).*

La fusion de borate est une technique utilisée pour préparer différents types d'échantillons pour une analyse XRF. La technique de fusion au borate consiste à mélanger un échantillon broyé avec un flux de borate (lithium ou sodium) à l'intérieur d'un creuset 95% Pt - 5% Au, à chauffer à 1000 °C sous agitation jusqu'à ce que le flux fonde, puis à dissoudre l'échantillon de manière homogène dans le flux. Lorsque l'échantillon doit être préparé pour la fluorescence X (analyse XRF), la matière thermo fusible est ensuite coulée dans un moule et refroidie, ce qui donne un disque de verre.

Puisque la XRF est une technique comparative, les étalons utilisés pour préparer la courbe d'étalonnage doivent correspondre étroitement aux caractéristiques de l'échantillon inconnu pour fournir une analyse exacte et précise. La fusion est la seule technique de préparation d'échantillons qui vous permet de faire correspondre les normes et les inconnus qui couvrent une large gamme de matériaux.

Les disques de verre préparés par fusion de borate conduisent à des résultats analytiques XRF bien plus précis et exacts que ceux obtenus avec des pastilles pressées. En plus d'être simple, rapide et efficace, cette technique de préparation réduit le nombre de matériaux de référence certifiés et d'applications d'étalonnage.



Photo IV.20 : Spectromètre de fluorescence X.

Au niveau de la cimenterie de Sour El Ghozlane Wilaya de Bouira, nous utilisons la méthode de fusion où l'échantillon est transformé en une 'perle' de verre, de composition homogène qui correspond à la composition chimique moyenne représentative du matériau initial, et de surface parfaitement lisse.

4.3.1. Résultats et interprétation de Spectrométrie de fluorescence X : (Tableau IV.12)

Tableau IV.12 : Résultats des caractéristiques chimiques des échantillons prélevés par le Spectromètre de fluorescence X.

Matières	ECH1	ECH2	ECH3	ECH6-1	ECH7	ECH8	ECH9	ECH10	ECH11	ECH12	ECH13	ECH14	ECH15	ECH16	ECH17	ECH18-2	ECH18-1
%SiO_2	41.70	52.50	50.58	41.55	16.21	39.20	33.29	60.09	41.05	21.51	30.28	59.18	39.32	17.18	24.50	56.72	51.68
%Al_2O_3	12.50	15.35	23.41	12.19	5.71	14.51	11.59	10.96	15.15	6.67	11.14	20.57	6.83	4.61	9.68	22,36	13.78
%Fe_2O_3	4.72	3.97	6.03	5.27	2.22	6.70	4.66	6.78	6.38	2.51	5.31	3.47	2.63	1.77	5.19	4.52	5.87
%CaO	13.07	3.38	1.90	14.39	38.56	14.34	21.71	14.14	15.61	34.41	48.55	0.81	0.73	40.13	56.93	1.08	10.01
%MgO	2.37	1.04	1.55	2.04	0.76	2.34	1.01	3.93	2.06	1.01	0.87	1.11	1.27	0.49	0.510	0.69	0.72
%K_2O	0.50	0.11	1.44	0.13	0.53	2.49	0.83	0.15	3.20	0.71	0.05	3.12	0.01	0.49	0.04	1.82	1.14
%Na_2O	0.19	0.15	0.36	0.29	0.12	0.58	0.36	0.81	0.41	1.10	0.76	0.44	1.49	0.31	0.98	0.07	0.08
%SO_3	0.19	0.12	0.04	0.12	0.76	0.06	0.07	0.25	0.43	0.55	0.32	0.05	0.11	0.14	0.35	0.06	0.08
%P2O5	/	/	/	/	/	/	/	0.57	/	/	0.52	/	0.11	/	0.10	/	/
%TiO2	/	/	/	/	/	/	/	0.6	/	/	0.13	/	0.4	/	0.55	/	/
%Paf	22.05	21.10	13.60	21.17	34.88	18	25.08	15.94	17,3	30.77	30.65	9.79	5.73	34.29	33.31	11.01	15.12
% TITRE $CACO_3$	23.26	6.02	3.38	25.61	68.63		38.64	/	/	/	/	1.45	/	/	/	1.92	17.82
Matières	**ECH20-1**	**ECH21**	**ECH23**	**ECH24**	**ECH25**	**ECH26**	**ECH27**	**ECH28**	**ECH29**	**ECH30**	**ECH31**	**ECH32**	**ECH33**	**ECH34**	**ECH35**	**ECH37**	
%SiO_2	25.33	54.78	58.29	28.05	23.98	39.31	49.11	38.45	6.59	36.99	25.69	54.42	16.24	44.43	16.12	31.70	
%Al_2O_3	8.01	13.90	17.87	6.23	7.59	15.63	17.43	12.13	2.06	13.68	10.2	20.38	6.30	5.42	5.09	10.47	
%Fe_2O_3	3.33	5.57	8.49	4.35	3.15	4.43	6.26	4.47	1.22	4.84	2.59	6.07	2.64	4.99	3.6	5.54	
%CaO	33.29	8.22	0.72	27.94	31.53	23.61	5.66	18.82	88.85	15.79	57.43	0.91	37.82	40.37	70.68	23.71	
%MgO	1.00	1.13	3.74	1.32	0.94	7.42	1.99	1.58	0.69	1.18	1.15	1.05	0.59	1.3	1.86	0.78	
%K_2O	0.73	1.26	0.04	0.72	0.69	0.61	2.55	1.49	0.13	1.11	0.29	2.89	0.49	0.24	0.26	1.22	
%Na_2O	0.31	0.16	7.28	0.11	0.29	4.72	1.19	0.13	0.21	0.18	0.74	0.19	0.31	0.66	0.45	0.12	
%SO_3	0.32	0.10	0.14	3.70	0.31	0.23	1.99	0.11	0	2.60	0	0.03	0.07	0.03	0.06	0.11	
%P2O5	/	/	0.15	/	/	0.12	/	/	0.05	/	0.46	/	/	0.68	0.25	/	
%TiO2	/	/	0.94	/	/	0.63	/	/	0.1	/	0.06	/	/	0.38	0.08	/	
%Paf	26.67	13.02	20.91	24.94	30.56	23.8	14.06	21.19	41.8	22.12	34.51	11.40	34.72	26.37	37.65	24.75	
% TITRE $CACO_3$	25.26	14.68	/	/	56.12	/	10.07	33.50	/	28.11	/	/	/	/	/	42.20	

Le pourcentage des éléments chimiques telle que les carbonate indique que les échantillons sont faibles à moyennement carbonaté qui montre que le sol est une argile à marne argileuse et nous avons trouvé aussi des éléments non carbonatés telle que l'échantillon (04 et 18-2).

Nous avons constaté aussi que la plupart des échantillons sont dominés par les éléments insolubles tels que les silicatés et les oxydes d'aluminium, avec des pourcentages plus au moins moyens d'un échantillon à l'autre.

Et le pourcentage des oxydes de calciums est présenté comme faible a moyenne dans la plupart des échantillons par contre les autres éléments sont présenté par des pourcentages très faible.

Suite aux résultats précédente on peut dire que la plupart des échantillons présentés par des argiles et des limons argileux avec des concrétions carbonaté.

5. Conclusion :

L'étude des caractéristiques mécaniques, physico-chimiques et minéralogique des échantillons de sols prélevés des zones instables de la région d'étude, a montré sa grande utilité pour l'interprétation de leur comportement mécanique.

Les résultats des essais de laboratoires réalisées, montre que la plupart des sols étudiés constitué par une quantité importante de la fraction argileuse. Telle que les argiles et des argiles limoneuses, par fois en trouve des éboulis des pentes dans une matrice argileuse, ces argiles ont des caractéristiques physiques de peu à très plastique. Comme nous avons trouvé que les pourcentages des éléments insolubles par fois important. Et le pourcentage des carbonates dans la plupart des échantillons montre que les sols sont argileux.

Pour les formations marneuses, la stabilité aux glissements de terrain est liée à la nature géologique de ces terrains. Ils sont généralement disposés en minces couches et recoupés par une fracturation intense, comme en trouve parfois des marnes d'un aspect schisteuse et altéré, (l'insertion de l'eau à travers les fissures et les inter-lits et provoque une altération et une diminution des forces de cohésion et de l'angle de frottement interne). Ce déséquilibre des forces avec la pente des terrains et le plongement des couches avec le moteur principal que favorise le mouvement (l'eau) en arrivera à un glissement de terrain.la plupart des glissements sont déclenché dans les terrains argileuses qui perte ces caractéristiques physico-chimiques et mécaniques.

CAPITRE V :
ANALYSE ET CARTOGRAPHIE DE LA SUSCEPTIBILITE AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN



1. Méthodologie générale d'approche : Approche d'Analyse Multi-échelle (AAM) :

L'instar des différents aléas, la gestion des mouvements de terrain est une étape indispensable qui doit précéder tout projet d'aménagement s'inscrivant dans le cadre d'un développement durable. Une de ces étapes, est l'évaluation de la susceptibilité. Elle présente une composante indispensable et inévitable dans le processus de gestion interactive centré sur la prévention du risque mouvements de terrain, via la création de cartes de susceptibilité. Ces cartes permettront d'évaluer le risque par l'intégration de la vulnérabilité et ses différentes dimensions.

Quant à l'analyse multi-échelle proposée, elle évaluera la susceptibilité de cette région d'étude en procédant par zoom (d'une petite vers une grande échelle) :

1- Partant d'une échelle régionale pour le bassin versant de Seybouse (1/100 000 à 1/ 500 000) ;

2- Passant par une échelle moyenne (1/25 000 à 1/ 50 000) pour la moyenne Seybouse ;

3- Arrivant à une échelle large ou de détail (1/15 000 à 1/ 5 000) pour un site .

2. Zonation de la susceptibilité à échelle régionale (1/ 100 000) de bassin Seybouse par approches qualitatives et semi-quantitatives :

Pour obtenir une cartographie globale sur l'ensemble du secteur d'étude (env. 6476 km²) nous proposons en premier lieu l'approche experte ou heuristique qui constitue le second type d'approche qualitative. Dans ce cas, la localisation potentielle de la susceptibilité est basée sur la connaissance a priori et l'expérience locale (ou par analogie avec des cas similaires) d'un expert en charge de l'étude. Les approches expertes sont basées sur l'utilisation de données spatialisées pour la localisation des zones potentiellement instables (pente, géologie, hydrologie, géomorphologie, géotechnique, occupation du sol etc.). Ces données sont acquises au travers de campagnes de terrain, de l'analyse d'images aériennes ou peuvent être directement disponibles. Dans le cas des approches expertes, la cartographie géomorphologique ou morpho-dynamique constitue une des bases essentielles de l'évaluation de la susceptibilité (Kienholz, 1978 ; Amadesi & Vianello, 1978 ; Porcher & Guillope, 1979).

En deuxième lieu l'approche semi- quantitative qui contient plusieurs méthodes telles que les logiques floues et le système d'analyse hiérarchique (AHP), cette dernière basée sur les systèmes de combinaison par paires (Saaty, 1980 ; Saaty & Vargas, 2001) et souvent considérée comme la méthode la plus adaptée pour un travail à échelle régionale.

L'objectif de cette étape est de proposer une carte régionale de la susceptibilité dans laquelle la vision experte tient une place dominante.

2.1. Secteur d'étude :

Le Bassin versant de la Seybouse couvre l'ensemble ou une partie des territoires des Wilayas de Oum El-Bouaghi, Guelma, El-Tarf (près de Dréan), Annaba, Skikda, Souk-Ahras et Constantine. Il est subdivisé en 6 sous-bassins (Oued Cherf amont – Oued Cherf aval – Oued Bouhamdane - Oued Seybouse moyenne - Oued Mellah - Oued Seybouse maritime).

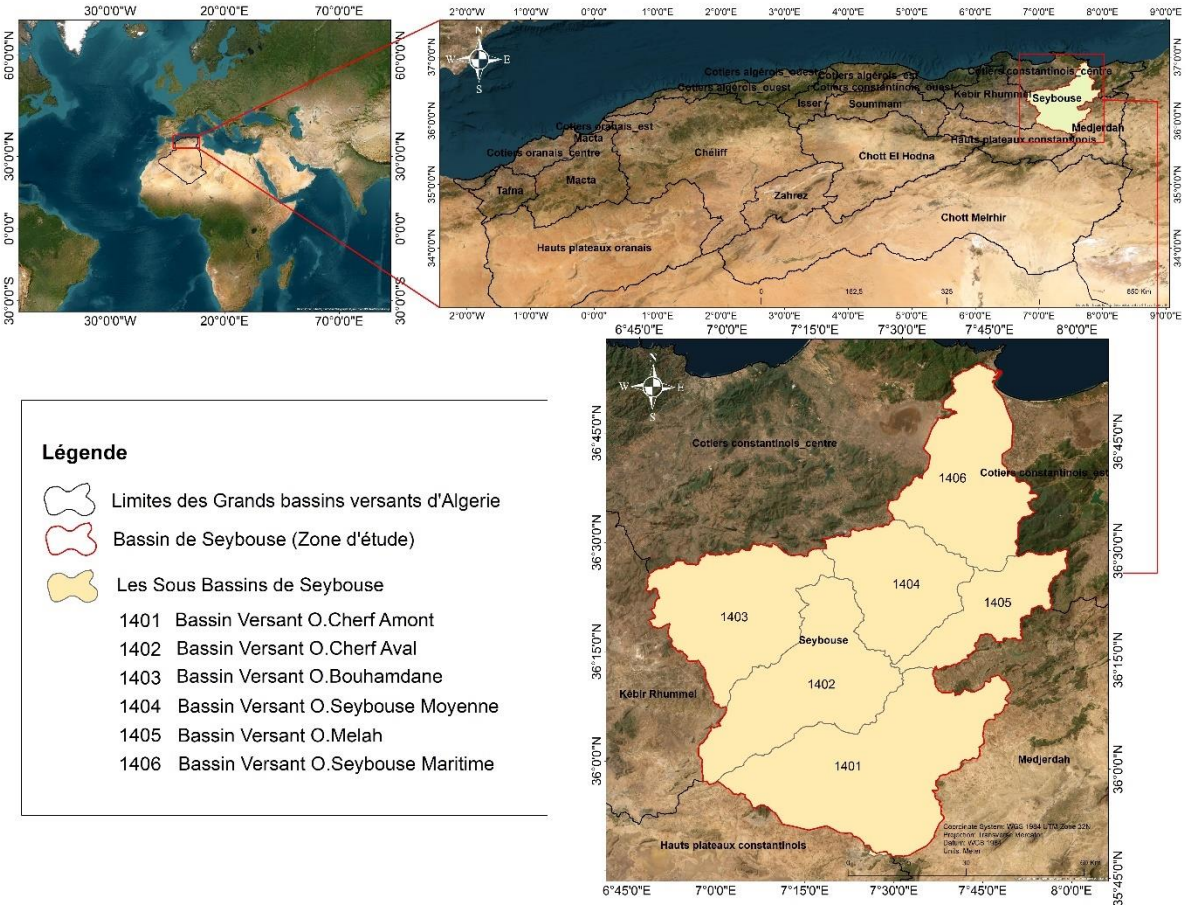


Figure V.1 : Situation géographique du secteur d'étude (Bassin Seybouse).

2.2. Sélection des paramètres générant les glissements de terrain :

Les glissements de terrain sont généralement commandés par la combinaison d'une multitude de facteurs qu'il faut analyser et pondérer simultanément pour obtenir une évaluation performante de la susceptibilité. Il est ainsi nécessaire de disposer de jeux de données conséquents ayant un rapport de cause à effet direct avec la prédisposition et/ou le déclenchement des phénomènes (Van Westen et al., 2008 ; Cascini, 2008). En fonction des données disponibles et/ou acquises spécifiquement pour l'étude, différentes méthodes, s'attachant à évaluer ou quantifier plus ou moins précisément les processus, peuvent être

utilisées. La qualité et la précision du résultat final sont donc intimement liées à ces deux composantes.

D'une manière générale, on identifie cinq grands types de facteurs de prédisposition pour la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain. (Tableau V.1) à savoir : Les paramètres anthropiques (les routes), l'occupation du sol, la géologie, la géomorphologiques, et les conditions hydrologiques. Les facteurs utilisés pour notre région d'étude ont été soigneusement sélectionnés et examinés en fonction de leur pertinence, leur disponibilité (ou existence) et leur échelle. Par conséquent, neuf cartes matérialisant les paramètres ont été intégrées : lithologie, distance aux failles, gradient de pente, hypsométrie, exposition des versants, réseau hydrographique, réseau routier, précipitations, et occupation des sols.

Tableau V.1 : Groupes des paramètres sélectionnés dans la présente étude ainsi que les données utilisées.

Groupe	Source	Echelle et/ou résolution	Paramètres
Paramètres anthropiques	Osm Open Topo Map QGIS Google earth pro		-Réseau routier (Proximité aux routes)
Géologie	Cartes géologiques	1/50 000 ème	-unités géologiques -distance aux failles
Occupation du sol	Esri sentinel 2 land cover explorer	10 m	Occupations des sols
Géomorphologie	MNT	30 m	-gradient de pente -hypsométrie -exposition
Hydrologie	Donnée ANRH , ONM, Base de données existantes MNT	1/500 000 ème 1/100 000 ème 30 m	-précipitations -distance aux réseau hydrographique

2.3. Méthodologie de travail appliquée pour la zone d'étude :

Le travail a commencé par la collecte de données provenant de différents sources (rapports et par l'utilisation de Google Earth, des images haute résolution…) pour collecter des données sur les emplacements des glissements de terrain afin de développer un inventaire des glissements de terrain. Ensuite, on utilise le logiciel ArcGIS 10.8 pour extraire les différents paramètres contrôlant les glissements de terrain. Ces facteurs ont été normalisés à une résolution spatiale de 25 m. Sur la base des connaissances des experts, la méthode de combinaison des cartes d'index (CCI) et le processus de hiérarchie analytique (AHP) On utilise l'outil ‘’Map

Algebra'' dans l'analyse spatiale pour effectuer la carte de susceptibilité aux glissements de terrain du bassin versant de la Seybouse.

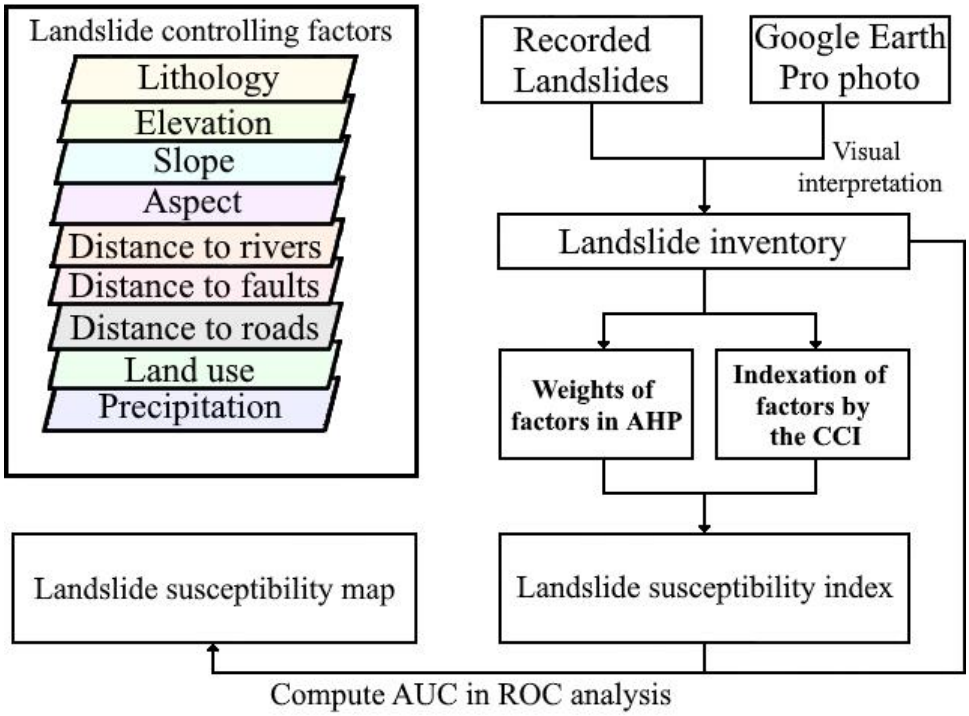


Figure V.2 : Organigramme des méthodes (CCI et AHP).

2.3.1. Cartographie d'inventaire des glissements de terrain :

L'analyse de la susceptibilité de « glissement de terrain » nécessite une bonne connaissance des phénomènes ainsi être considérée comme une forme élémentaire de susceptibilité. La carte d'inventaire détaillée des glissements de terrain dans la zone d'étude a été établie à partir l'analyse et l'interprétation des images satellitaires de Google Earth Pro pour différentes périodes (2007-2024), l'analyse fine des formations géologiques, leurs caractéristiques géomorphologiques, hydrologiques et vérification par des travaux de terrain.

La carte d'inventaire des glissements de terrain montre la répartition spatiale des glissements de terrain. Deux mille six cent trente-trois (2633) glissements de terrain ont été identifiés et cartographiés dans la région d'étude. Ils sont présentés sur la carte d'inventaire (Figure V.3). La carte d'inventaire des glissements de terrain a été divisée (échantillonnée) en deux sous-ensembles distincts : un ensemble de données de modélisation (70 %) a été utilisé pour construire des modèles de glissement de terrain et un ensemble de données d'essai (30 %) a été utilisé pour valider le modèle (Chung et Fabbri 2003, 2008).

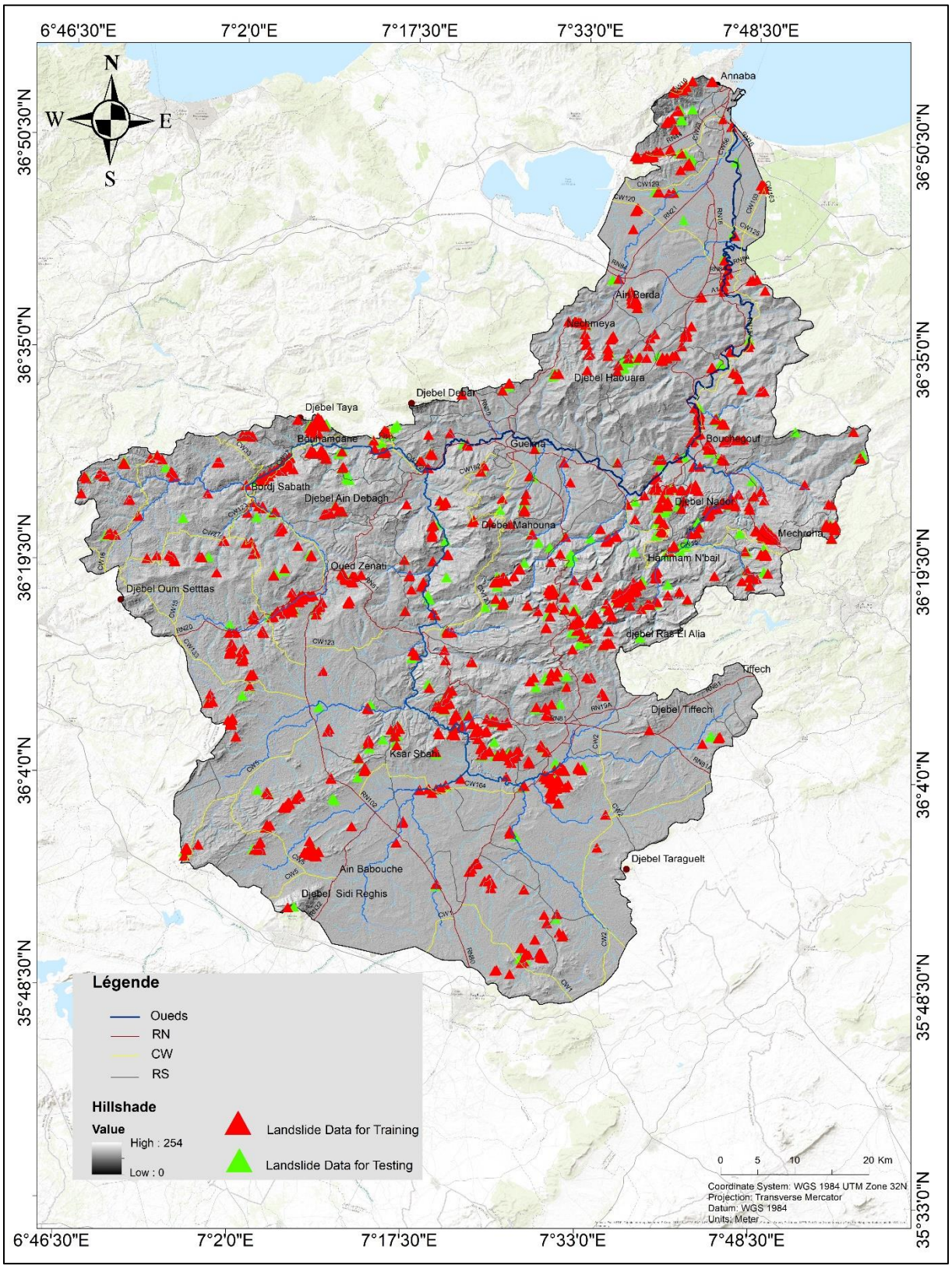


Figure V.3 : Carte d'inventaire des glissements de terrain de la zone d'étude.

2.3.2. Cartographie des facteurs conditionnant de susceptibilité et de déclenchement des glissements de terrain avec leur relation :

L'analyse de l'inventaire des glissements de terrain a identifié et décrit les principaux facteurs de prédisposition (variable prédictive) à introduire dans le modèle statistique afin d'évaluer et de cartographier la susceptibilité aux glissements de terrain. Neuf (09) facteurs de causalité possibles incluant la lithologie, les précipitations, la pente, l'aspect de la pente, l'altitude, l'occupation du sol, la distance aux réseau hydrographique, la distance aux failles et la distance au réseau routier ont été identifiés, analysés et des couches thématiques ont été dérivées et préparées principalement à partir :

- Des bases de données nationales disponibles (cartes géologiques, carte topographique nationale, MNT), des données des précipitations ;
- Des analyses des photographies aériennes et d'images satellites de Google Earth pro et des enquêtes de terrain. Les couches thématiques générées dans le logiciel SIG ont été rééchantillonnées dans une grille de 25 m x 25 m afin de faciliter le calcul et la modélisation.

2.3.2.1. Lithologie :

La lithologie est considérée comme l'un des principaux facteurs déclencheurs des glissements de terrain (Pradhan et Lee, 2010 ; Dahoua et al., 2017 ; Kouli et al., 2009 ; Awawdeh et al., 2018) car la variation des structures lithologiques affecterait la perméabilité et la résistance du matériau de pente. Les différentes unités géologiques ont différentes susceptibilités aux processus géomorphologiques actifs (Garcia Rodriguez et al. 2010).

Les matériaux à grains fins, en particulier les argiles, présentent des caractéristiques physico-mécaniques favorables au processus de glissement de terrain car ils sont peu résistants, compressibles et sensibles au gonflement. Il ressort clairement de ce qui précède que les sols à grains fins nécessitent une attention particulière en terme de stabilité des pentes (Hadji et al. 2014).

La géologie de notre secteur d'étude est d'une importance capitale dans l'occurrence et la distribution spatiale des glissements de terrain. La plupart des phénomènes inventoriés s'avèrent être liés - à la présence d'argiles, marnes, flyschs, et schistes, - à des caractéristiques mécaniques médiocres des argiles (riches en smectite) ;dissolution du gypse, à une infiltration des eaux essentiellement au niveau des alternances calcaires-argiles et argile-marnes sensibles aux variations de la teneur en eau.

La lithologie de la zone d'étude a été préparée dans une couche vectorielle, en numérisant les polygones à partir des 21 cartes géologiques 1 :50 000. La carte de faciès élaborée (FigureV.4) montre une variation lithologique des affleurements que l'on peut regrouper en huit grandes classes.

- **Relation de facteur géologique avec les glissements de terrain :**

Afin d'examiner la relation entre les glissements de terrain inventoriés de la province d'étude et le facteur géologique sélectionné (lithologie), nous avons procédé en une analyse de la distribution spatiale des phénomènes par leur intersection et superposition avec le paramètre géologique, ce qui correspond à une analyse par corrélation statistique. Une analyse de fréquences des glissements de terrain (variable à modéliser) au niveau de chaque classe de la variable prédictive utilisée (paramètre conditionnant) ce qui permet d'aborder la relation glissement – Paramètre en détail et comprendre les spécificités de chaque classe et son impact sur la distribution des glissements inventoriés.

Le diagramme de la (Figure V.5) montre la distribution des glissements de terrain pour chaque classe lithologique.

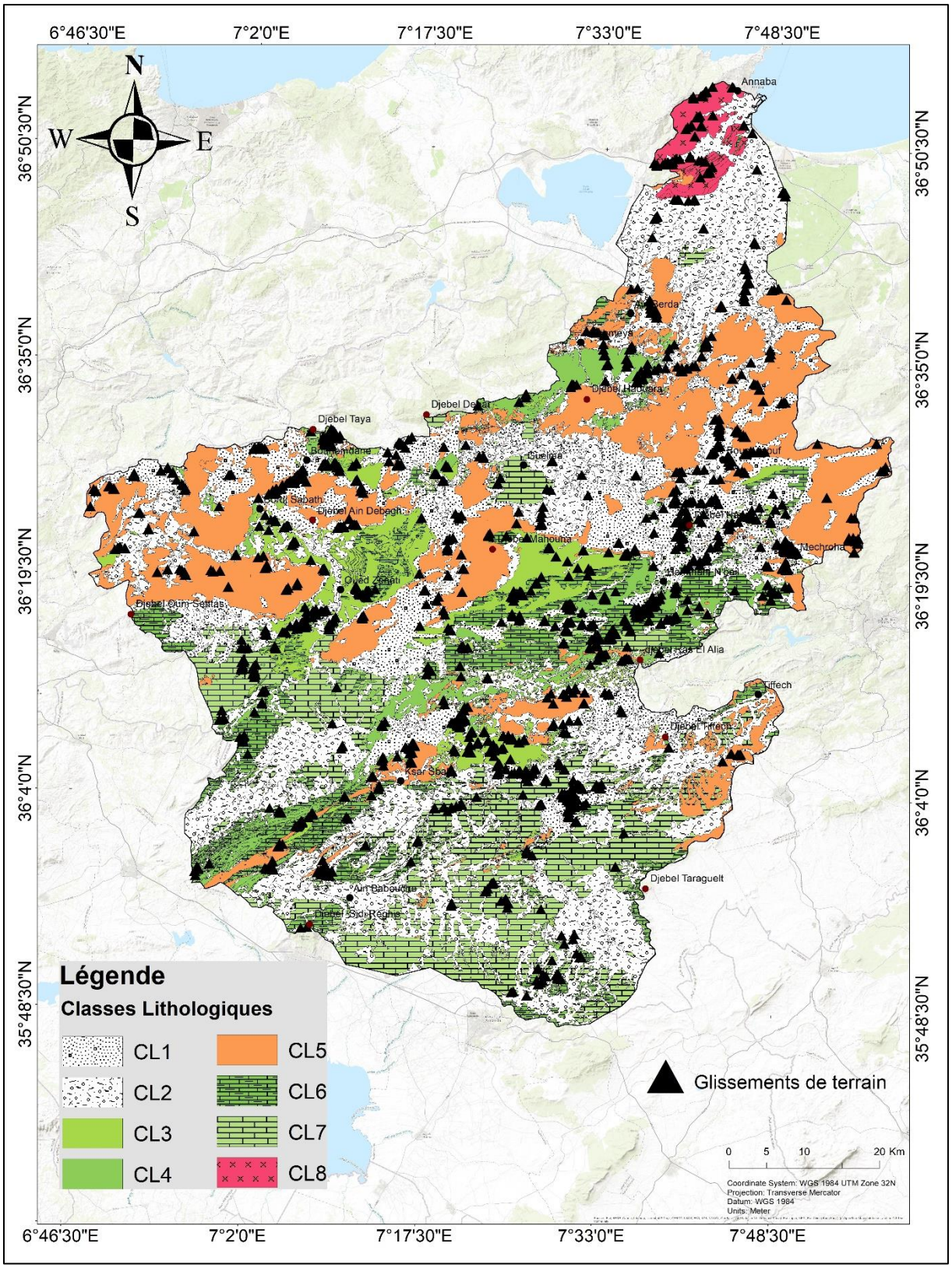


Figure V.4 : Carte des classes lithologiques à comportement similaire.

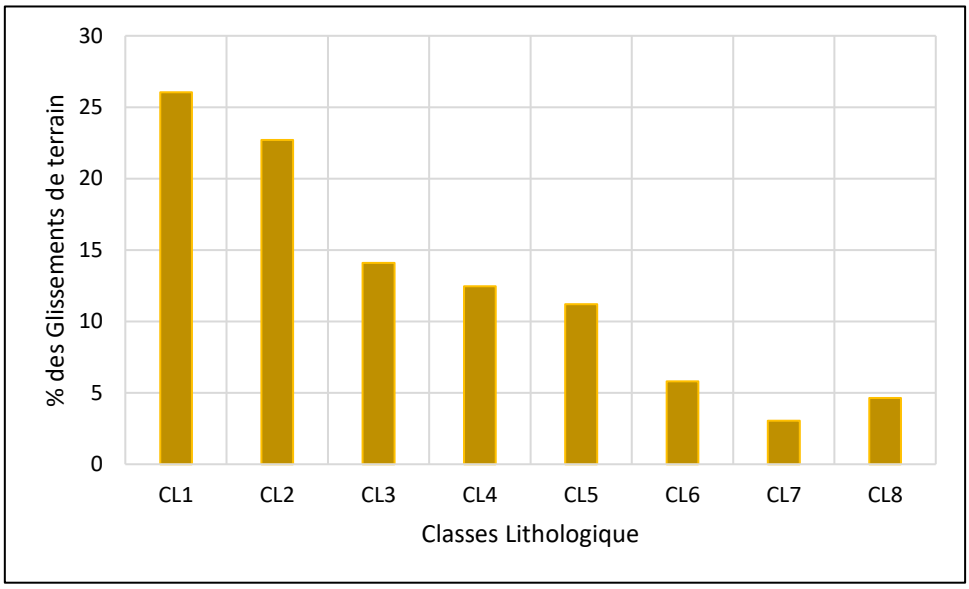


Figure V.5 : La répartition des glissements de terrain pour chaque classe lithologique.

2.3.2.2. Les précipitations :

Les précipitations l'un des facteurs les plus importants dans le déclenchement des glissements de terrain, (Garcia - Rodriguez et Malpica 2010). Les mesures des précipitations ont confirmé que des mouvements de pentes récurrentes se produisaient pendant les périodes de précipitations exceptionnellement fortes (Zaruba, 1982). Nous avons établi dans notre étude deux types de diagrammes. Le premier (Figure III.17), représente les précipitations moyennes mensuelles calculées sur une série de 64 ans. Il montre que les maximas pluviométriques se situent en général en décembre et janvier, avec un maximum secondaire novembre et février. Les mois les plus secs sont toujours juillet et août. Le second diagramme (Figure III.3) présente les variations interannuelles des précipitations sur la même période (64 ans). Il montre une certaine alternance, sans périodicité régulière, entre les périodes à forte précipitations et celles à faibles à très faibles précipitations. La distribution spatiale des précipitations dans la zone d'étude a été créée par l'interpolation des précipitations annuelles moyennes, de la série de mesures de précipitations allant de 1958 - 2021. La corrélation des résultats est parfaitement similaire à la carte numérisée et coupé de la carte de pluviométrie du Nord de l'Algérie, à l'échelle 1: 500 000 ; ANRH, 1993 (Données moyennes de 60 ans, 1921 à 1960 et 1968 à 1989). La carte produite (Figure V.6) interprète les moyennes interannuelles et leur répartition géographique sur la zone d'étude.

- **Relation de facteur climatique (précipitations) avec les glissements de terrain :**

L'infiltration des eaux augmente l'humidité du sol et par la suite une diminution de la résistance au cisaillement et de la cohésion du sol ce qui induit son instabilité (Bourenane et al., 2016 ; Anis et al., 2019 ; Mousavi et al., 2011). La cause la plus importante dans la genèse des glissements n'est pas la quantité de pluies annuelles en elle-même,mais plutôt la conjonction, sur une même "année pluvieuse" de plusieurs phénomènes, dont l'intensité et le rythme des précipitations. Lorsque plusieurs mois successifs concentrent des précipitations très élevé en trois mois (novembre, décembre, et Janvier), avec P mensuelles supérieures à la moyenne, ces précipitations ont un effet morphogénétiques certain comparé à une même pluviosité répartie sur toute l'année. Ainsi, même avec un décalage de quelques mois déficitaires, les effets des pluies sont cumulatifs. Les pluies qui tombent sur un terrain saturé en profondeur et sec en surface trouveront une infiltration facilitée en surface (retrait) et déclencheront des mouvements. C'est le cas pour le glissement de la commune Houari-Boumediene (Ain Hassainia) qui a rejoué dès les premières précipitations de l'année 2024.

Des pluies intenses concentrées sur une courte période de l'année accroissent également la capacité érosive des oueds et rivières, en donnant naissance à des phénomènes de sapements de berge (charge hydrostatique), des badlands sur les formations tendres (nappes de flyschs...), des écroulements et chutes de blocs. Elles peuvent aussi saturer les terrains sur une forte épaisseur, ce qui augmente la charge hydraulique des versants, diminue leur résistance au cisaillement et génère des instabilités donnant lieu à d'important mouvements de terrain.

Le diagramme de la (Figure V.7) montre la distribution des glissements de terrain pour chaque classe de précipitations.

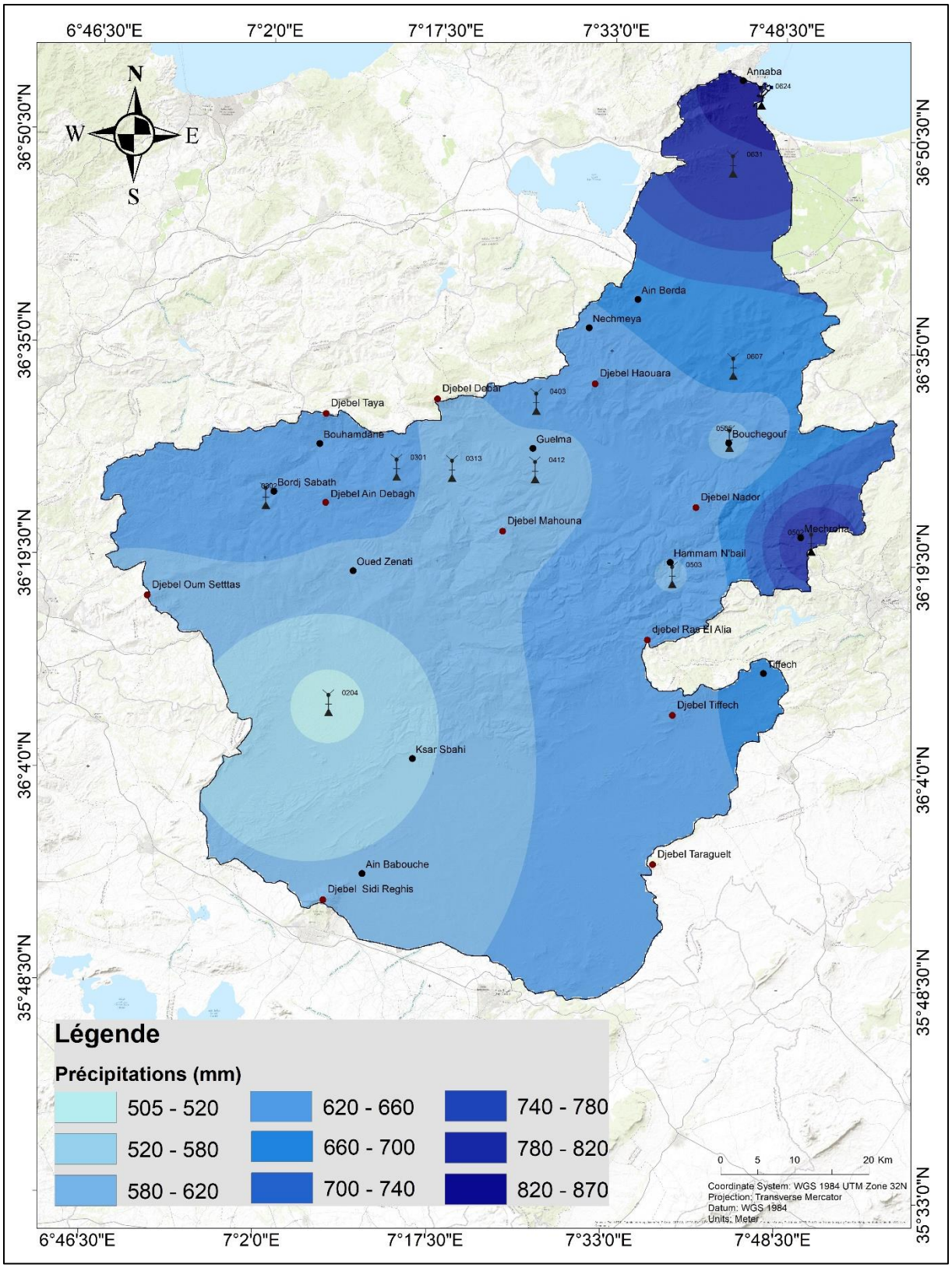


Figure V.6 : Carte pluviométrique de la zone d'étude.

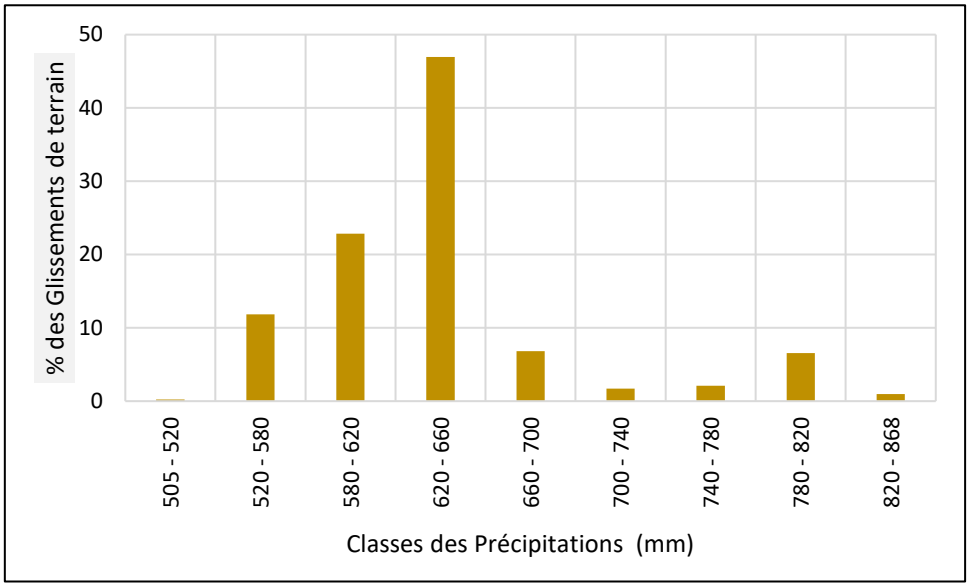


Figure V.7 : la répartition des glissements de terrain dans chaque classe de précipitation.

2.3.2.3. La pente :

Les angles de pente ont un impact direct sur les glissements de terrain. Pour un même matériau dont le poids et les caractéristiques mécaniques sont invariables, l'augmentation de l'angle de pente se traduit par une augmentation de la contrainte tangentielle au cisaillement. Et par conséquent, à une diminution du coefficient de sécurité. L'étude du gradient de pente est donc indispensable pour comprendre la dynamique des versants.

La carte des pentes de la zone d'étude a été dériver à partir d'un MNT à une résolution spatiale correspondant à une taille de pixel de 30 m. Elle a été classée en cinq classes avec un intervalle de 5° comme suit (Figure V.8).

- **Relation de facteur géométrique (la pente) avec les glissements de terrain :**

A partir de diagramme (Figure V.9) qui résume l'évolution des glissement de terrain, on note que ces derniers sont présents au niveau de toute pente même avec des pourcentages variés. Cela revient à dire que, partout où il y a pente, une énergie potentielle est disponible pour expliquer un mouvement vers le bas. C'est grâce à la pente des versants que l'eau ruisselle en surface et acquiert grâce à sa vitesse une énergie cinétique capable de creuser les formations superficielles à caractéristiques géotechniques médiocres en donnant naissance à des phénomènes de ravinement intense. On remarque aussi que la majeure partie des glissements (plus de 70%) départage entre trois classes (1ère,2ème et la 3ème) de pentes.

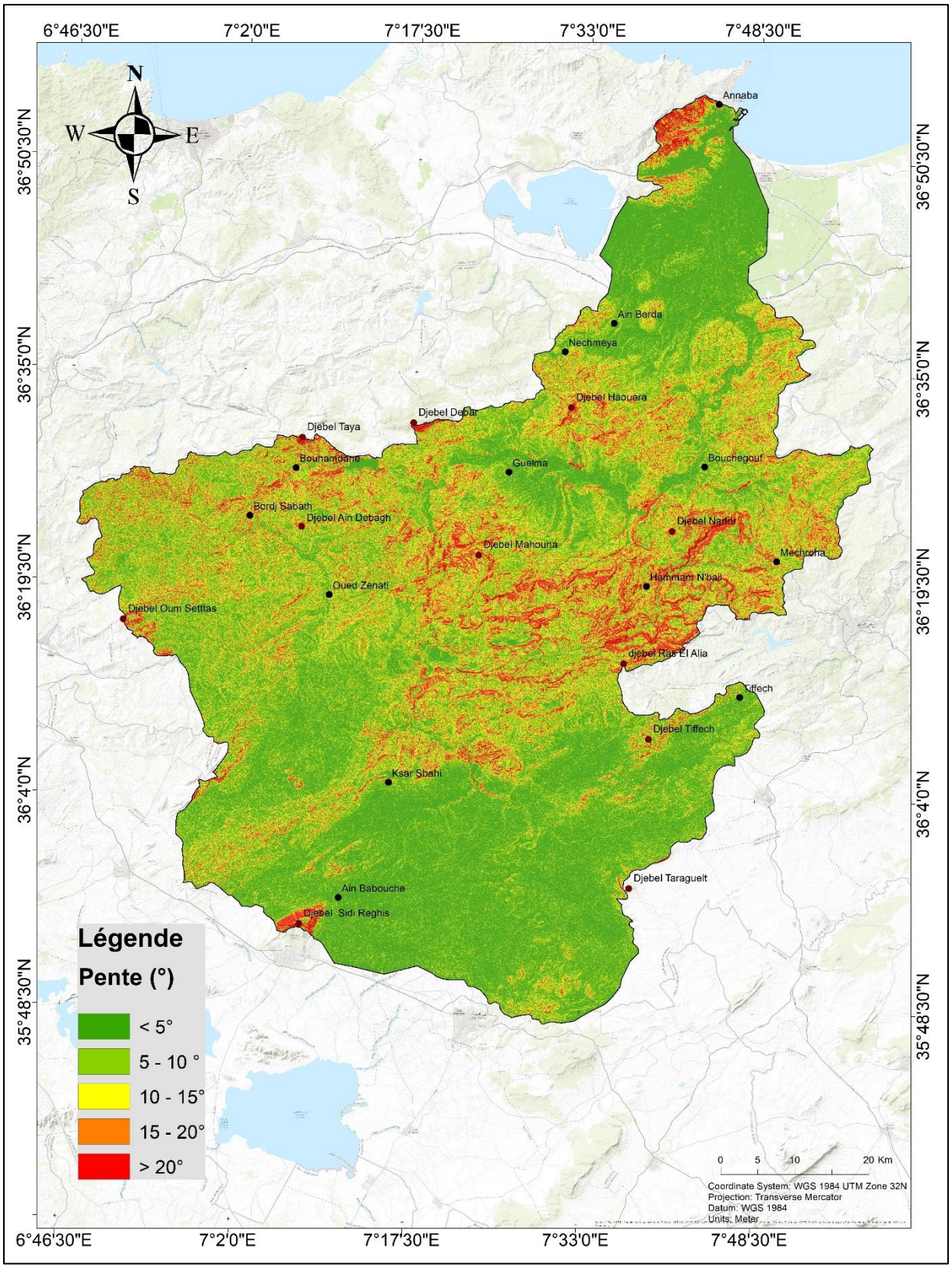


Figure V.8 : Carte des pentes de la zone d'étude.

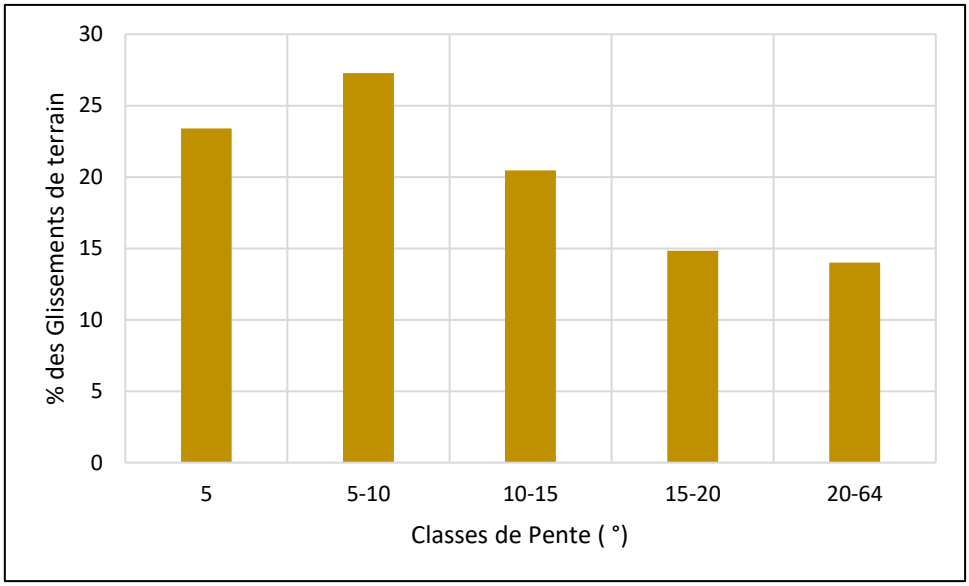


Figure V.9: la répartition des glissements de terrain dans chaque classe de pente.

2.3.2.4. Aspect de la pente :

L'aspect terrain est la direction de la pente, qui peut également contribuer à l'initiation des glissements de terrain (Basharat et al.,2014). L'exposition est liée principalement aux agents climatiques tels que les précipitations, la surface de ruissellement, l'exposition au soleil et le vent sec qui influencent ensuite l'humidité du sol et la végétation, et par conséquent l'occurrence des glissements de terrain (Saha et al., 2010 ; Kayastha et al., 2013 ; Roşian et al., 2016 ; Sifa et al., 2019).La carte d'aspect a été dérivée du Modèle Numérique de Terrain (MNT)avec une résolution de 30 m, il est divisé en 9 classes : plat, N, NE, E, SE, S, SW, W et le NW. (Figure V.10). Le diagramme de la (Figure V.11) montre la distribution des glissements de terrain pour chaque classe d'aspect de pente.

- **Relation de facteur géométrique (aspect de la pente) avec les glissements de terrain :**

Il est évident que la distribution spatiale des glissements de terrain est étroitement corrélée avec l'exposition des versants d'une région donnée, puisqu'elle en contrôle en grande partie le régime hydrique et thermique (l'interception pluviale, l'évapotranspiration, l'écoulement en surface et/ou en profondeur, le type de végétation et d'enracinement, etc). Cependant et en temps normal, les versants les plus humides (les moins ensoleillés) sont les plus prédisposés pour la genèse des glissements de terrain.

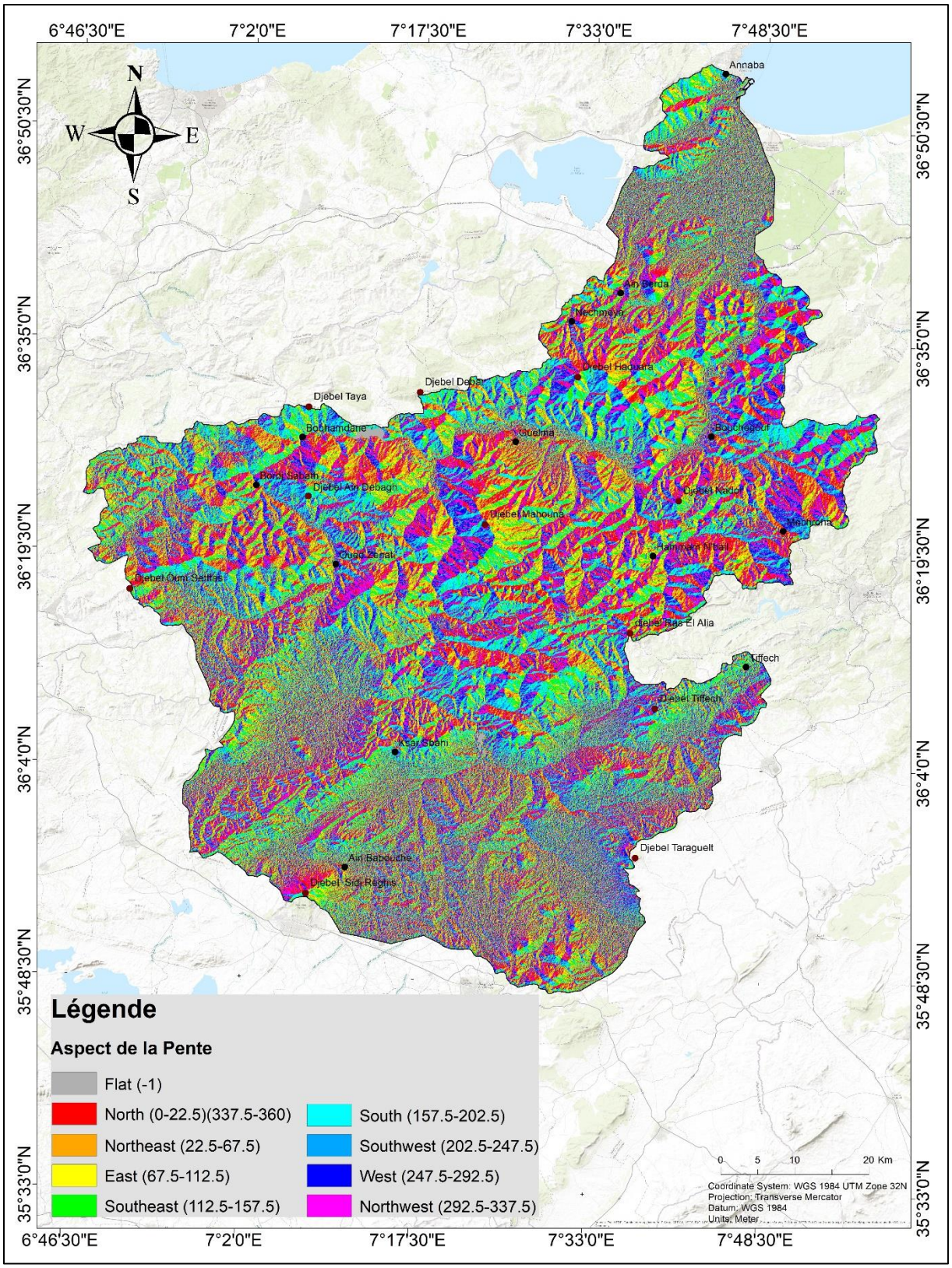


Figure V.10: Carte d'aspect de la pente de la zone d'étude.

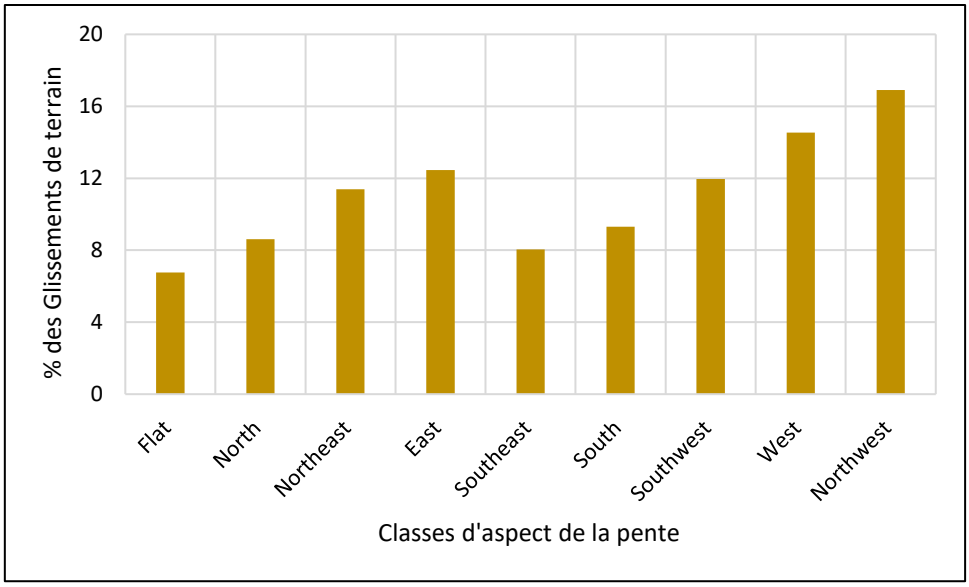


Figure V.11: la répartition des glissements de terrain dans chaque classe d'aspect de la pente.

2.3.2.5. Altitude :

L'altitude est également un facteur de conditionnement des glissements de terrain pertinent utilisé dans cette étude. La carte d'altitude a été préparée à partir du modèle numérique de terrain avec une résolution de pixel de 30 m. Dans la zone d'étude, les cotes varient entre 200 et 1629 m. Les valeurs de cotes ont été regroupées en six classes avec un intervalle de 200 m (Figure V.12.). Le diagramme de la (Figure V.13) montre la distribution des glissements de terrain pour chaque classe d'altitude.

- **Relation de facteur géométrique (altitude ou hypsométrie) avec les glissements de terrain :**

L'analyse générale de la relation glissements de terrain – hypsométrie montre que ces derniers deviennent de plus en plus abondants avec l'altitude et les précipitations. Si l'on essaye de faire un focus sur l'évolution des glissements de terrain,on note que ces glissements se développent plutôt dans la ($1^{ère}$,$5^{ème}$et $6^{ème}$) classes hypsométriques, que dans la dernière classe à hypsométries assez élevée. Ce qui est tout à fait normal puisque sur les zones à hypsométrie très élevés on trouve d'autres familles de mouvement notamment les coulées de débris et les écroulements qui sont essentiellement conditionnées par la présence des massifs rocheux (Dorsale calcaire……).

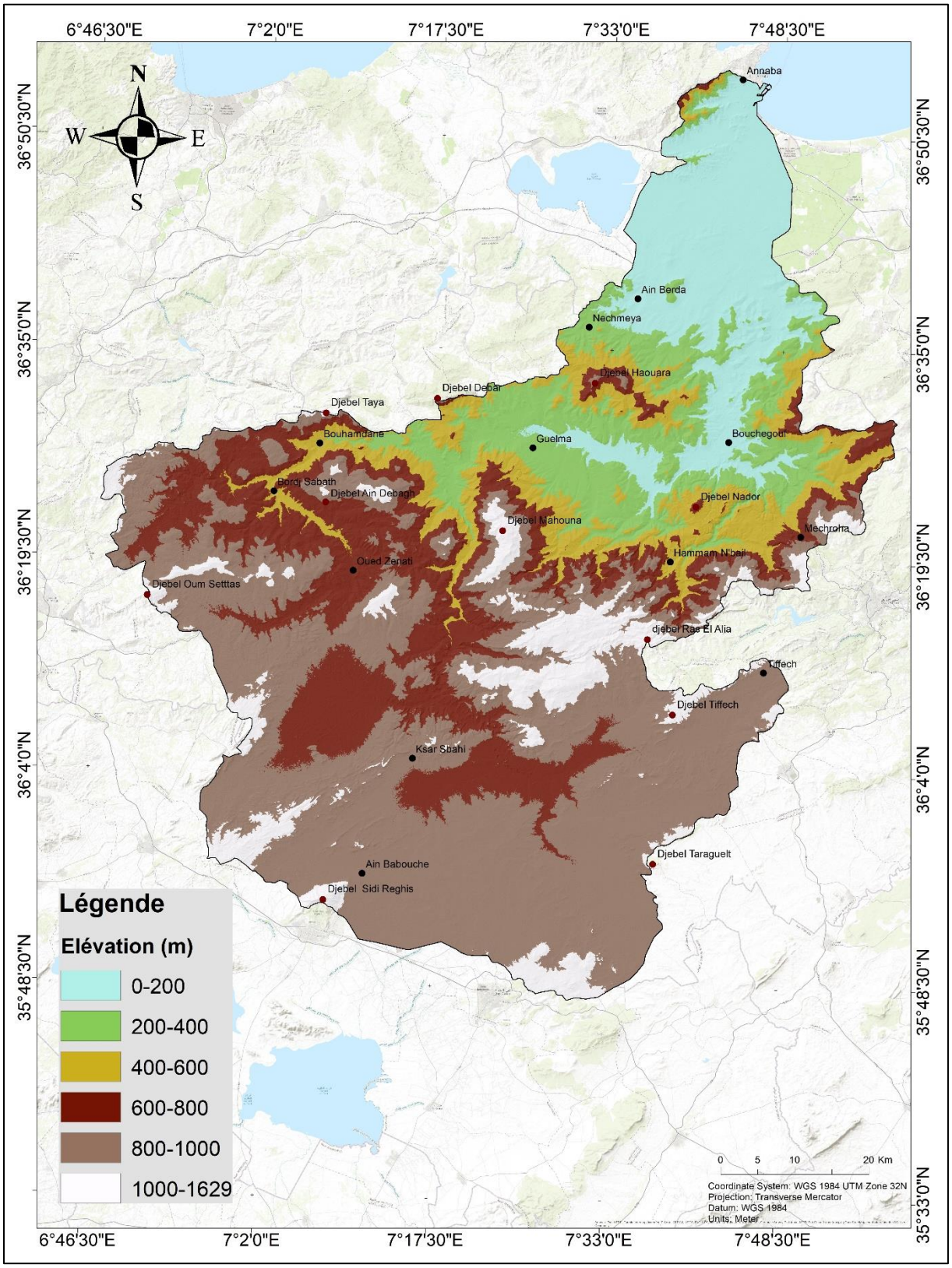


Figure V.12: Carte d'altitude de la zone d'étude.

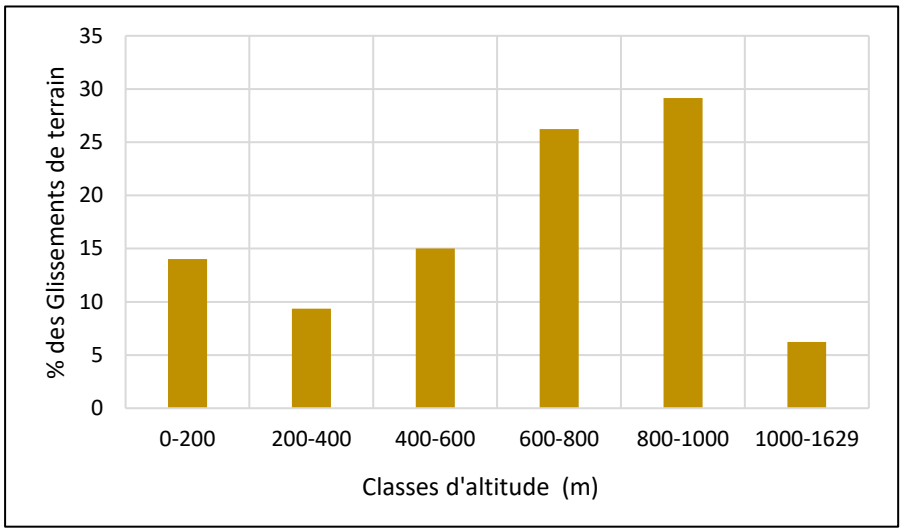


Figure V.13: La répartition des glissements de terrain dans chaque classe d'altitude.

2.3.2.6. L'occupation du sol :

L'occupation du sol au sens large, qui regroupe des informations à la fois sur l'occupation du sol (description physique du territoire) et sur l'utilisation du sol (description fonctionnelle du territoire). Cette distinction permet de différencier les surfaces (naturelles, anthropisées) considérées suffisamment homogènes d'un point de vue physio-géographique, des surfaces relevant d'une affectation du sol qui est la fonction dévolue à une portion de territoire. Par rapport aux classes d'occupation du sol utilisées pour l'analyse de la susceptibilité.

La cartographie de l'occupation des sols a été réalisée pour l'ensemble de la zone d'étude grâce à l'interprétation visuelle des images Sentinel 2 édition 2023 et à partir ces images. Cette interprétation nous aide à délimiter les différentes catégories de l'occupation du sol de la zone d'étude qui a été divisé en 6 classes (Figure V.14). Le diagramme de la (Figure V.15) montre la distribution des glissements de terrain pour chaque classe d'occupation du sol.

- **Relation de l'occupation des sols avec les glissements de terrain :**

Dans les régions dominées par des mouvements de terrain le paramètre occupation des sols joue un rôle via le caractère stabilisant de la couverture végétale. Celle-ci, peut, en favorisant un ruissellement de subsurface (matte racinaire), et un encrage par enracinement profond, limiter le développement des mouvements de terrain sur les versants à matériel dont les caractéristiques géotechniques sont médiocres (argileux, argilo-marneux…). Lors de son absence, ou sa rareté sur les versants, l'effet érosif par ruissellement peut être accéléré, ce qui peut constituer un facteur catalysant dans ce cas. La relation entre les mouvements de terrain et le paramètre occupation des sols s'avère être complexe, et dépendre à priori du type d'occupation.

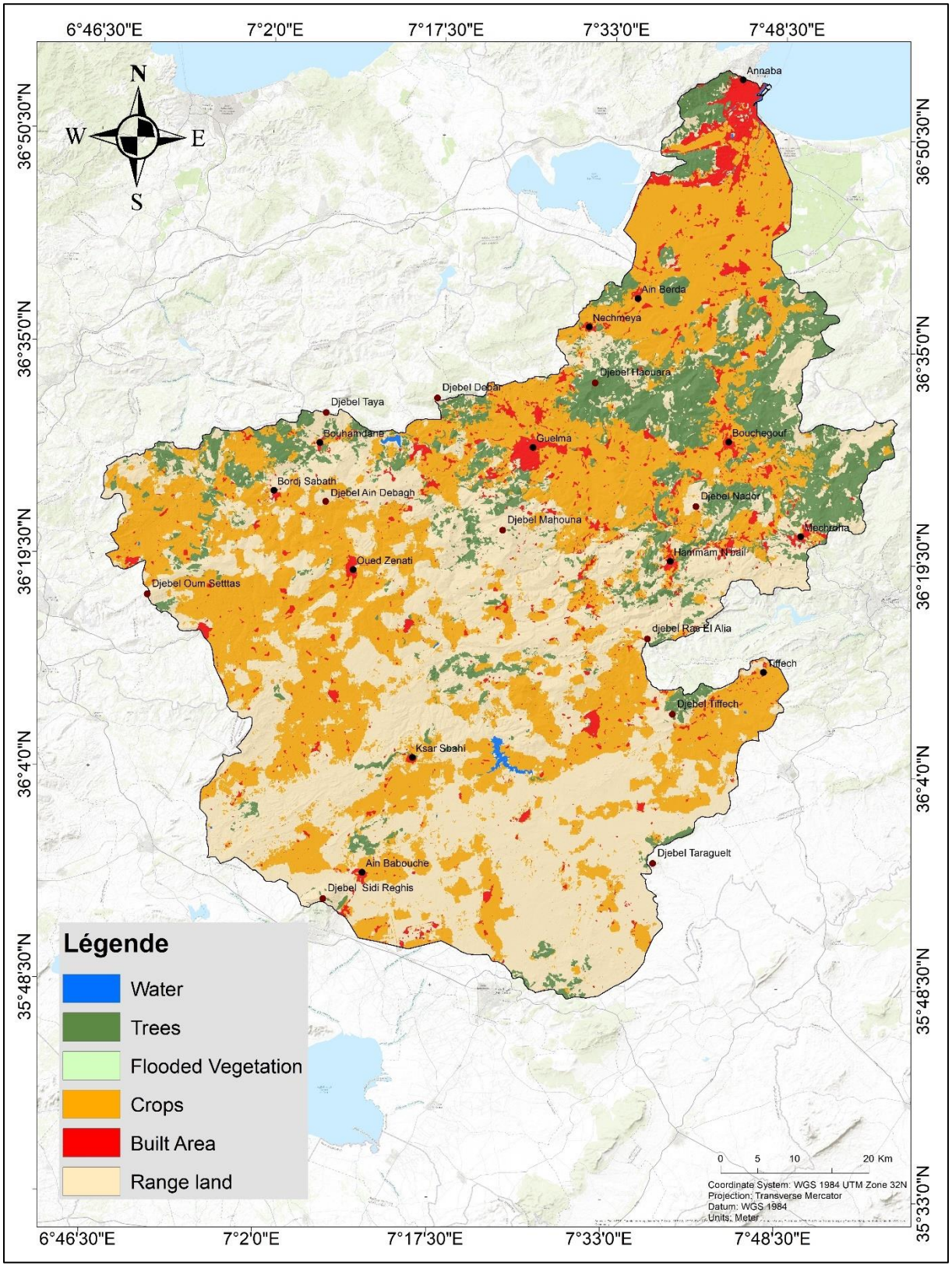


Figure V.14 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude.

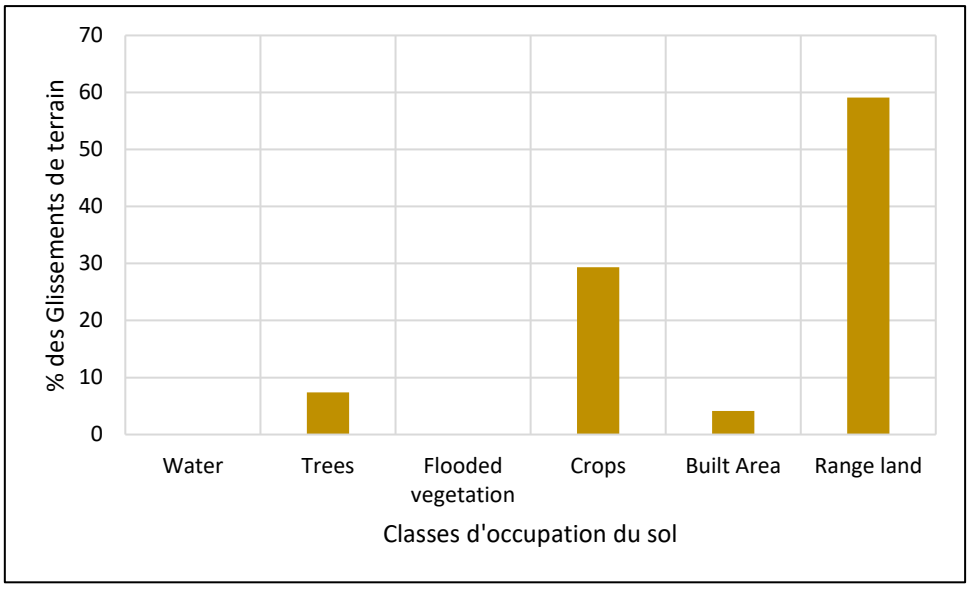


Figure V.15: La répartition des glissements de terrain dans chaque classe d'occupation du sol.

2.3.2.7. Distance aux réseaux hydrographiques :

Un paramètre important qui contrôle la stabilité d'une pente est le degré de saturation du matériau sur la pente (Yalcinand Bulut 2007 ; Yalcin2008). Les cours d'eau peuvent nuire à la stabilité en érodant les pentes ou en saturant la partie inférieure du sol qui entraîne une augmentation du niveau d'eau (Gokceoglu et Aksoy, 1996; Saha et al., 2002). La méthode de distance euclidienne a été appliquée pour créées des zones tampons différentes dans la zone d'étude afin de déterminer le degré auquel les cours d'eau affectaient les pentes (Figure V.16), et une inspection visuelle a été effectuée pour voir la corrélation entre le réseau de drainage et le glissement de terrain. Le diagramme de la (Figure V.17) montre la distribution des glissements de terrain pour chaque classe de distance aux réseaux hydrographique.

- **Relation distance au réseau hydrographique avec les glissements de terrain :**

L'érosion fluviale au pied des pentes est l'un des facteurs occasionnels les plus courants des glissements de terrain qui peuvent déclenchés des effondrements le long des berges des cours d'eaux ou à proximité de ceux-ci sont pris en compte et intégrés dans l'analyse.

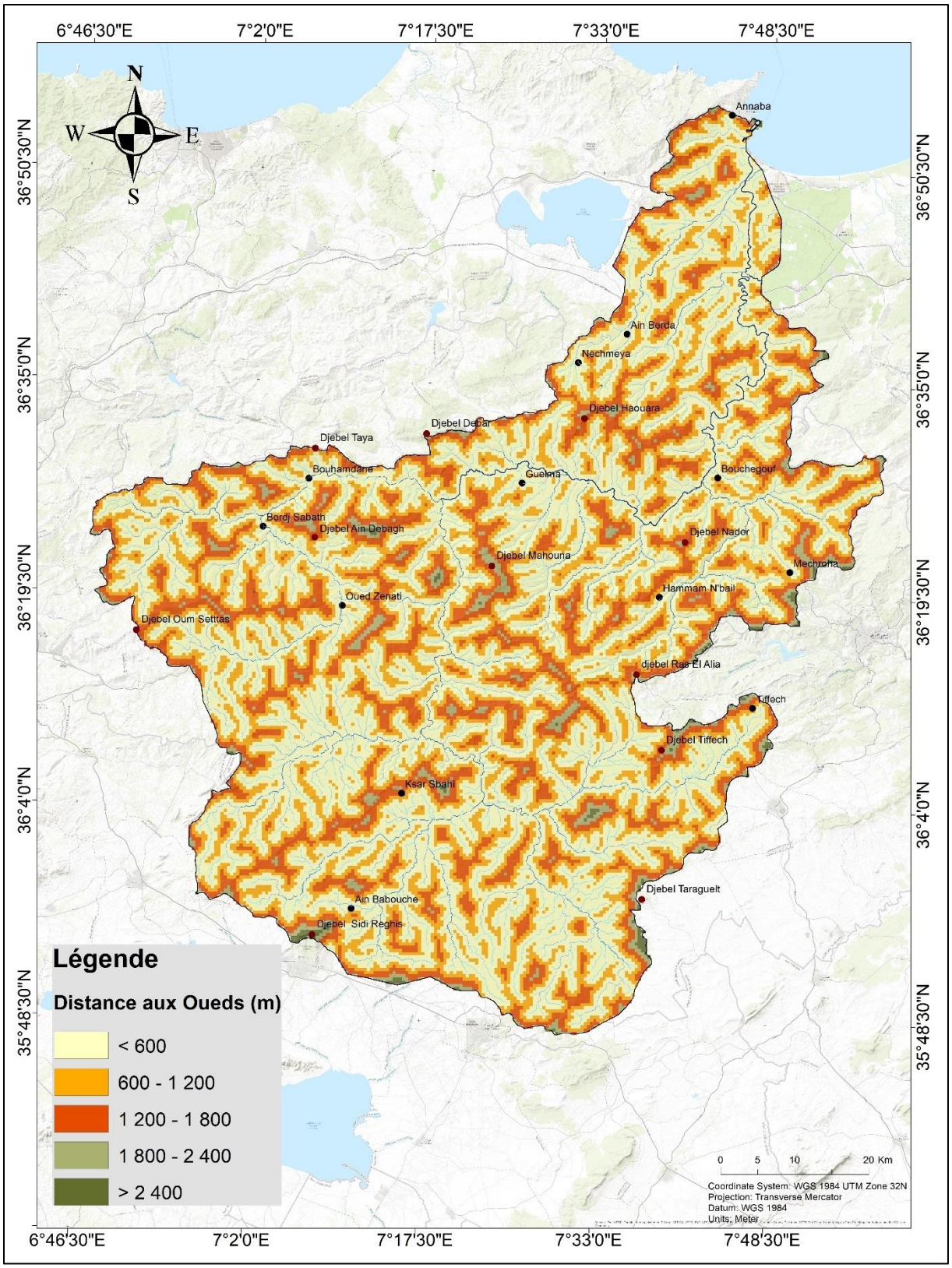


Figure V.16 : Carte de distance aux réseau hydrographique de la zone d'étude.

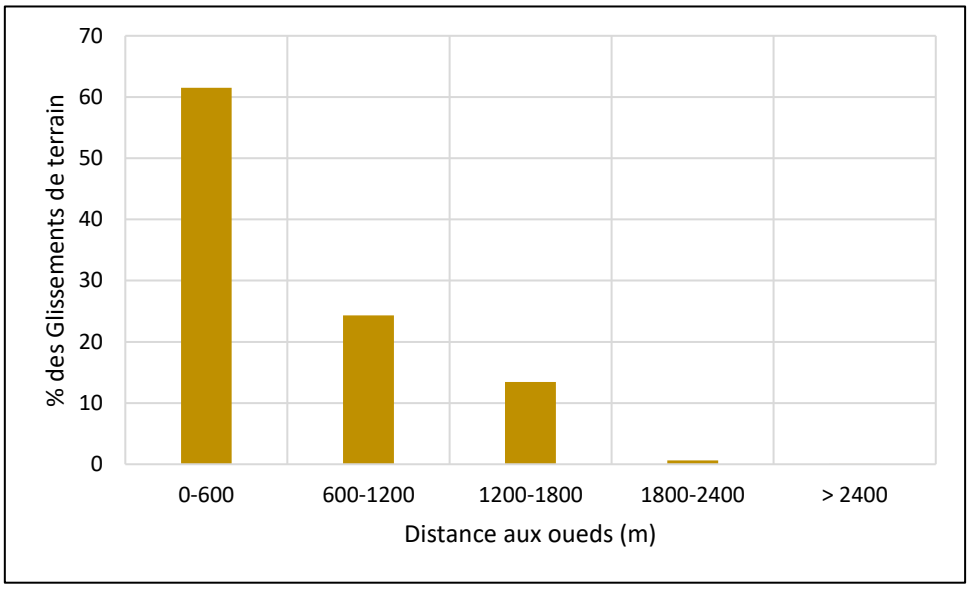


Figure V.17 : La répartition des glissements de terrain pour chaque classe de distance par rapport aux réseau hydrographique.

2.3.2.8. Distance aux failles :

Les structures tectoniques, telles que les failles, sont généralement associées à de vastes zones fracturées et à des anomalies de relief abruptes qui présentent des conditions favorables aux glissements de terrain. C'est pourquoi les principales discontinuités structurelles produites par les failles et les fractures ont été incluses comme paramètre dans cette étude. Par conséquent, la méthode de distance euclidienne a été appliquée pour créer des zones tampons, autour de la faille et des catégories de structures tampons ont été définies (Figure V.18). En général, plus la distance des structures tectoniques sera grande, moins il y aura de glissements de terrain. Les plans de faille longue favorisent ces phénomènes. Le diagramme de la (Figure V.19) montre la distribution des glissements de terrain pour chaque classe de distance aux failles.

- **Relation distance aux failles avec les glissements de terrain :**

La relation entre la fracturation (distance) et les glissements de terrain est illustrée par la figure (V.19), où il très clair que les glissements de terrain deviennent de plus en plus rares avec l'augmentation de la distance par rapport à la fracturation.

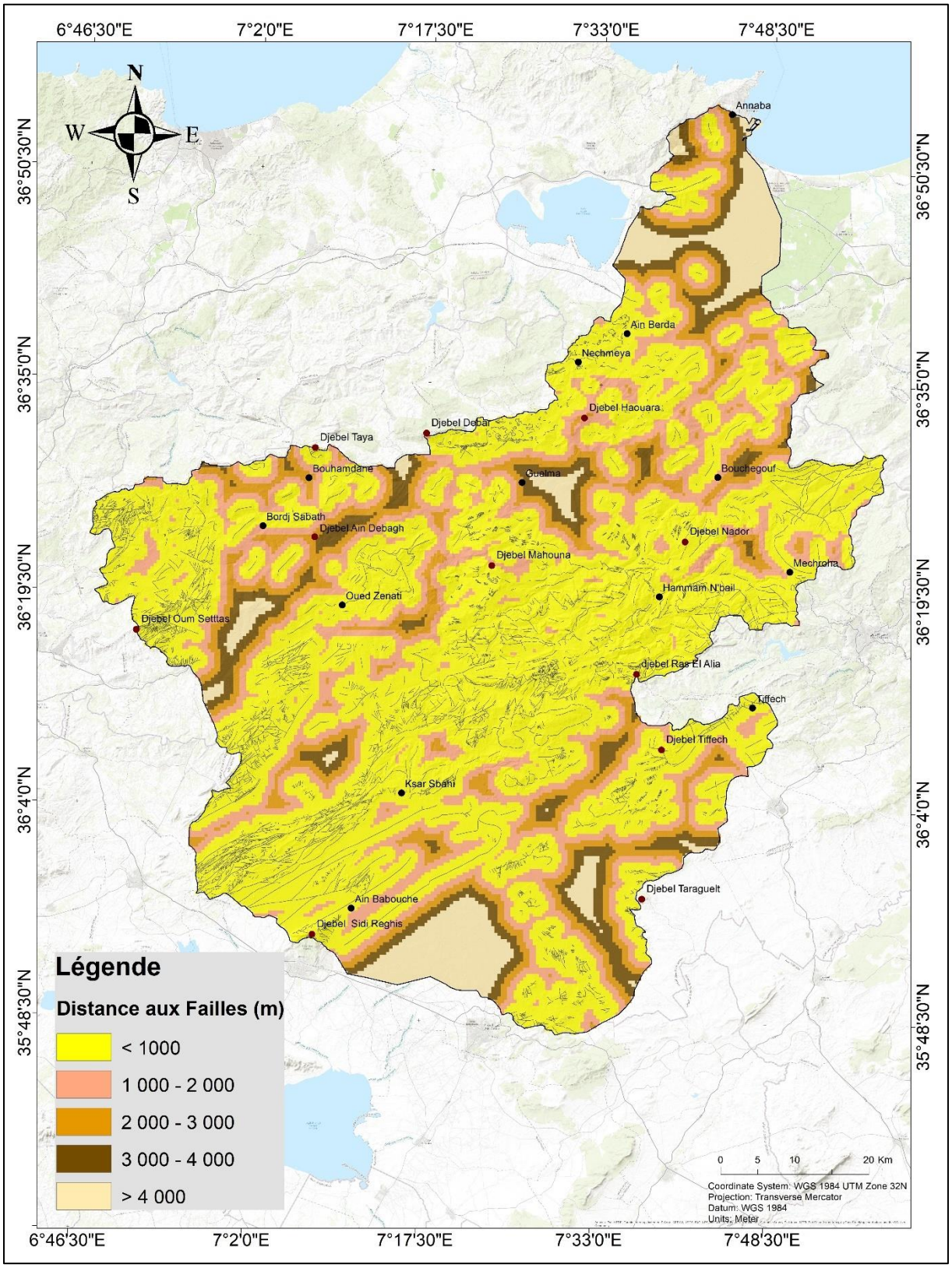


Figure V.18 : Carte de distance aux failles de la zone d'étude.

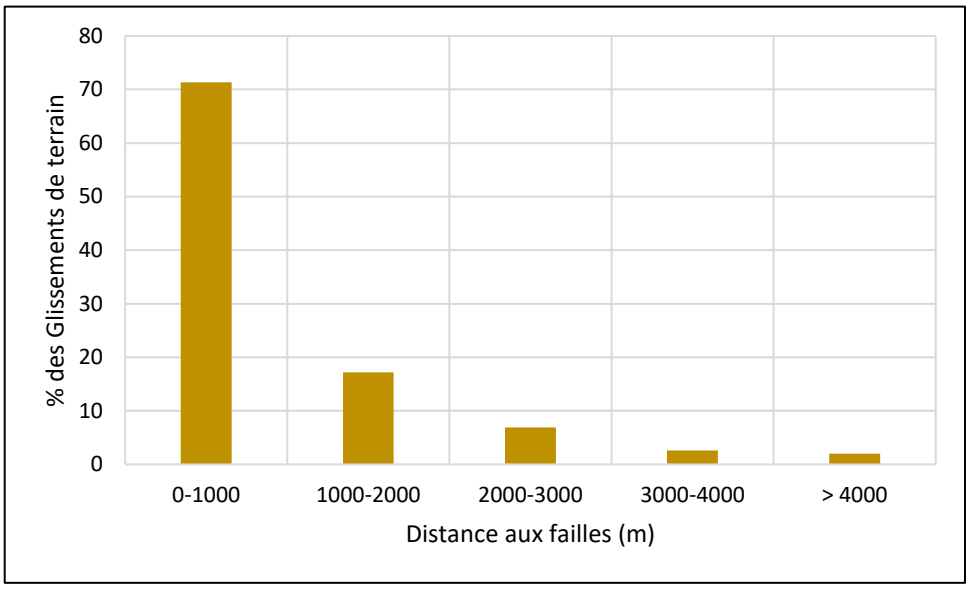


Figure V.19 : La répartition des glissements de terrain pour chaque classe de distance par rapport aux failles.

2.3.2.9. Distance aux routes :

La zone d'étude a été divisée en cinq zones tampons différentes pour désigner l'influence de la route sur la stabilité des pentes (Figure V.20) : 0 à 1 000 m, 1000 à 2000 m, 2000 à 3000 m, 3000 à 4000 m et plus de 4000 m.

- **Relation distance aux Routes avec les glissements de terrain :**

Les routes peuvent constituer un des paramètres anthropiques générateur de mouvements de terrain, car les coupes de routes, les excavations importantes, l'application de charges externes et l'enlèvement de la végétation sont des actions les plus courantes qui ont lieu le long des pentes du réseau routier, pendant leur construction et sont généralement les sites qui induisent l'instabilité. Elles peuvent aussi constituer des couloirs de circulation et d'infiltration des eaux ce qui catalyse la formation des mouvements de terrain.

Le diagramme de la (Figure V.21) montre la répartition des glissements de terrain pour chaque classe de distance aux routes ou on remarque que les glissements de terrain deviennent de plus en plus rares quand on s'éloigne de l'axe de la route.

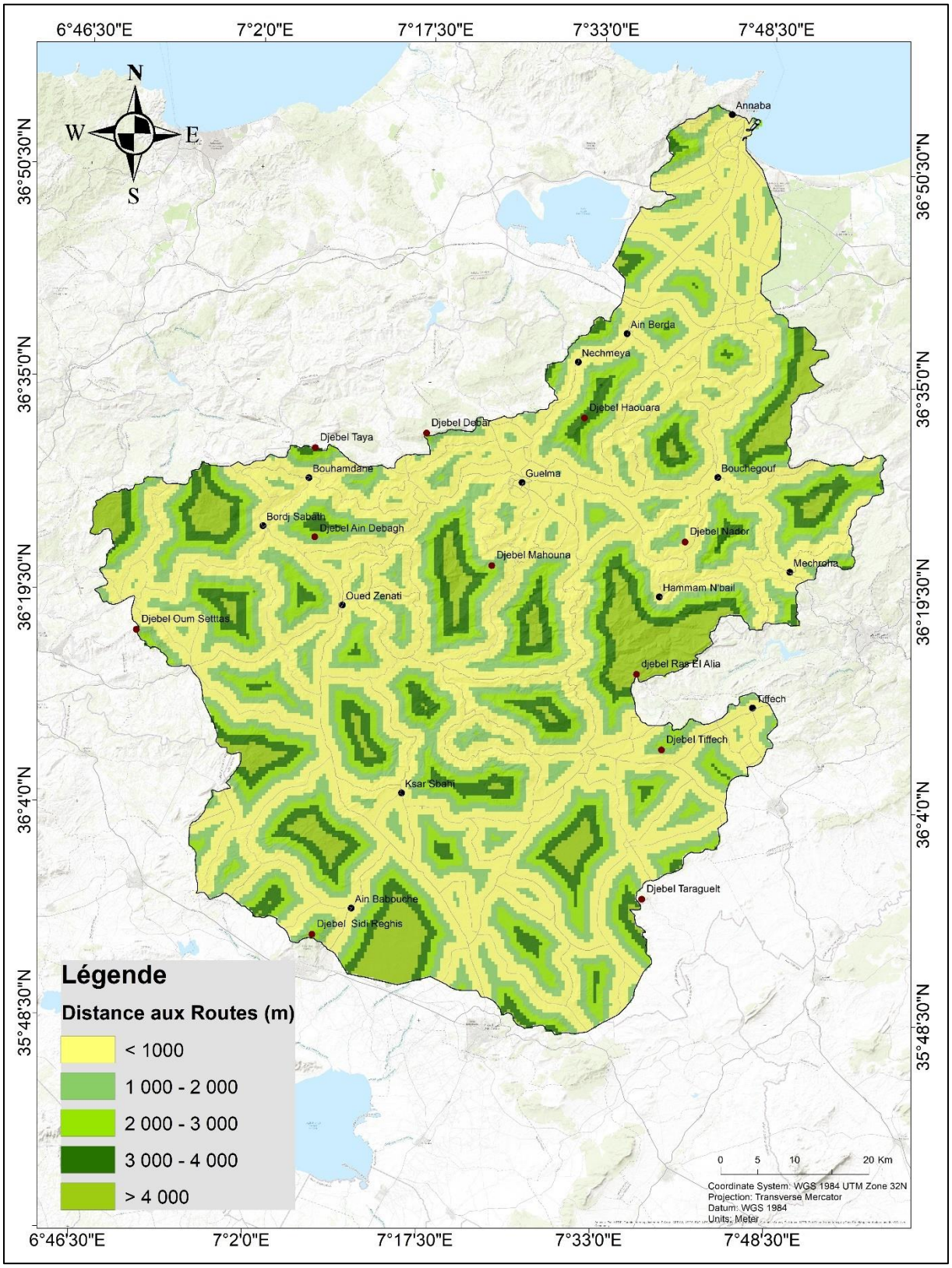


Figure V.20 : Carte de distance aux routes de la zone d'étude.

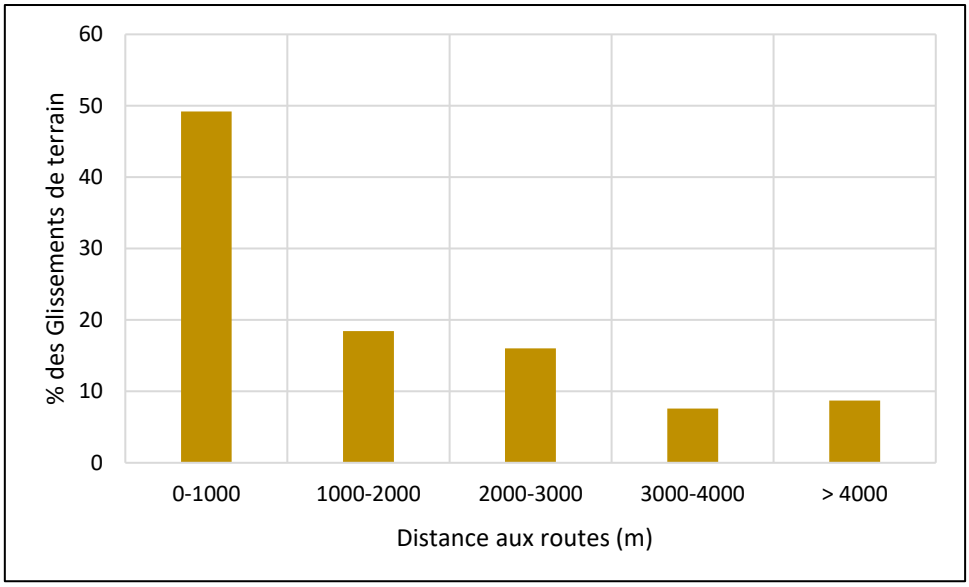


Figure V.21 : La répartition des glissements de terrain pour chaque classe de distance par rapport aux routes.

2.4. Evaluation de la susceptibilité aux glissements :

2.4.1. Le processus d'analyse hiérarchique (AHP) :

Le processus de hiérarchie analytique (AHP) est une méthode semi-qualitative, qui implique une comparaison par paires basée sur une matrice de la contribution de différents facteurs pour les glissements de terrain. (Saaty 1980). Ça aide les décideurs découvrent ce qui convient le mieux à leur objectif et à leur compréhension du problème. Cette méthode mathématique largement utilisée pour traiter des problèmes quantifiables et des critères intangibles qui ont été appliqués à de nombreux domaines, tels que la théorie de la décision et la résolution des conflits (Vargas 1990 ; Saaty et Vargas 2001). Lors de l'organisation des facteurs dans un ordre hiérarchique, il devrait y avoir une importance relative d'un facteur par rapport à un autre formant une matrice de comparaison par paires (Saaty 2003). Dans la construction d'une matrice de comparaison, chaque facteur est évalué par rapport à tous les autres facteurs en attribuant une valeur dominante relative entre 1 et 9 à la cellule d'intersection. Lorsque le facteur sur l'axe vertical est plus important que le facteur sur l'horizontale axe, cette valeur varie entre 1 et 9. Inversement, la valeur varie entre les inverses 1/2 et 1/9 (Saaty 1977).

2.4.1.1. L'application de la méthode AHP passe par les étapes suivantes :

-Etape 1 : Etablir la structure hiérarchique qui consiste à décomposer le problème aussi complexe soit en une structure hiérarchique à travers des niveaux

Niveau 0 : Définir l'objectif cible

Niveau 1 : Définir les critères de jugements principaux

Niveau intermédiaire : il peut y avoir plusieurs pour déterminer les sous critères

Niveau 2 : Définir les alternatives ou les actions possible

-Etape 2 : Effectuer les pondérations binaires

Cette étape consiste à étudier les points suivants :

- Comparer l'importance relative de tous les éléments appartenant à un même niveau de la hiérarchie pris deux par deux, par rapport à l'élément du niveau inter médiatement supérieur en utilisant l'échelle de T.L Saaty (Tableau V.2)

Tableau V.2 : Echelle de Saaty

Degré d'importance	Jugement verbal de la préférence	Importance égale des deux Eléments
1	Importance égale des deux éléments	Deux éléments contribuent autant à la Propriété
3	Faible importance d'un élément par rapport à un autre	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisant légèrement un élément par rapport à un autre
5	Importance forte ou déterminante d'un élément par rapport à un autre	L'expérience et l'appréciation Personnelles favorisent fortement un élément par rapport à un autre
7	Importance attestée d'un élément par rapport à un autre	Un élément est fortement favorisé et sa dominance est attestée dans la Pratique
9	Importance absolue d'un élément par rapport à un autre	Les preuves favorisant un élément par rapport à un autre est aussi convaincantes que possible
2,4,6,8	Valeurs intermédiaires entre deux appréciations voisines	Un compromis est nécessaire entre Deux appréciations

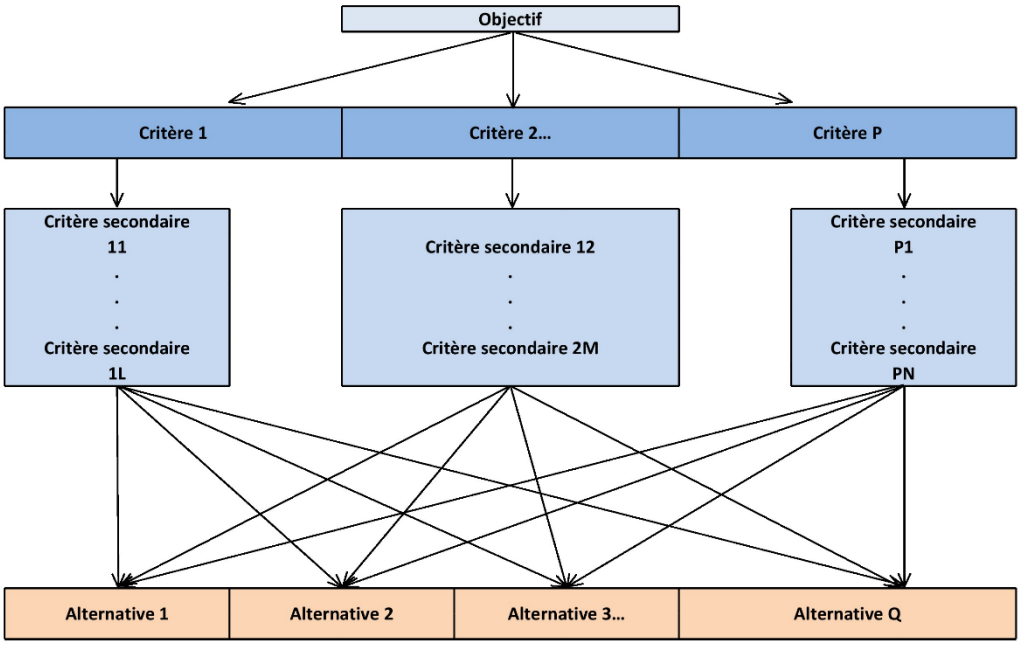


Figure V.22 : Hiérarchie générale de la méthode AHP

-**Étape 3 :** Former une matrice carrée réciproque N*N composée par les ratios issus des comparaisons. N étant le nombre d'élément comparé, un exemple de matrice est présenté par la formule :

A= [aij] avec aij = 1 pour i= 1…k

aij = 1/aij (valeur réciproque)

$$\mathbf{A}= \begin{matrix} 1 & 1 & 7 \\ 1 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/3 & 1 \end{matrix}$$

-**Etape 4 : Calcul des priorités :** Le but est de trouver un ensemble de poids w1…wn tel que wi/wj correspond aux comparaison aij dans la matrice de comparaison par pair. Le calcul se fait selon les trois étapes ci-dessous :

- Effectuer la somme des éléments de chaque colonne

$$\sum_{i=1}^{n} aij \; \forall \; i,j$$

- Diviser chaque élément de la matrice par la somme des éléments de sa colonne (Normaliser)

$$aij = \frac{aij}{\sum_{i=1}^{n} aij} \forall\, i, j$$

- Calcul de la moyenne de chaque ligne i :

$$wi = \sum_{i=1}^{n} a'ij/n$$

-**Etape 5 :** le calculer le ratio de cohérence (RC) Les priorités calculées ont un sens seulement si les matrices de comparaison par pair sont cohérentes (respect de la transitivité), un contrôle de cohérence doit être appliqué. Saaty a proposé un index de cohérence (IC) qui se calcule en se basant sur le calcul des valeurs propres :

$$IC = (\lambda\max - \mathrm{n})/(\mathrm{n} - 1)$$

Tel que : n est la dimension de la matrice de comparaison, λmax est la valeur propre maximale de la matrice de comparaison. La ration de consistance est calculée par la formule :

$$RC = IC/IA$$

Tel que : RC ration de cohérence, IA indice aléatoire, IC indice de cohérence Si RC< 10% la matrice consistante et acceptable, Sinon revoir la comparaison.

IA est un indice déterminé par T.L Saaty d'une manière empirique, cet indice est présenté dans le tableau :

Tableau V.3 : Indice de cohérence aléatoire (IA) (Saaty, 1980)

N=Nombre de critères	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
IA	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

-**Etape 6 : Etablir les priorités finales** : La dernière étape doit synthétiser les priorités locales à travers tous les critères pour déterminer la priorité globale. L'approche d'AHP utilisée est appelée qui adopte une fonction additive avec normalisation de la somme des priorités locales à l'unité :

$$pi = \sum_{j} wj\ .\ l_{ij}$$

Tel que : pi priorité globale de l'alternative i Lij : priorité locale Wj : poids du critère j.

2.4.1.2. Résultats et discussion :

Le modèle AHP est classiquement basé sur un système de notation fourni par des experts. En fait, l'avis d'experts est très utile pour résoudre des problèmes complexes tels que les glissements de terrain. Cependant, dans une certaine mesure, les opinions peuvent changer pour chaque expert et donc être sujettes à des limitations cognitives liées à l'incertitude et à la

subjectivité. Par conséquent, il est important d'analyser la relation spatiale entre les facteurs de conditionnement des glissements de terrain et leurs emplacements. Dans cette étude, l'analyse spatiale de chaque paramètre et les observations de terrain ont été considérées pour un jugement d'expert. La matrice de comparaison par paires des facteurs et leurs pondérations relatives sont traitées sur la base de la méthodologie de Saaty (2001).

Tableau V.4 : Matrice de comparaison par paires pour les facteurs causaux de glissements de terrain requis pour l'application de la méthode AHP.

Facteurs	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Lithologie (1)	1	1	3	3	3	5	7	2	7
Précipitation (2)	1	1	3	3	3	5	7	2	7
Distance aux oueds (3)	1/3	1/3	1	2	3	3	5	1/3	3
Distance aux routes (4)	1/3	1/3	1/2	1	2	3	5	1/3	3
Distance aux failles (5)	1/3	1/3	1/3	1/2	1	3	5	1/3	3
Occupation du sol (6)	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1	3	1/3	3
Aspect de la pente (7)	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/3	1	1/3	3
Pente (8)	1/2	1/2	3	3	3	3	3	1	7
Hypsométrie (9)	1/7	1/7	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/7	1

La valeur propre (poids) des différents facteurs s'obtient par la normalisation de la matrice réciproque, chaque entrée de la matrice est divisée par le total de sa colonne. La normalisation de la matrice permet alors des comparaisons significatives entres les éléments. Pour obtenir les valeurs de poids normalisées on calcule la moyenne des lignes : tous les éléments d'une même ligne de la matrice normalisée sont additionnés et ensuite divisé par le nombre d'entrées qu'elle comporte.

Tableau V.5 : Matrice normalisée et la valeur propre principal pour les facteurs causaux de glissements de terrain.

Facteurs	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	Weight factor
Lithologie (1)	0,251	0,251	0,256	0,224	0,189	0,211	0,193	0,294	0,189	**0,23**
Précipitation (2)	0,251	0,251	0,256	0,224	0,189	0,211	0,193	0,294	0,189	**0,23**
Distance aux oueds (3)	0,084	0,084	0,085	0,150	0,189	0,127	0,138	0,049	0,081	**0,11**
Distance aux routes (4)	0,084	0,084	0,043	0,075	0,126	0,127	0,138	0,049	0,081	**0,09**
Distance aux failles (5)	0,084	0,084	0,028	0,037	0,063	0,127	0,138	0,049	0,081	**0,08**
Occupation du sol (6)	0,050	0,050	0,028	0,025	0,021	0,042	0,083	0,049	0,081	**0,05**
Aspect de la pente (7)	0,036	0,036	0,017	0,015	0,013	0,014	0,028	0,049	0,081	**0,03**
Pente (8)	0,125	0,125	0,256	0,224	0,189	0,127	0,083	0,147	0,189	**0,16**
Hypsométrie (9)	0,036	0,036	0,028	0,025	0,021	0,014	0,009	0,021	0,027	**0,02**
SUM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tableau V.6 : Les valeurs de la ration de consistance et l'indice de cohérence

Valeurs de IC et RC	
n	9
lamda max	9,51
IA	1,45
IC	0,06
RC	**0,04**

La valeur de la cohérence du ratio (RC) est inférieure à 10% (Tab V.6). Cela est conforme à la cohérence de la comparaison par paire. Ces résultats confirment la validité des jugements et la pondération des facteurs (Pourghasemi et al., 2012). La carte de susceptibilité a été générée en utilisant l'outil Map Alebra de l'ArcGIS 10.8, par une procédure basée sur la somme linéaire pondérée, ou on utilise directement l'outil AHP de l'ArcGis :

LSI_{AHP} = 0.23*Lithologie + 0.23* Précipitation + 0.11* Distance aux réseau hydrographique + 0.09* Distance aux routes + 0.08*Distance aux failles + 0.05 occupation du sol + 0.03 Aspect de la pente + 0.16* La Pente + 0.02* Hypsométrie.

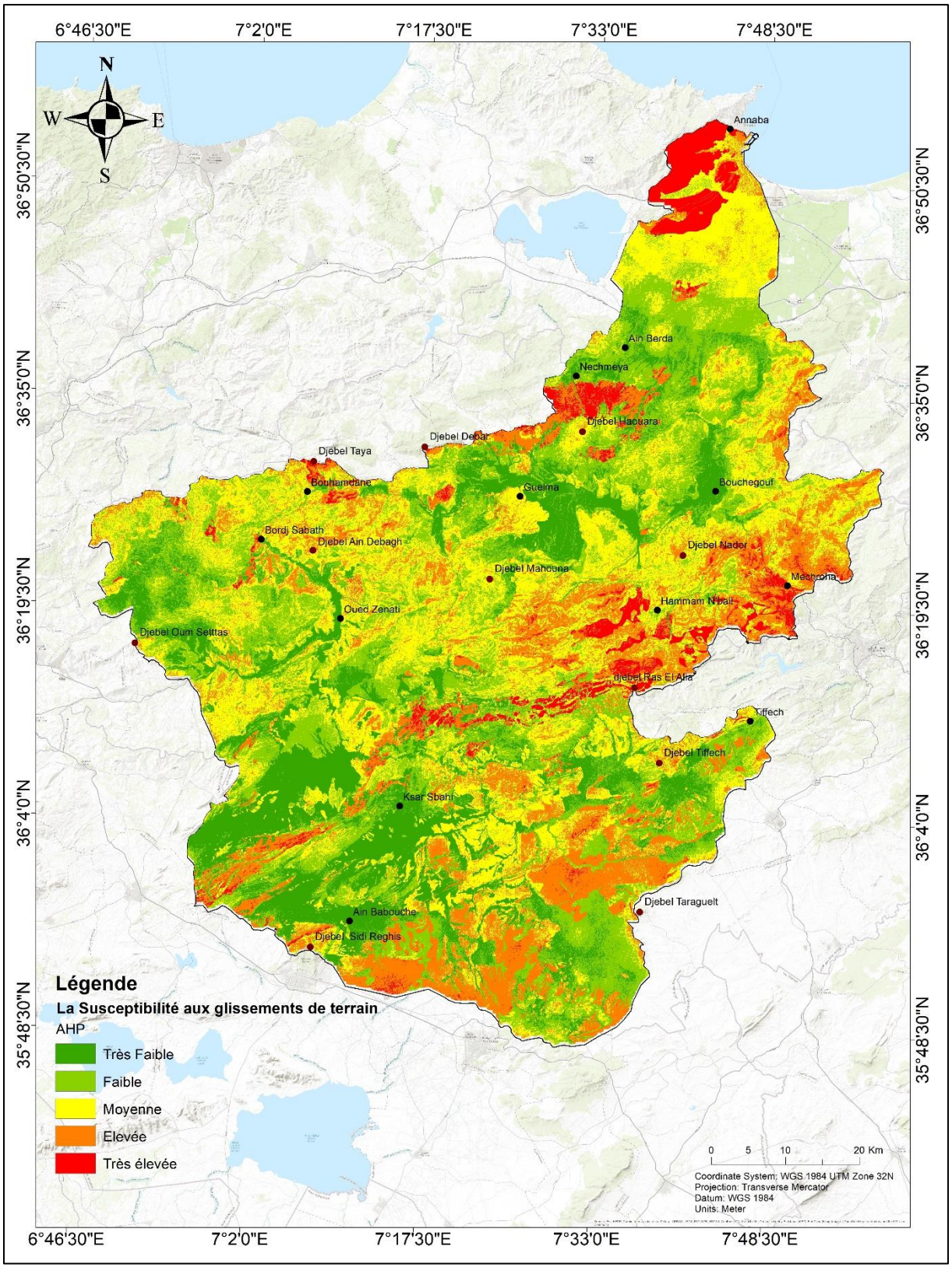


Figure V.23: Carte de susceptibilité aux glissements de terrain de la zone d'étude par la méthode AHP.

2.4.2. La méthode de Combinaison de Carte d'Index (CCI) :

Il s'agit d'une approche qualitative directe basée sur l'attribution d'évaluations et de pondérations en fonction de l'influence des facteurs de prédisposition (Kaur et al., 2018). Le succès de cette méthode repose principalement sur les connaissances des experts (van Westen, 2000, van Westen et al., 2003 ; Thiery, 2007). Cette approche permet d'évaluer la susceptibilité en se basant sur la hiérarchisation des différents paramètres significatifs de terrain, en procédant à l'attribution des poids à chacun des facteurs de prédisposition représentés par différentes couches thématiques. Celles-ci sont ensuite automatiquement combinées (Stevenson, 1977 ; Saaty, 1980 ; Castellanos Abella & van Westen, 2008 ; Malet et al., 2009 ; Malet et al., 2011).

Cependant, l'estimation des poids est fortement dépendante de la personne en charge de l'étude. Les critères d'évaluation ne sont pas nécessairement clairs et identifiables par d'autres, ce qui constitue le problème majeur de ce type d'approche. Le caractère reproductible des cartes expertes est donc limité. Si l'expert possède une solide connaissance du terrain et des processus, les cartes peuvent être très précises et applicables, notamment pour des approches préliminaires de la susceptibilité (Glade & Crozier, 2005).

Pour créer la carte d'index de susceptibilité aux glissements de terrain (IS_{GT}), on utilise la formule proposée par Voogd, 1983.

$$IS_{GT} = \sum_{j=1}^{n} W\ j\ wji$$

Où :
IS_{GT} : Index de la susceptibilité aux glissements de terrain
W j : Valeur de la pondération assignée au paramètre 'j'
w ji :Valeur de la pondération assignée à la classe 'i' paramètre 'j '
n :Nombre de paramètres .

2.4.2.1. Résultats et discussion :

Pour l'évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain par combinaison de cartes d'index, la première étape est la détermination des poids relatifs. Ceux-ci, changent en toute logique, d'un paramètre à l'autre, étant donné que chaque poids reflète l'importance de chaque paramètre dans le conditionnement des instabilités des versants.

L'indexation des paramètres se déroule à deux niveaux :

Au niveau de chaque paramètre (Wj) avec des valeurs variant de 1 à 9, valeurs qui reflètent l'importance de chaque paramètre gérant le processus de l'instabilité des versants dans le secteur d'étude. Pour cela, nous nous baserons en première approximation sur notre compréhension sur l'analyse des interrelations des différents paramètres. Pour cette valeur, nous l'avons fait correspondre dans notre cas, à la valeur maximale affectée à une ou plusieurs classes d'un même paramètre

Au niveau de chaque classe (wij) avec des valeurs variant de 1 (classe faiblement susceptible) à 9 (classe fortement susceptible), essentiellement basées sur l'étude statistique effectuée sur des données réelles de terrain, à la base de l'examen de la relation entre la distribution spatiale des phénomènes inventoriés et les différentes classes des tous les facteurs sélectionnés et considérés comme causatifs (ou causaux) après les avoir hiérarchisés.

Tableau V.7 : Pondération des différentes classes et poids relatifs des facteurs pris en compte pour la genèse des glissements de terrain dans la zone d'étude.

Critère /facteur	Classe	Surface classe km2	Nombre des glissements de chaque classe	Pourcentage des glissements	Rang	Poids
Lithologie	CL1	2065,35	686	26,05	9	9
	CL2	1252,94	598	22,71	9	
	CL3	557,06	371	14,09	8	
	CL4	952,28	328	12,46	7	
	CL5	405,97	295	11,20	6	
	CL6	818,12	153	5,81	3	
	CL7	94,31	122	4,63	2	
	CL8	316,83	80	3.04	1	
Précipitations	505 - 520	77,51	6	0,23	1	9
	520 - 580	734,75	312	11,85	6	
	580 - 620	1817,17	601	22,83	7	
	620 - 660	2636,1	1236	46,94	9	
	660 - 700	536,63	179	6,80	3	
	700 - 740	221,12	45	1,71	2	

	740 - 780	162	55	2,09	2	
	780 - 820	225,15	173	6,57	3	
	820 - 868	66,21	26	0,99	1	
Distance aux réseau hydrographique	0-600	3332,5	1620	61,53	8	8
	600-1200	1856,8	641	24,34	7	
	1200-1800	1086,96	354	13,44	5	
	1800-2400	198,09	17	0,65	1	
	2400-3542	3,75	1	0,04	1	
Distance aux failles	0-1000	3895,69	1878	71,33	6	6
	1000-2000	1198,19	453	17,20	5	
	2000-3000	618,93	182	6,91	3	
	3000-4000	378,71	68	2,58	2	
	4000-11275	386,58	52	1,97	1	
Distance aux routes	0-1000	3217,53	1296	49,22	7	7
	1000-2000	1451,03	486	18,46	6	
	2000-3000	852,07	422	16,03	5	
	3000-4000	557,91	200	7,60	2	
	4000-9253	399,56	229	8,70	3	
Occupation du sol	Water	12,64	0	0,00	1	5
	Trees	836,91	195	7,41	3	
	Flooded vegetation	0,01	0	0,00	1	
	Crops	2583,27	773	29,36	4	
	Built Area	288,91	109	4,14	2	
	Range land	2755,16	1556	59,10	5	
Hypsométrie	0-200	802,1	369	14,01	3	5
	200-400	707,25	246	9,34	2	
	400-600	583,13	395	15,00	3	
	600-800	1237,33	691	26,24	4	
	800-1000	2636,64	768	29,17	5	
	1000-1629	509,14	164	6,23	2	
Aspect de la pente	Flat (-1)	805,65	178	6,76	2	6
	North (0-22.5) (337.5-360)	697,41	227	8,62	3	
	Northeast (22.5-67.5)	700,74	300	11,39	4	
	East (67.5-112.5)	718	328	12,46	5	
	Southeast (112.5-157.5)	757,23	212	8,05	3	
	South (157.5-202.5)	635,53	245	9,30	3	
	Southwest (202.5-247.5)	641,07	315	11,96	5	
	West (247.5-292.5)	705,49	383	14,55	6	
	Northwest (292.5-337.5)	800,39	445	16,90	6	
Pente	0-5	2260,03	616	23,40	7	7
	5-10	2063,27	718	27,27	8	
	10-15	1178,66	539	20,47	6	
	15-20	557,04	391	14,85	4	
	20-64	402,51	369	14,01	4	

La carte de susceptibilité aux glissements de terrain par la méthode CCI a été produite en utilisant l'outil Raster Calculator du logiciel ArcGIS 10.8 selon l'équation :

$$\textbf{LSMcci} = (\alpha \times W\alpha)+(\beta \times W\beta) +(\gamma \times W\gamma) +(\delta \times W\delta)+(\varepsilon \times W\varepsilon)+(\lambda \times W\lambda)+ (\mu \times W\mu) +(\tau \times W\tau)+(\varpi \times W\varpi)$$

Où ;

$LSM_{(CCI)}$ est la carte de susceptibilité aux glissements de terrain (Landslide Susceptibility Map) / Combinaison de Carte d'Index (CCI), α : est la lithologie, β : pente, γ : utilisation du sol, δ : aspect de la pente, ε : plan de courbure, λ : précipitations, μ : distance au cours d'eau, τ : distance aux routes, ω : distance aux failles.

$W\alpha$, β , γ ….. est la pondération de chaque facteur de conditionnement des glissements de terrain.

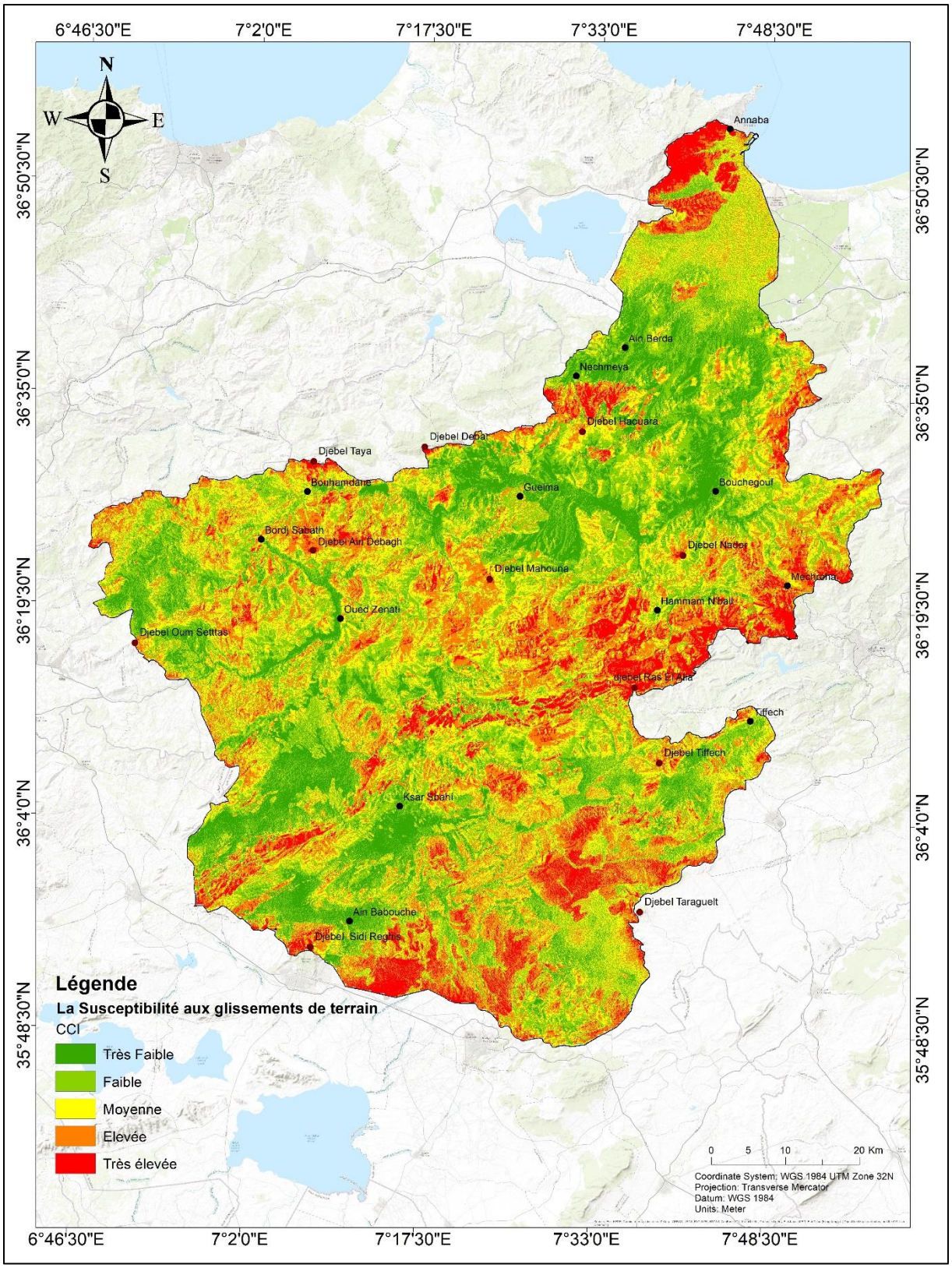


Figure V.24 : Carte de susceptibilité aux glissements de terrain la zone d'étude par la méthode CCI.

2.4.3. Comparaison entre des deux méthodes (AHP et CCI) :

Les cartes de susceptibilité ainsi produite ont été divisées en cinq classes très faibles, faibles, modérés, élevés et très élevés. Ce classement se fait par la méthode « Discontinuités naturelles » ‘‘Natural breaks’ ’semble être une des meilleures méthodes de classification, puisqu’elle permet de rassembler les pixels dont les valeurs sont similaires ou très comparables dans des groupements communs en maximisant la différence entre ces derniers. Les limites entre les différents groupements (classes ou subdivisions) correspondent à des changements brutaux (ou sauts, breaks) dans les valeurs de la variable (susceptibilité) matérialisée dans notre cas par les valeurs de pixels. Comme montré dans l’histogramme des indices de la susceptibilité (Figure V.25), 5 subdivisions de cette dernière variante entre la catégorie très faible à celle très élevée ont été définies par la méthode des ruptures naturelles.

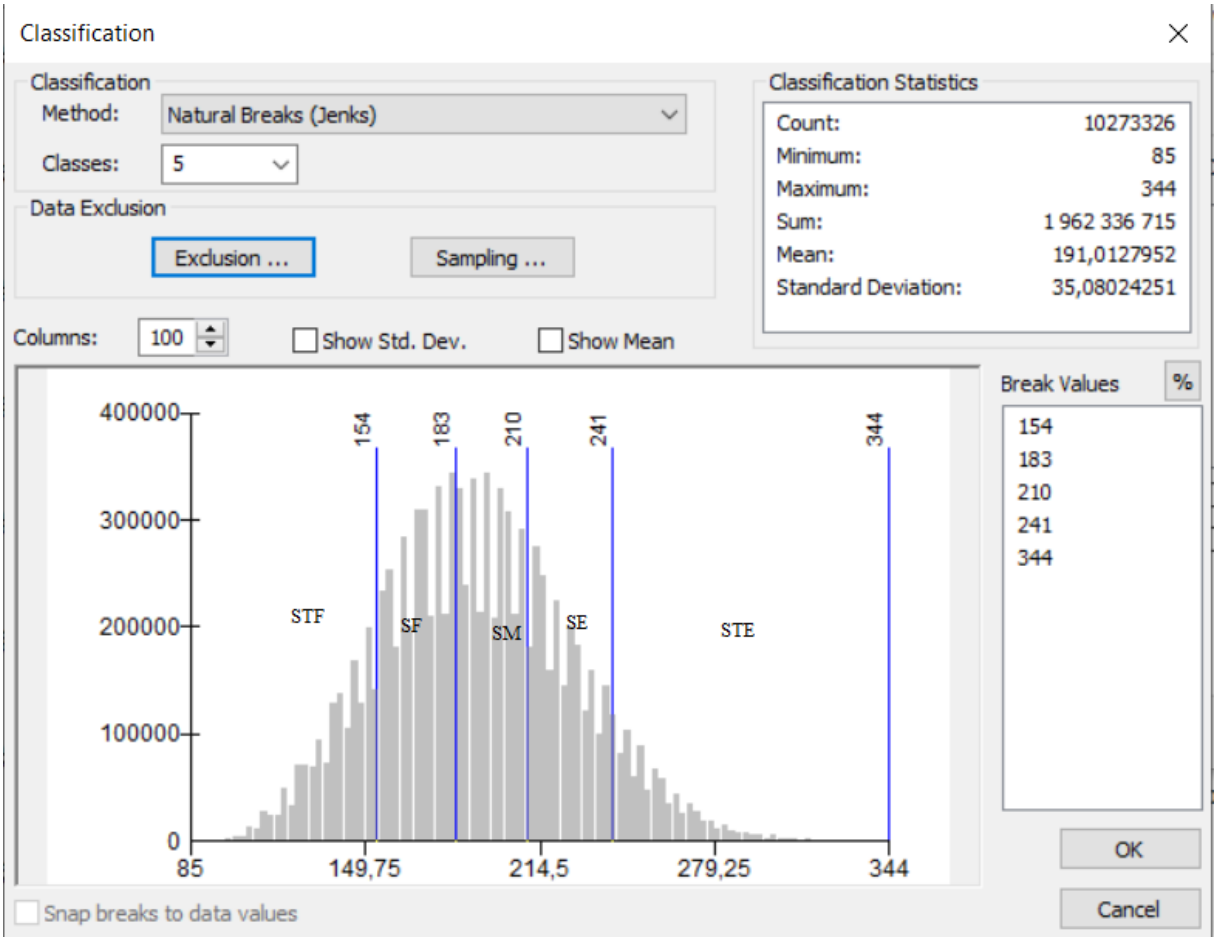


Figure V.25 : Histogramme d’indices de la susceptibilité par combinaison de carte. Reclassification par la méthode des ruptures naturelles (Naturel breaks).

Tableau V.8 : les cinq classes de la susceptibilité aux glissements de terrain

Classe de susceptibilité	Méthode AHP		Méthode CCI	
	P% classe	P% de glissements de terrain	P% classe	P% de glissements de terrain
Très faible	18,34	5,16	15,25	9,06
Faible	28,33	12,70	27,86	13,86
Moyenne	30,27	27,95	28,26	18,20
Elevé	18,73	38,28	20,35	40,01
Très élevé	4,33	15,91	8,28	18,87

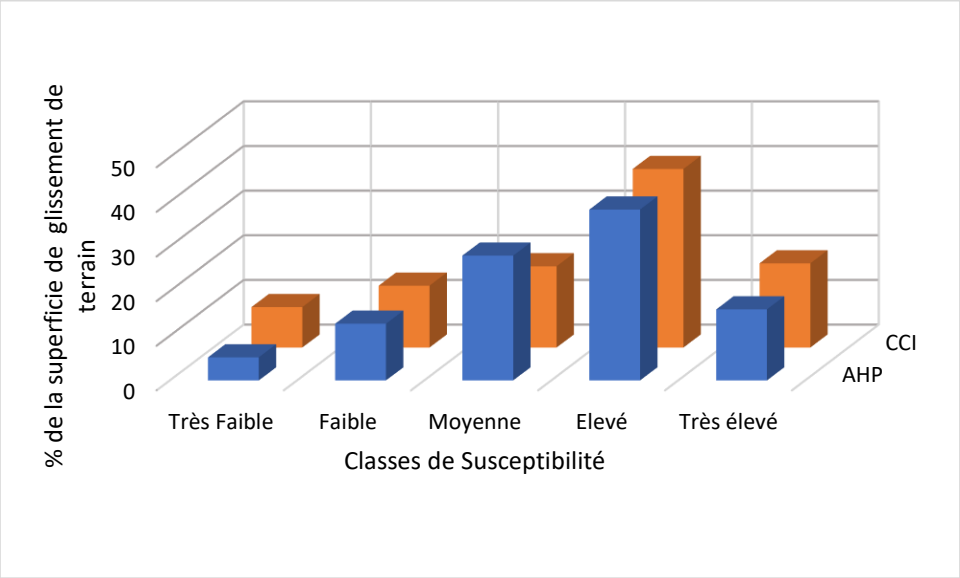


Figure V.26 : Histogramme des zones des glissements de terrain par rapport au susceptibilité généré par les deux modèles « AHP et CCI »

2.4.4. Qualité de la carte de susceptibilité : validation du modèle :

Pour vérifier la validité de notre carte de susceptibilité aux glissements de terrain, nous avons eu recours à l'utilisation des glissements de terrain que nous avons précédemment cartographiés à l'échelle de tout le bassin de Seybouse, afin de construire une courbe ROC (Receiver Operating Characteristic). Il s'agit d'une représentation graphique définissant la relation existante entre la sensibilité et la spécificité d'un test pour toutes les valeurs seuils possibles (Swets, 1988 ; Chung et Fabbri, 1999). L'ordonnée (sensibilité) présente l'occurrence des glissements de terrain (le pourcentage cumulé des glissements de terrain), et l'abscisse correspond à la quantité (1 - spécificité) qui représente le pourcentage cumulé d'index de la susceptibilité obtenu en 100 subdivisions. Au fait, l'aire sous la courbe ROC (AUC : area under curve) définit la qualité d'un système prédictif en caractérisant sa capacité à anticiper (prédire)

le plus correctement possible la survenance ou non d'un événement précis (en occurrence les glissements de terrain).

Pour un modèle performant, signifie : 0.5 <AUC ≤ 1. AUC = 1, étant la courbe ROC du modèle idéal pour une prédiction parfaite, et AUC = 0.5 étant la courbe ROC d'un modèle prédictif complétement aléatoire.

Les cartes de la susceptibilité aux glissements de terrain obtenue par la combinaison de carte d'index CCI et la méthode 'AHP est reclassifiées par la méthode des discontinuités naturelles semble être un très bon outil de prédiction des glissements de terrain dans notre région. Cela s'explique par la valeur de la sensibilité et celle de 1 – spécificité de l'AUC en question, et qui sont respectivement 0.756 (75.6 %) et 0.717 (71.7%).

Les résultats de la modélisation des valeurs AUC de la courbe ROC obtenus par les méthodes de CCI et AHP montrent que les deux modèles utilisés dans le présent document, ont la capacité de prédiction élevée, pour la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain. Mais lors de la comparaison entre les deux modèles, basé sur les valeurs de l'AUC, la carte produite par la méthode de CCI présenté le meilleur résultat pour la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain.

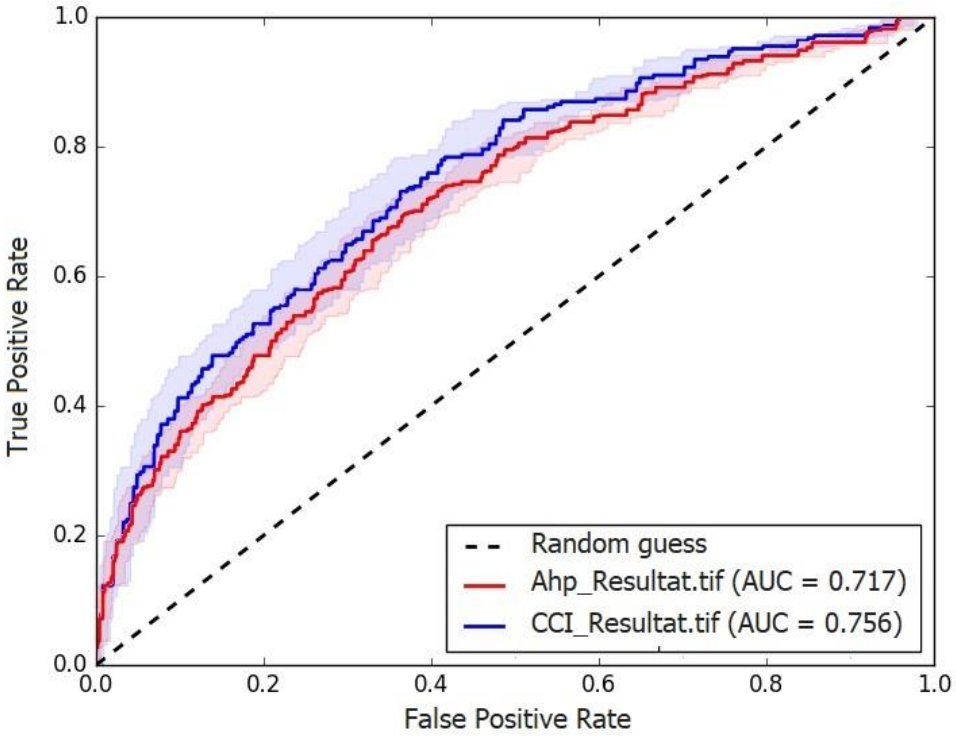


Figure V.27 : Les courbes AUC représentant la qualité des modèles.

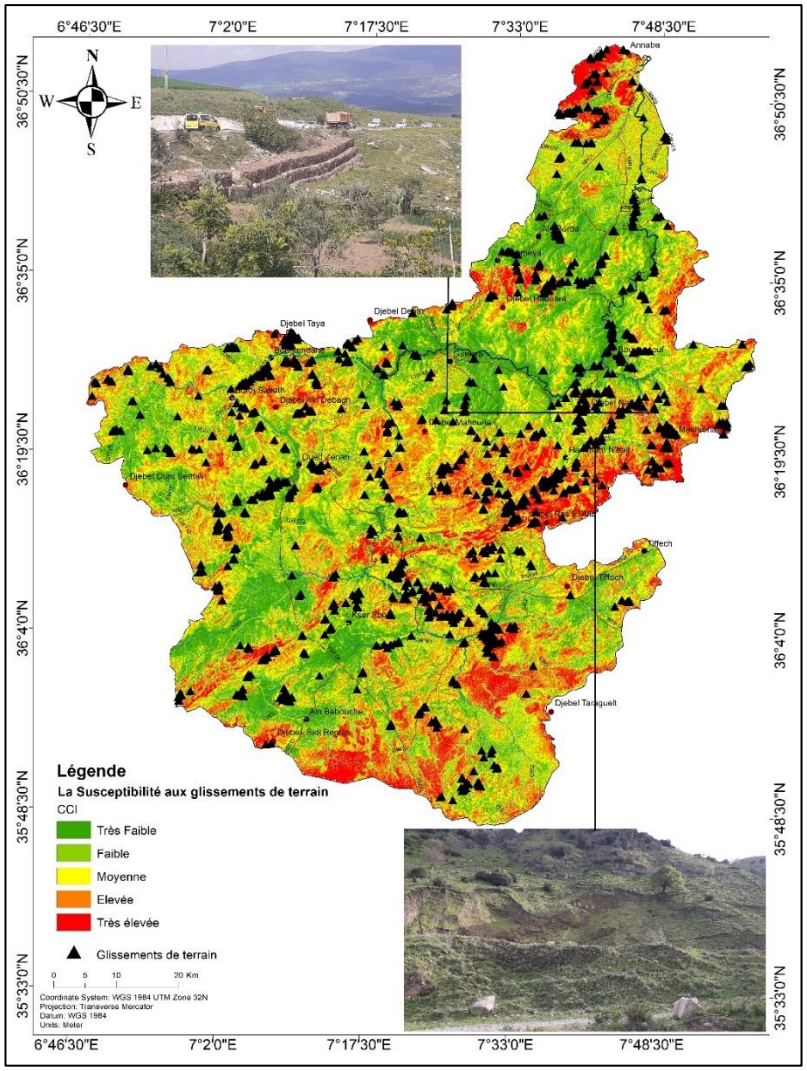


Figure V.28 : Carte de susceptibilité aux glissements de terrain la zone d'étude par la méthode CCI avec des images de quelques points de glissement.

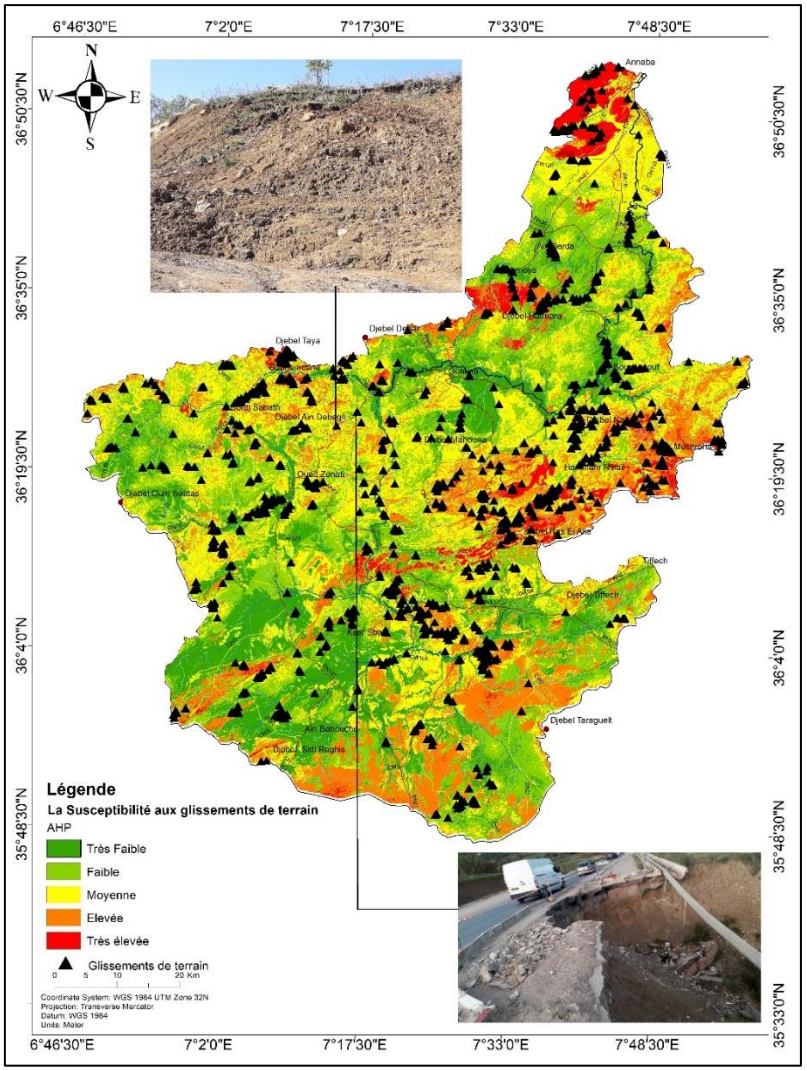


Figure V.29 : Carte de susceptibilité aux glissements de terrain la zone d'étude par la méthode AHP avec des images de quelques points de glissement.

3. Zonation de la susceptibilité à méso-échelle (1/ 50 000) :

Dans cette section, nous procèderons au zonage de la susceptibilité aux glissements de terrain à méso-échelle (1/50 000ème) au niveau du bassin versant la moyenne Seybouse. Le choix de cette échelle d'analyse a été fortement conditionné par les données nécessaires et disponibles pour la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain. L'inventaire des glissements de terrain pour toute la région de la Seybouse moyenne a permis de déduire, que le secteur présente une fréquence élevée des phénomènes inventoriés et donc, subit un très grand préjudice.

L'approche de zonage de la susceptibilité s'articule sur l'utilisation de trois approches probabilistes statistiques. Ils s'agissent des méthodes bivariées connue sous le nom de la théorie de l'évidence (WoE), la méthode du rapport de fréquence (FR) et la méthode de l'entropie de Shannon (SE). Ces approches sont prouvées comme donnant les meilleurs résultats pour l'évaluation de la susceptibilité. Elles ont été appliquées dans différents contextes (Carrara et al., 2003 ; Agnesi et al., 2003 ; Van Westen et al., 2003 ; Thiery et al., 2004 ; Zahiri et al., 2006 ; Neuhäuser et Terhorst, 2007; Thiery, 2007 ; Thiery et al., 2007 ; Poli et Strelacchini, 2007 ; Song et al., 2008 ; Nandi et Shakoor, 2009 ; Regmi et al., 2010 ; Yalcin et al., 2011…etc).

3.1. Zone d'étude : région de la Seybouse moyenne :

3.1.1. Cadre géographique :

La zone d'étude appartient au bassin versant de la Seybouse qui se compose de trois zones principales :

- Le sous bassin de la haute Seybouse ;
- Le sous bassin de la moyenne Seybouse ;
- Le sous bassin de la basse Seybouse.

Notre zone d'étude comprend les deux sous bassins : la moyenne Seybouse (Oued Seybouse Moyenne 14-04 et Oued Melah 14-05), elle couvre 1373,35 km2, l'une des régions les plus sujettes aux glissements de terrain.

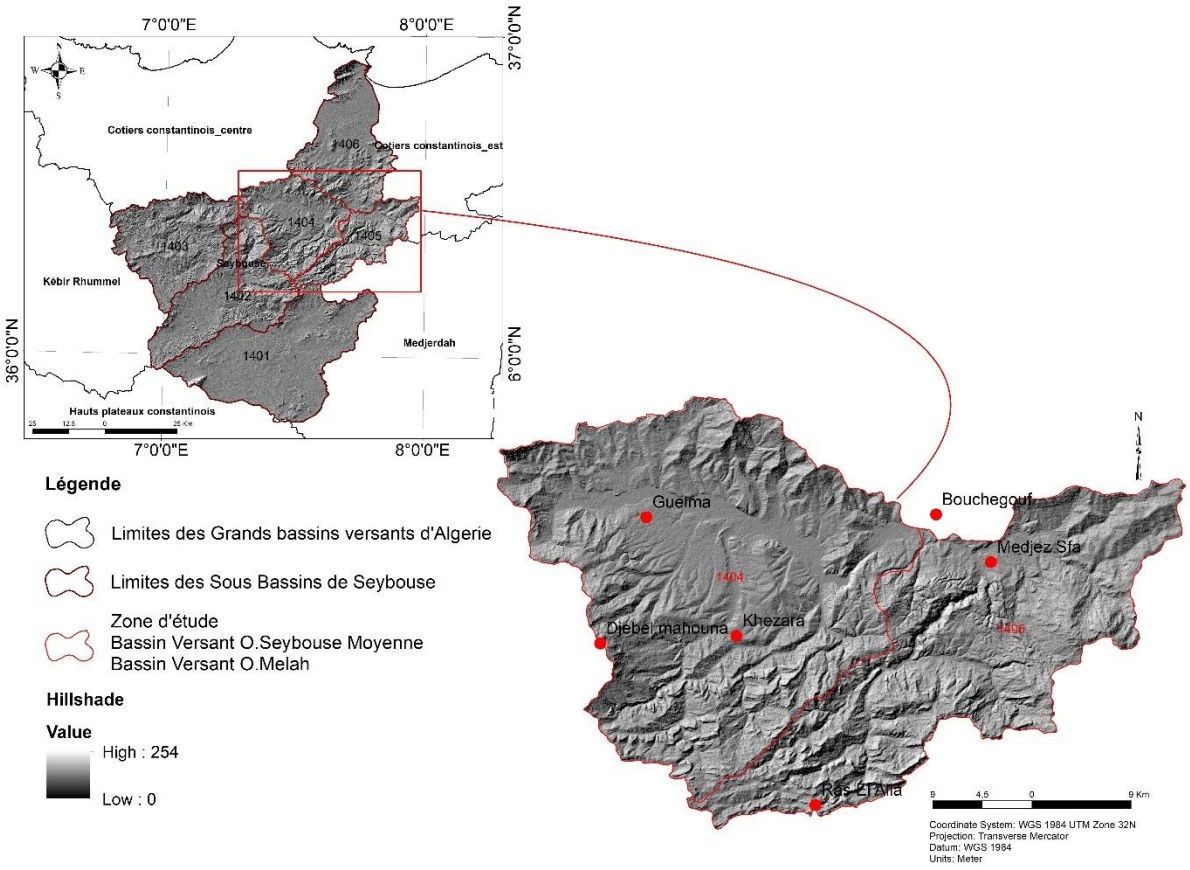


Figure V.30 : Situation géographique de la zone d'étude (méso-échelle).

3.2. Les approches sélectionnées pour le zonage de la susceptibilité à méso échelle :

3.2.1. Théorie de l'évidence (WOE) : Approche bivariée :

Est une méthode quantitative « fondée sur les données » utilisée pour combiner des ensembles de données. Cette méthode a été appliquée en plusieurs domaines, initialement en médecine (Ezzine et al., 2008 ; Spiegelhater et Kill-Jones, 1984), puis en géologie dans le domaine d'exploration (Bonham-Carter, 1994, et Agterberg et al., 1990). mais récemment, cette méthode a été utilisée dans de nombreuses études pour l'évaluation du risque des mouvements de terrain, adoptée par plusieurs chercheurs au niveau international (Corominas et al., 2014; Thiery, 2007 ; Agterberg et al., 1993 ; Bonham-Carter et al., 1989; Glade et al., 2006; Mezughi et al., 2011; Mohammady et al., 2012; Neuhäuser & Terhorst, 2007; Ozdemir & Altural, 2013; Pradhan, Oh, & Buchroithner, 2010; Regmi et al., 2010; Ru-Hua et al.,2008; Vakhshoori & Zare, 2016; Van Westen, 1993). La méthode utilise la forme log-linéaire du modèle probabiliste bayésien pour estimer la valeur relative importance de la preuve par des moyens statistiques. Elle a était utilisée et testée par plusieurs auteurs (Carrara et al., 2003 ; Agnesi et al., 2003 ; Van Westen et al., 2003 ; Thiery et al., 2004 ; Zahiri et al., 2006 ; Neuhäuser et Terhorst, 2007;

Thiery, 2007 ; Thiery et al., 2007 ; Poli et Strelacchini, 2007 ; Song et al., 2008 ; Nandi et Shakoor, 2009 ; Regmi et al., 2010 ; Yalcin et al., 2011…etc) dans le domaine des instabilités des versants, et s'accordent que les résultats obtenus par cette approche sont très prometteurs. Elle peut être la meilleure approche bivariée, à condition que la phase de calage soit bien établie. Une seconde raison pour l'utilisation de WOE, est son adéquation pour l'évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain à méso-échelle. Cette échelle, coïncide avec celles des données de base disponibles pour sa mise en œuvre (1/50 000ème).

3.2.1.1. Principes de la théorie de l'évidence :

Une description détaillée de la formulation mathématique de la méthode est disponible dans Bonham-Carter (1991, 1994, 2002). Le théorème de probabilité de Bayes peut s'écrire :

$$p\{A/B\} = \frac{\left\{p\left(\frac{B}{A}\right) x\, p(A)\right\}}{p(B)}$$

En superposant les emplacements des glissements de terrain à chaque élément de preuve (facteurs de conditionnement), on peut mesurer la relation statistique entre eux et évaluer si et dans quelle mesure les éléments de preuve sont responsables de l'occurrence des glissements de terrain antérieurs (Neuhäuser et Terhorst, 2007). D'autre part, le modèle WoE est fondamentalement basé sur le calcul des pondérations positives et négatives W+ et W- .

La méthode calcule le poids de chaque facteur prédictif de glissement de terrain (A) en fonction de la présence ou de l'absence de glissement de terrain (B) dans la région (Bonham-Carter, 1994) comme suit :

$$w_i^+ = \ln\left(\frac{p\left\{\frac{B}{A}\right\}}{P\left\{\frac{B}{A'}\right\}}\right)$$

$$w_i^- = \ln\left(\frac{p\left\{\frac{B'}{A}\right\}}{P\left\{\frac{B'}{A'}\right\}}\right)$$

Où :

P est la probabilité et ln est le log naturel. De même, B est la présence d'un facteur prédictif de glissement de terrain potentiel, B' est l'absence d'un facteur prédictif de glissement de terrain potentiel, A est la présence de glissement de terrain, et A' est l'absence d'un glissement de

terrain. Un poids positif (W+) indique que la variable prévisible est présente aux l'emplacements des glissements de terrain et l'ampleur de ce poids est une indication de la corrélation positive entre la présence de la variable prévisible et les glissements de terrain.
Un poids négatif (W^-) indique l'absence de la variable prévisible et indique le niveau de corrélation négative (Dahal et al., 2008a). Dans la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain, le contraste de poids, C ($C=W^+ - W^-$), mesure et reflète l'association spatiale entre la caractéristique de preuve et l'occurrence des glissements de terrain. ''C'' est positif pour une association spatiale positive et négatif pour une association spatiale négative (Dahal et al. 2008b).
L'écart-type de W est calculé comme suit :

$$S(c) = \sqrt{(S^2\, w^+ - S^2 w^-)}$$

Où :

S(W+) est la variance des poids positifs et S(W-) est la variance des poids négatifs. Les écarts des poids peuvent être calculés par l'expressions suivants :

$$S^2 w^+ = \frac{1}{\{B \cap A\}} + \frac{1}{\{B \cap A'\}}$$

$$S^2 w^- = \frac{1}{\{B' \cap A\}} + \frac{1}{\{B' \cap A'\}}$$

Le contraste normalisé est une mesure de confiance et est défini comme le rapport du contraste divisé par sa norme écart. Le contraste normalisé sert de vérifier que ''C'' est significativement différent de zéro ou si le contraste est probablement « réel » (Bonham-Carter, 1994).

3.2.2. La méthode Rapport de Fréquence (FR) :

Le modèle FR est une technique d'analyse statistique bivariée quantitative couramment utilisée pour évaluer la susceptibilité aux glissements de terrain (Tehrany et coll., 2015; Guo et al., 2015 ; Islam et coll., 2022). Le modèle FR basé sur la relation spatiale entre l'emplacement des glissements de terrain (facteurs dépendants) et les facteurs responsables des glissements de terrain (facteurs indépendants), (Lee et Pradhan, 2007; Poudyal et coll., 2010).L'hypothèse derrière le FR est que les glissements de terrain futurs se produiront dans des conditions environnementales similaires aux glissements de terrain historiques (Guzzetti et coll., 1999; Pourghasemi et Rahmati, 2018).

3.2.2.1. Principes de la méthode rapport de fréquence (FR) :

Dans la présente étude, le modèle statistique bivarié FR a été utilisé pour préparer la carte de susceptibilité aux glissements de terrain. La valeur FR de chaque facteur a été calculée en déterminant la relation quantitative de facteurs indépendants en ce qui concerne l'occurrence des glissements de terrain (Pradhan et Lee, 2010; Khosravi et coll., 2016a; Ahmadlou et coll., 2019). Lorsque la pondération FR est supérieure à 1, elle indique une forte corrélation alors que, lorsque la pondération est inférieure à 1, elle montre une faible corrélation entre les facteurs dépendants et indépendants (Pradhan et Lee, 2010; Akgun et coll., 2012; Rehman et coll., 2022). Le RF est caractérisé comme le pourcentage des emplacements de glissement de terrain dans la classe de facteur divisé par le pourcentage des zones de classe individuelle.

La valeur FR peut être calculée comme suit (Ghobadi et al., 2017) :

$$FR = \frac{\mathrm{NPix1}/\mathrm{NPix2}}{(\sum \mathrm{Pix3})/(\sum \mathrm{Pix4})}$$

Où :

NPix1 le nombre de pixels du glissement de terrain dans chaque classe, NPix2 est le nombre total de pixels de glissement de terrain de toute la zone, ∑Pix3 est le nombre de pixels dans chaque classe de facteurs de conditionnement et ∑Pix4 N est le nombre total de pixels dans la zone. Le RF a été calculé pour chaque classe de chaque paramètre, et ensuite les rapports de fréquence ont été additionnés pour calculer l'indice de susceptibilité aux glissements de terrain. (LSI), (Lee and Talib 2005).

3.2.3. La méthode d'entropie de Shannon :

La théorie a d'abord été proposée par Boltzmann et exposée par Shannon (1948) plus tard. L'entropie peut indirectement déterminer comment sélectionner les facteurs les plus influents parmi les nombreux facteurs disponibles (Lombardo et al., 2015). Par conséquent, cette théorie peut avoir un impact significatif sur le processus de tamisage des couches thématiques contribuant à la modélisation de la susceptibilité aux glissements de terrain (Sharma et al., 2012). Pourghasemi et al. (2012b) ont défini l'entropie comme la mesure du degré de désorganisation, d'imprévisibilité, d'incertitude ou d'instabilité d'un système. Dans ce modèle, la différence entre les moyennes des contributions d'un seul élément dans l'ensemble du système, appelé indice d'entropie, est estimée (Wan,2009).

3-2.3.1-Principes de l'entropie de Shannon :

Le modèle d'entropie de Shannon est caractérisé par une relation extrême entre la quantité et l'entropie, nommé Boltzmann, qui est utilisé pour montrer les conditions dynamiques d'un système (Pourghasemi et al., 2012b). Le SE peut identifier le facteur le plus contrôlé et le plus influent de l'occurrence du glissement de terrain à partir de plusieurs facteurs causatifs utilisés. La pondération des facteurs de causalité est calculée selon la procédure suivante :

$$P_{ij} = \frac{FR}{\sum_{i=1}^{m} FR}$$

$$\sum_{i=1}^{m} Eij = \sum_{i=1}^{m} (Pij) * (lnPij)$$

$$Hij = 1 + \sum_{i=1}^{m} Eij$$

$$W_j = \frac{Hij}{\sum_{i=1}^{n} Hij}$$

Où :

Pij est la densité de probabilité et FR est le rapport de fréquence. Wj est la pondération des facteurs de causalité obtenus à partir de la technique d'entropie de Shannon. Ces évaluations peuvent ensuite être utilisées pour attribuer un poids aux facteurs de causalité, tandis que les valeurs de rapport de fréquence sont utilisées pour les sous-facteurs. Le tableau montre la pondération d'entropie de Shannon des facteurs de causalité...

3.3. Évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain :

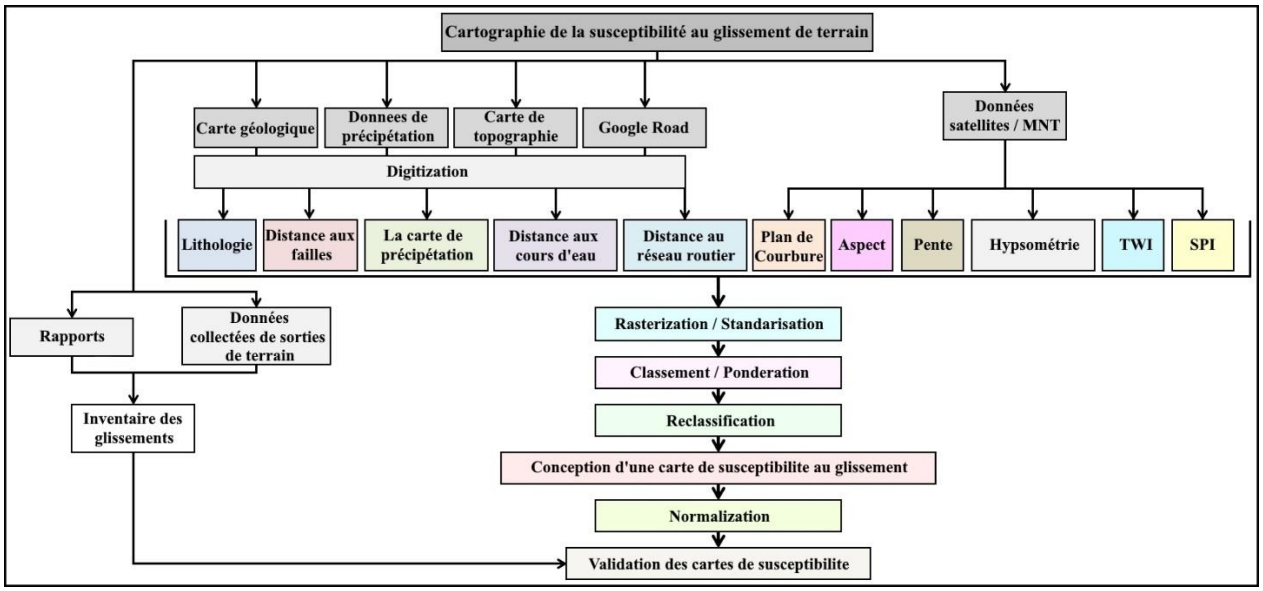


Figure V.31 : Organigramme de la méthodologie du travail.

La première étape dans l'évaluation de la sensibilité aux glissements de terrain consiste à acquérir des informations sur les glissements de terrain qui se sont produits dans le passé pour soutenir la prévision spatiale future (Guzzetti et al. 1999).

Dans notre zone d'étude une enquêtes et observations approfondies sur le terrain sont réalisées pour produire un bilan détaillé et carte d'inventaire fiable des glissements de terrain, un total de 736 glissements de terrain ont été identifiés et cartographié en évaluant des photos aériennes, et des images satellites à haute résolution (Rapid-Eye ,PS Ortho Tile),Google earth Pro. Ils ont été confirmés et mis à jour par une reconnaissance sur le terrain à l'aide d'un GPS. Les glissements de terrain sont fréquents dans la région Sud, Sud -Est de la zone d'étude, occupée par des formations marneuses et argileuses, alors qu'ils sont moins fréquents dans la région Nord-Ouest, où les formations géologiques sont constituées des calcaires.

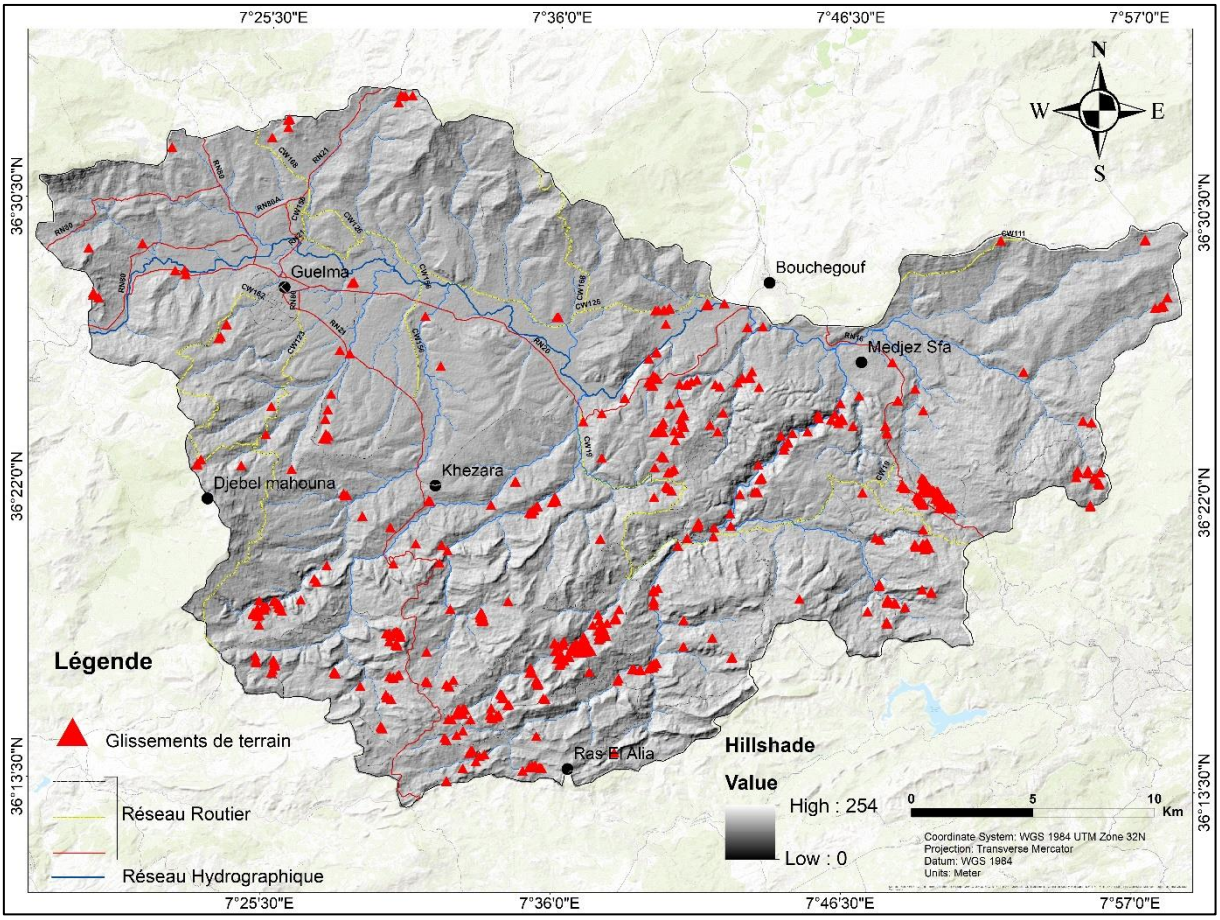


Figure V.32 : Carte d'inventaire des glissements de terrain de la zone d'étude.

3.3.1. Sélection des facteurs :

Les facteurs utilisés dans cette étude sont au nombre de onze (11), et comporte : la lithologie, les précipitations, la distance aux failles, la distance aux réseau hydrographique, la distance aux routes, le gradient de pente, l'aspect de la pente, l'hypsométrie, le plan de courbure, le TWI et le SPI.

3.3.1.1. Lithologie :

La carte lithologique de la zone d'étude est dérivée des cartes géologiques à l'échelle 1:50 000. La zone d'étude est couverte avec divers types d'unités lithologiques Comme le montre la (Figure V.33).

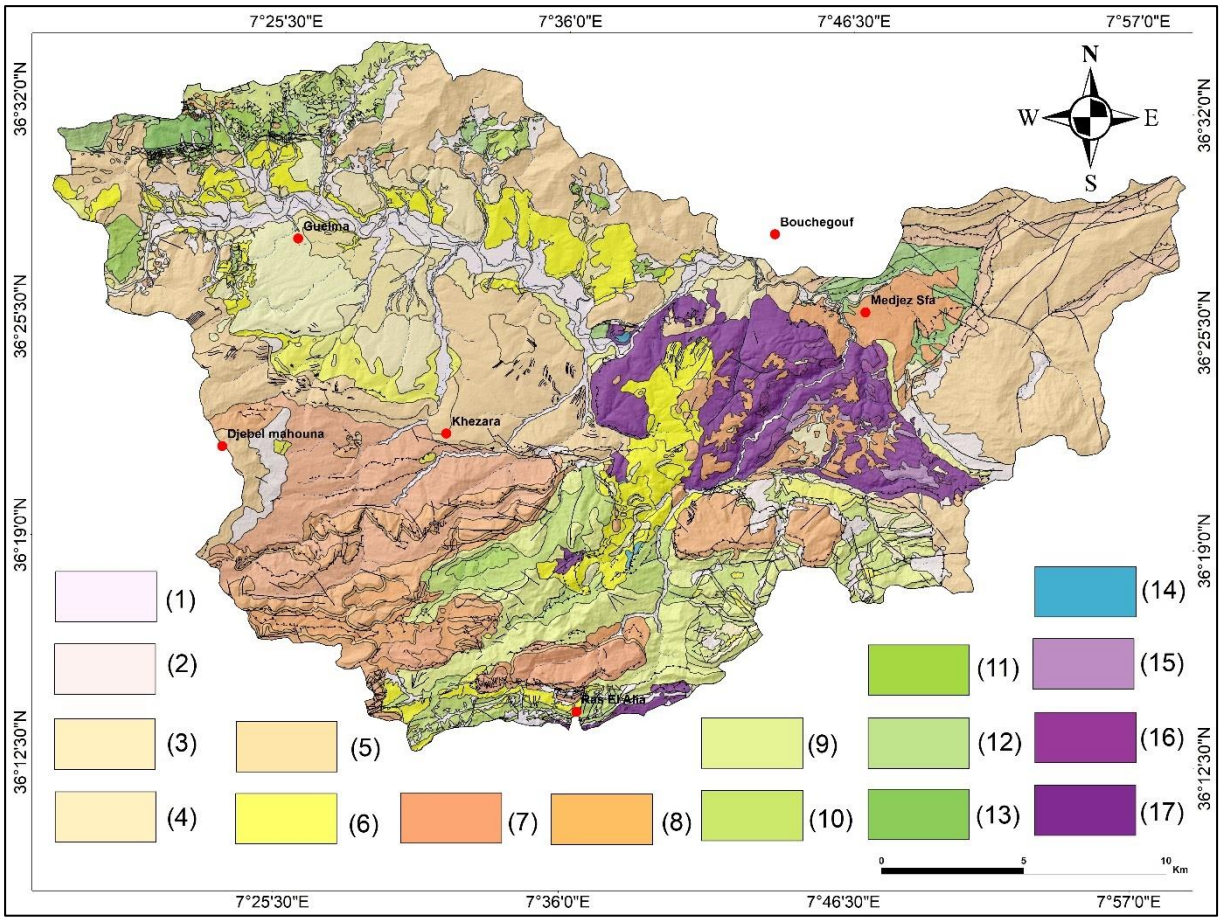


Figure V.33 : carte lithologique de la zone d'étude

(1)Terre arables, formations de pente, Alluvions fluviales, Rebord des terrasses (alluvions récentes) ,(2) Eboulis de grès, Eboulis à gangues marneuses, (3) Alluvions des basses terrasses des vallées, Alluvions des moyennes terrasses, galets ,graviers, sables ,limons, Alluvions des hautes terrasses des vallées, (4) Formations déluvio-gravitationnelles éboulis de pente: brèches, cailloutis, sables, limons,(5) Argiles ,marnes ,siltsones intercalations de grès, Argiles rouges gréseuses et poudingues,(6) Argiles numidiennes , Argiles et grès (molasse de guelma-argiles numidiennes),(7) Marno-calcaires et calcaires à silex phosphatés et bitumineux, Calcaires à nummulites,(8) Marnes noires, calcaires marneux, Argiles rouges, grès de poudingue, intercalation de marnes, de calcaires lacustres,(9) Calcaire ,calcaires gréseux et marno-calcaires à inocérames,(10) Marnes et marnes argileuses grises et passées de marno-calcaires,(11) Marnes schisteuses,(12) Schiste noir,(13) Grès,(14) Calcaires liasiques,(15) Alternance de grès, argiles et marnes rouges et bleuâtres (16) Dolomies et brèches dolomitiques grises, cargneules (17) Formations argilo-gypso-gréseuses à fragments et blocs de roches diverses.

3.3.1.2. Précipitation :

Les précipitations sont un important facteur déclenchant des glissements de terrain. Dans la présente étude, une carte de la zone d'étude des précipitations annuelles moyennes a été générée. (Figure V.34).

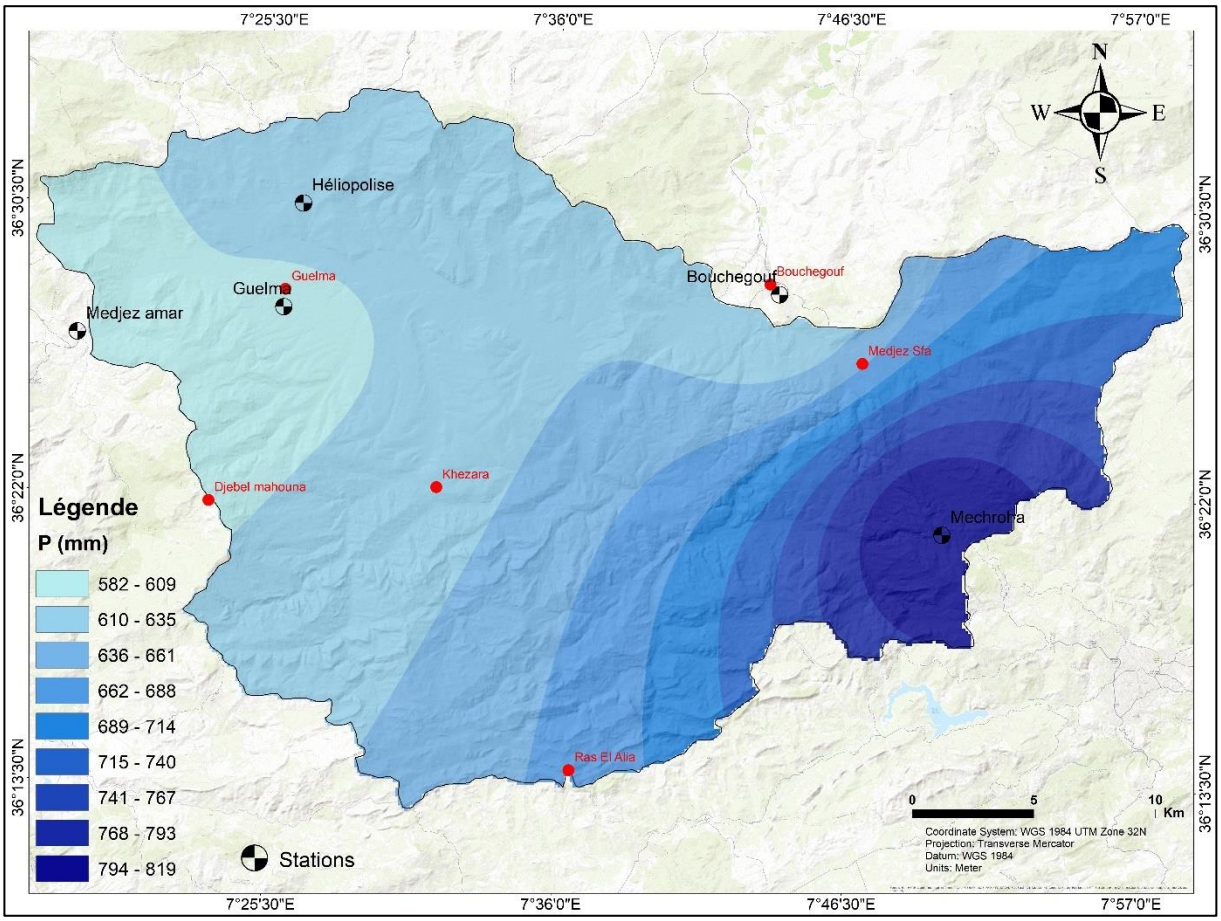


Figure V.34 : carte des précipitations de la zone d'étude.

3.3.1.3. Distance aux routes :

La zone d'étude a été divisée en 05 zones tampons différentes pour désigner l'influence de la route sur la stabilité de la pente (Figure V.35) : 0–500 m, 500–1000, 1000–1500, 1500–2000 et > 2000 m.

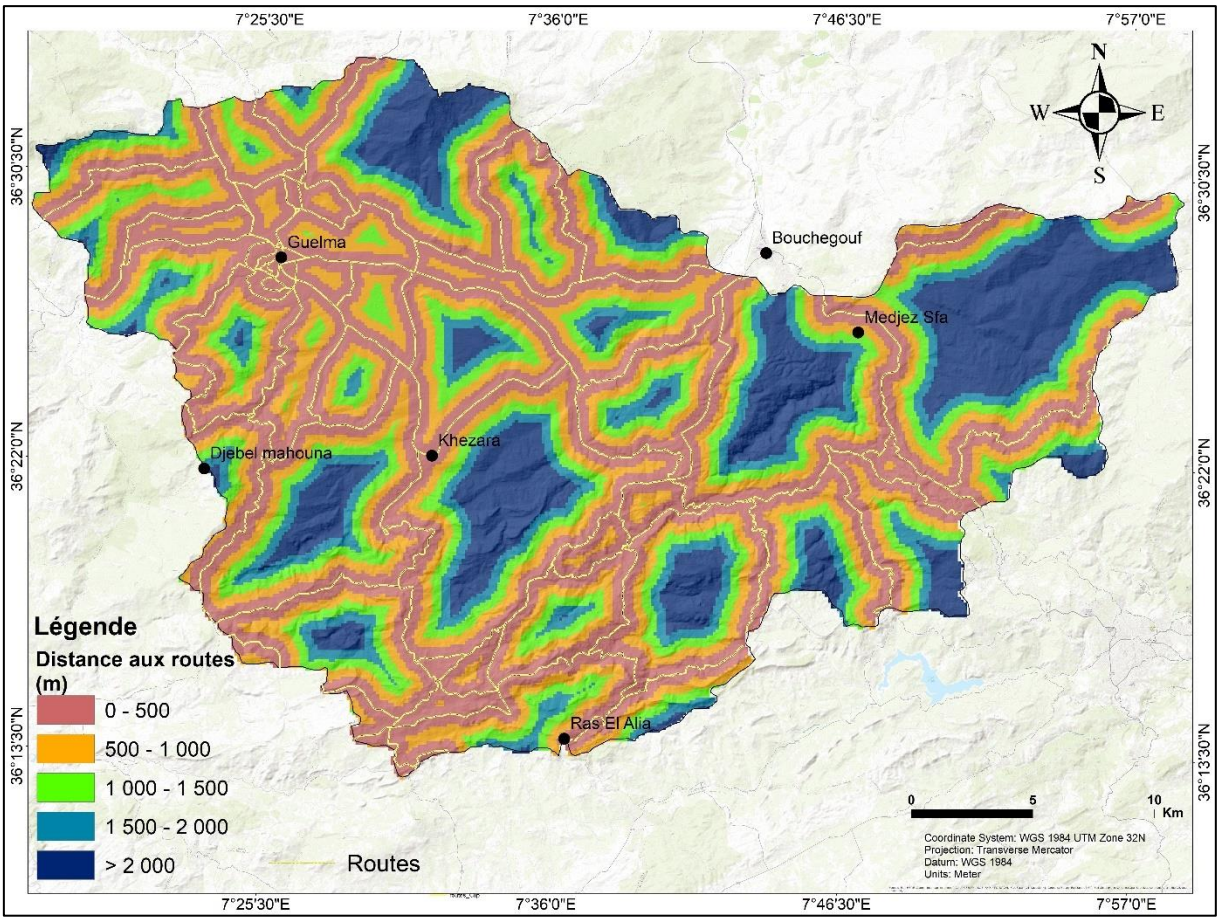


Figure V.35 : carte de distance aux routes

3.3.1.4. Distance au réseau hydrographique :

Pour la présente étude, cinq catégories de zones tampons différentes ont été créées dans la zone d'étude pour déterminer le degré auquel les cours d'eau ont affecté les pentes (Figure V.36).

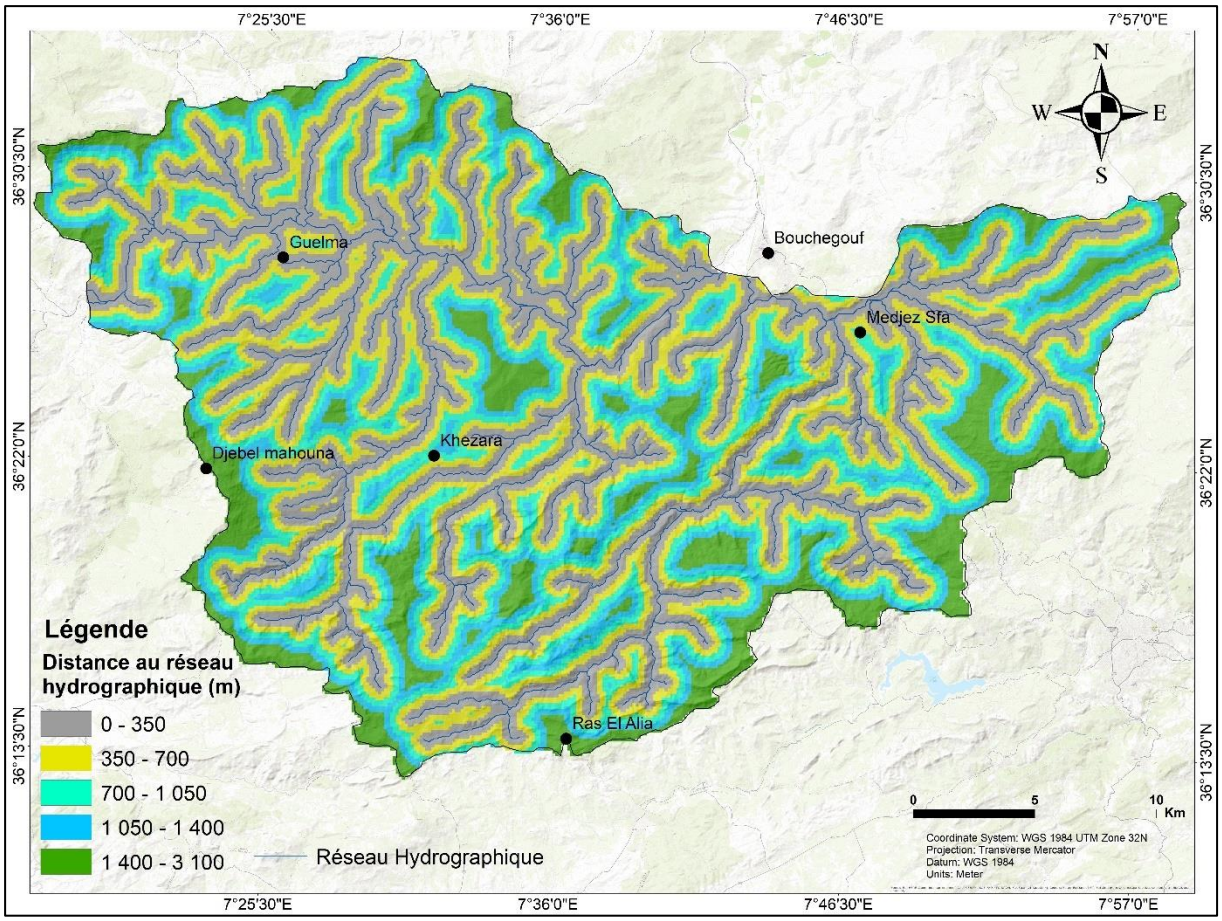


Figure V.36 : carte de distance aux réseau hydrographique.

3.3.1.5. Distance aux failles :

Dans la zone d'étude, les failles été numérisées à partir des cartes géologiques à l'échelle 1:50 000. La distance aux failles est calculée à des intervalles de 1000 m en utilisant la distance euclidienne. (Figure V.37).

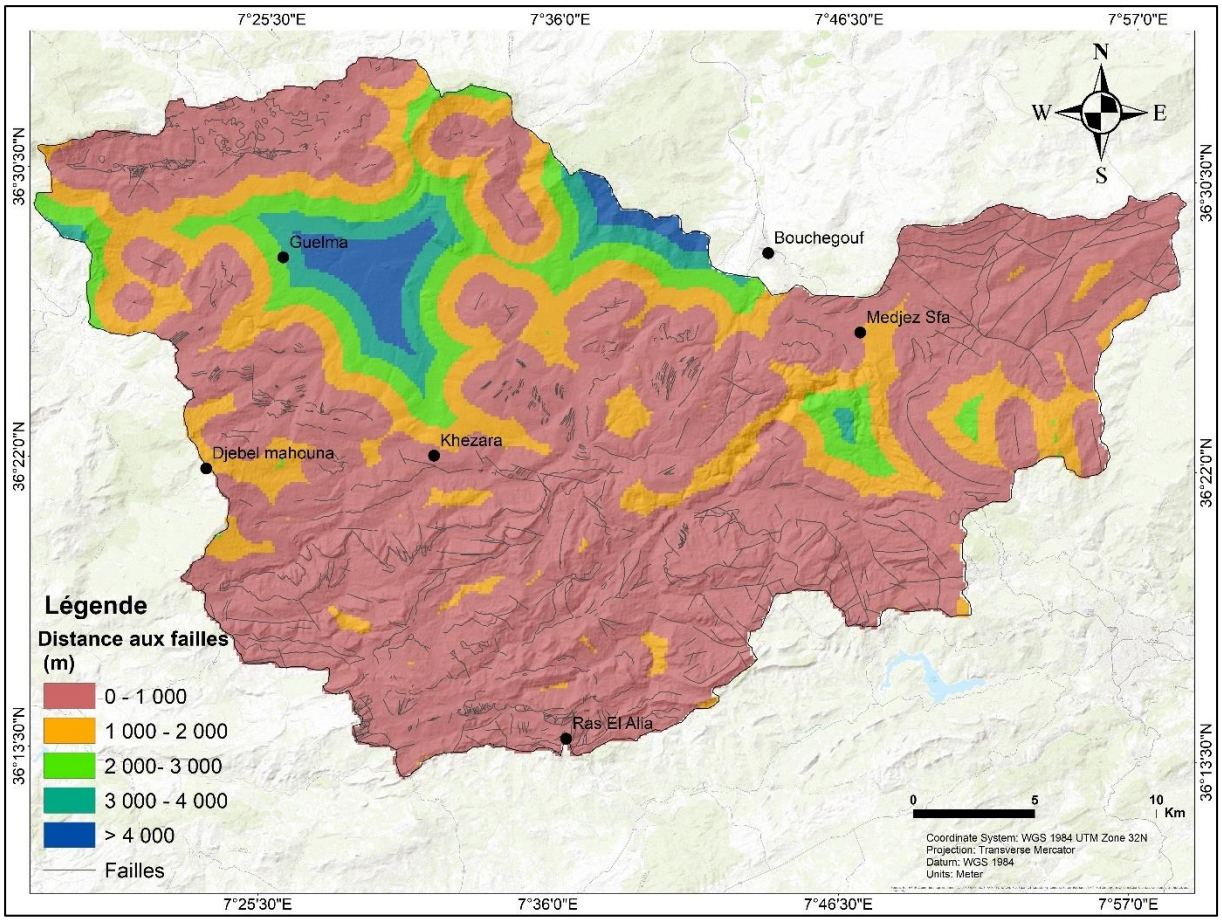


Figure V.37 : carte de distance aux failles.

3.3.1.6. Hypsométrie :

Dans la présente étude, on utilise un MNT d'une résolution de 30 m. L'altitude de la zone d'étude variait de 95 à 1404 m et divisées en cinq catégories à l'aide d'un intervalle de 230 m (Figure V.38).

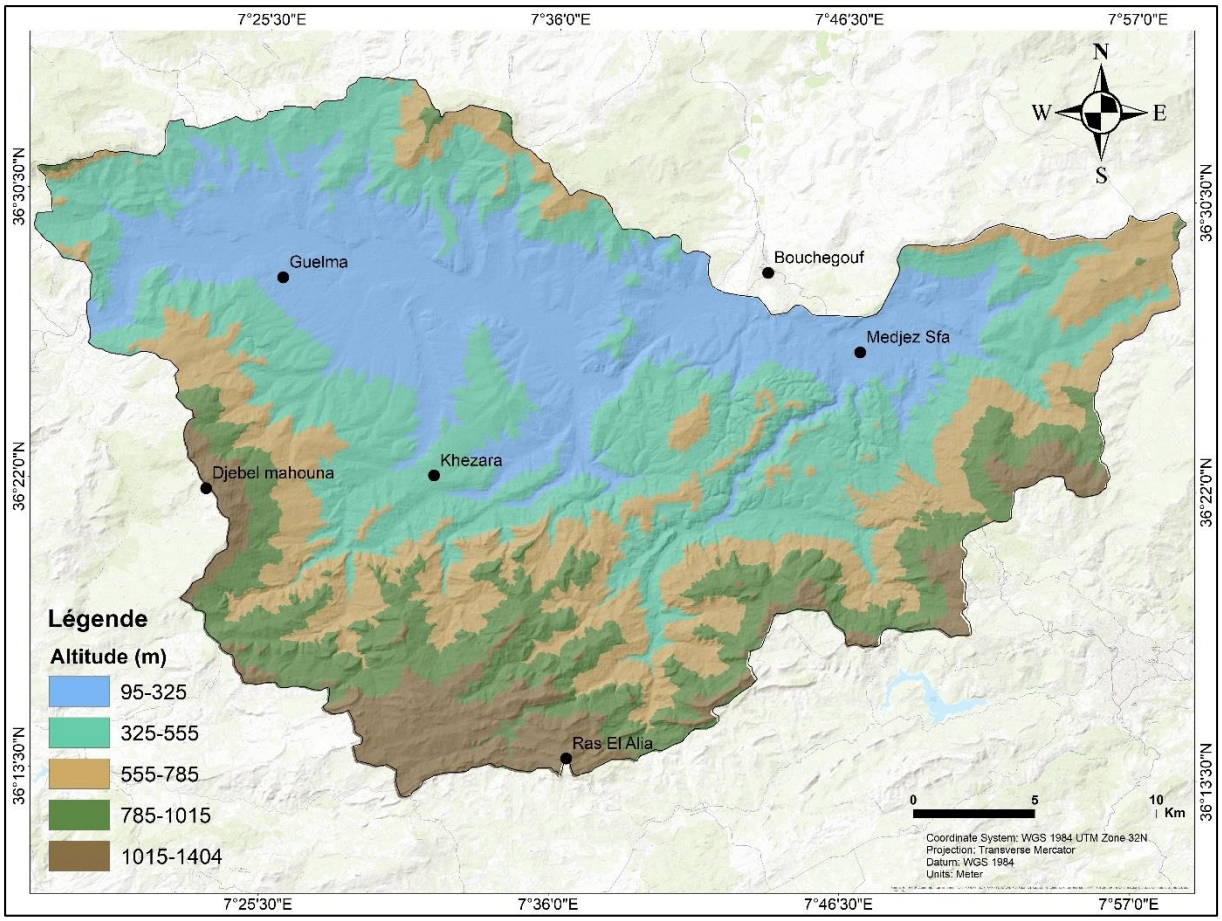


Figure V.38 : carte d'altitude de la zone d'étude.

3.3.1.7. Gradient de pente :

La carte d'angle de pente de la zone d'étude est préparée à partir de modèle numérique de terrain (MNT), qui a été reclassé en cinq classes égales comme 0-10° , 10°–20°, 20°–30°, 30°–40° et 40-63° (Figure V.39).

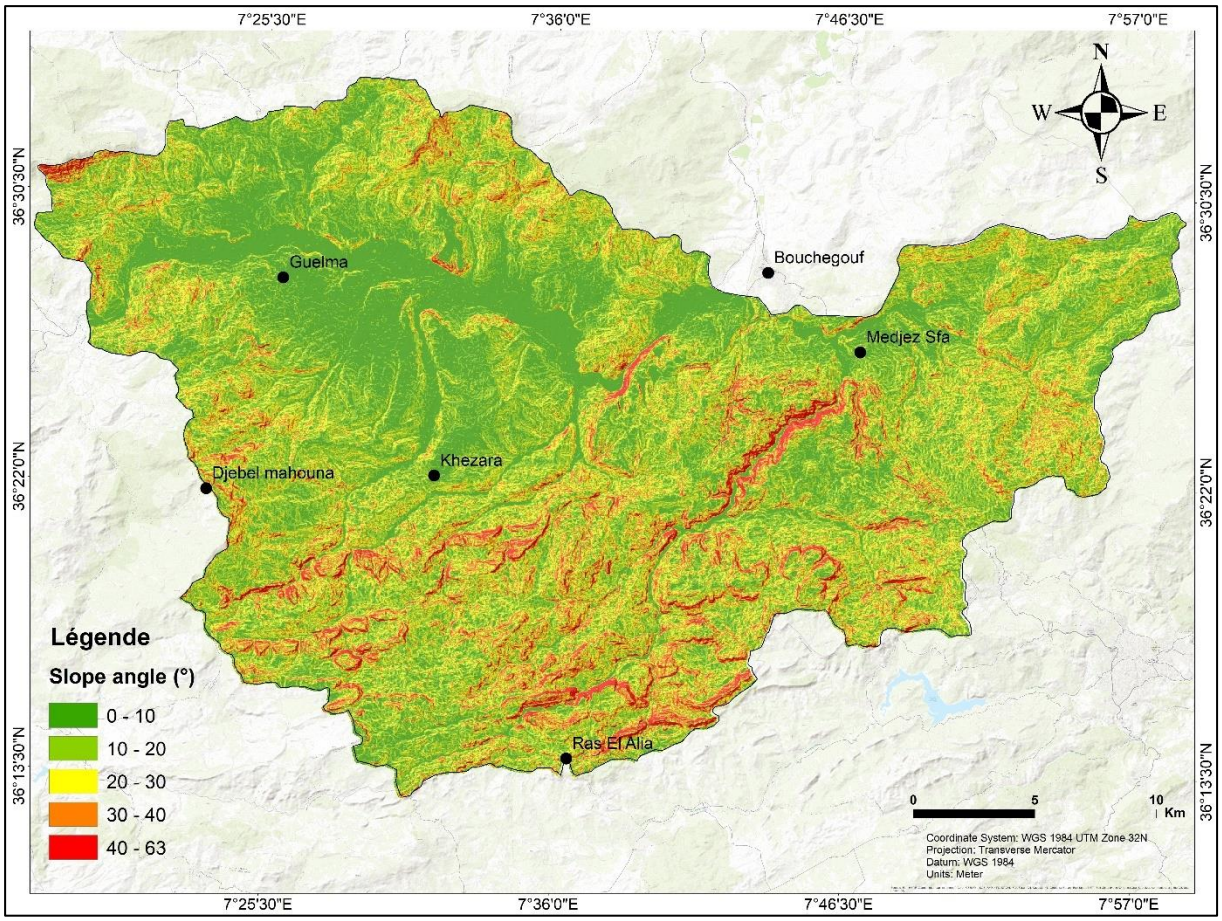


Figure V.39 : carte de pente (en degré).

3.3.1.8. Aspect de la pente :

L'aspect de la pente de la zone d'étude (Figure V.40) est divisé en neuf classes directionnelles comme flat (−1), nord (337,5–360°, 0–39.08°), nord-est (39,08–79,17°), est (79,17–119,25°), sud-est (119,25–159,34°), sud (159,34– 199,42°), sud-ouest (199,42–239,50°), ouest (239,50–279,59°) et nord-ouest (279,59–319,67°).

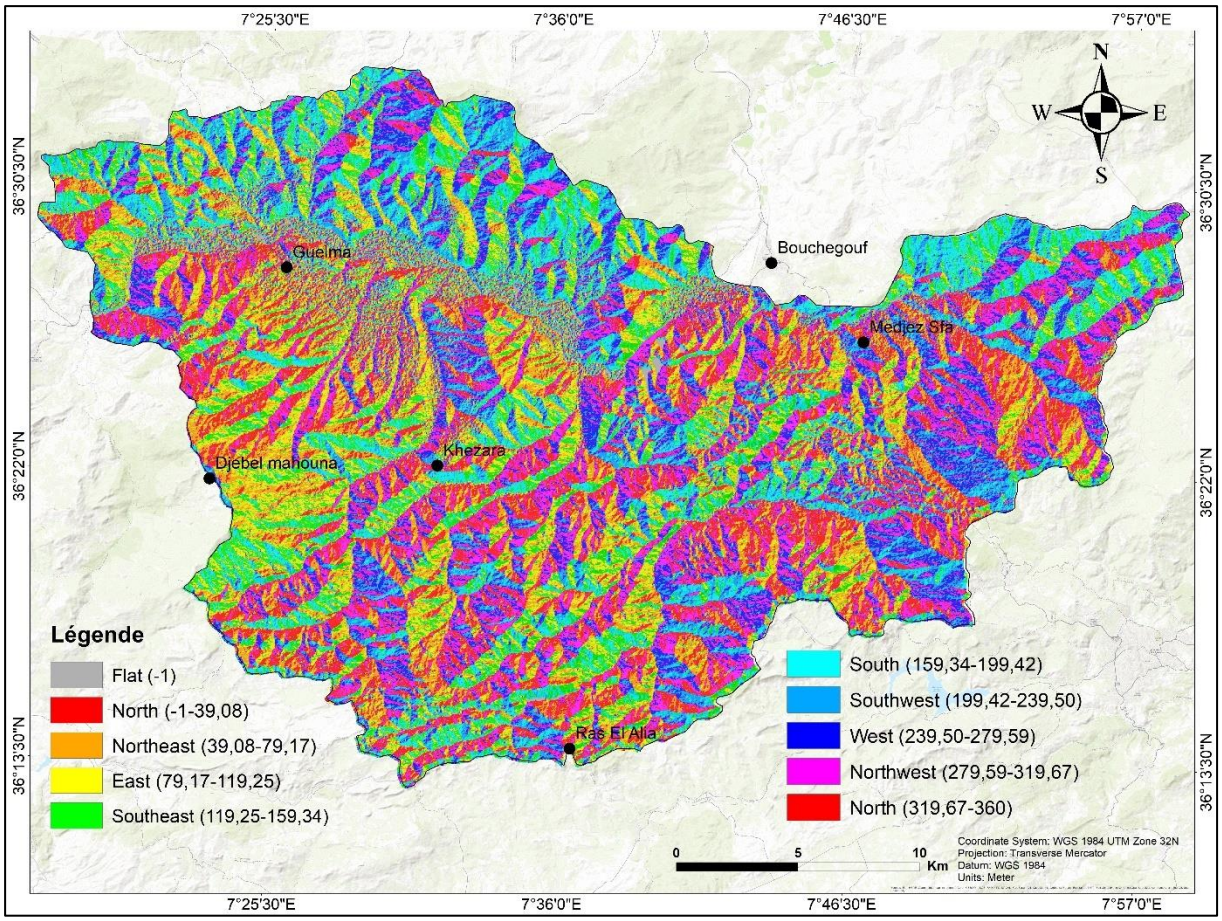


Figure V.40 : carte aspect de pente.

3.3.1.9. Plan de Courbure :

Influence la convergence ou la divergence de l'eau pendant écoulement descendant (Yilmaz et al. 2012). Dans cette étude, le plan la courbure a été dérivée du MNT on utilise le système l'information géographique dans l'ArcGIS 10.8 et divisé en trois classes : Concave, Convexe et Flat (Figure V.41).

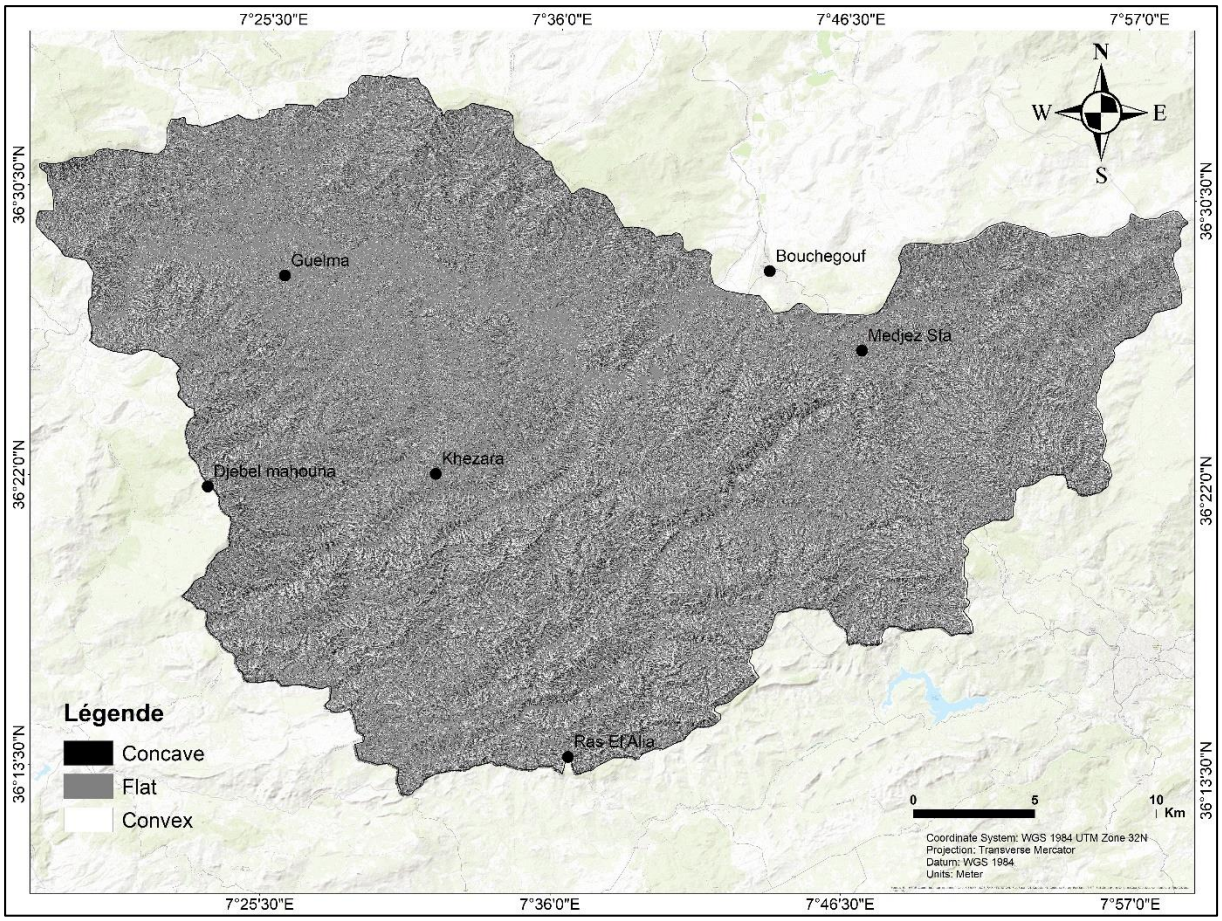


Figure V.41 : carte de plan de courbure.

3.3.1.10. SPI (Stream power index) :

L'indice de puissance du flux (SPI), une mesure du pouvoir érosif du débit d'eau en partant de l'hypothèse que le débit est proportionnel à la zone de chalandise spécifique, est un composé attribut topographique (Conforti et al. 2011, Regmi et al. 2014).

L'indice de puissance du flux était calculé sur la base de la formule donnée par Moore et al. (1991).

$$SPI = As \times \tan \beta \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Où As est la zone de captage spécifique et b est le gradient de pente local mesuré en degrés

La carte SPI de la zone d'étude a été classée en Cinq classes (Figure V.42).

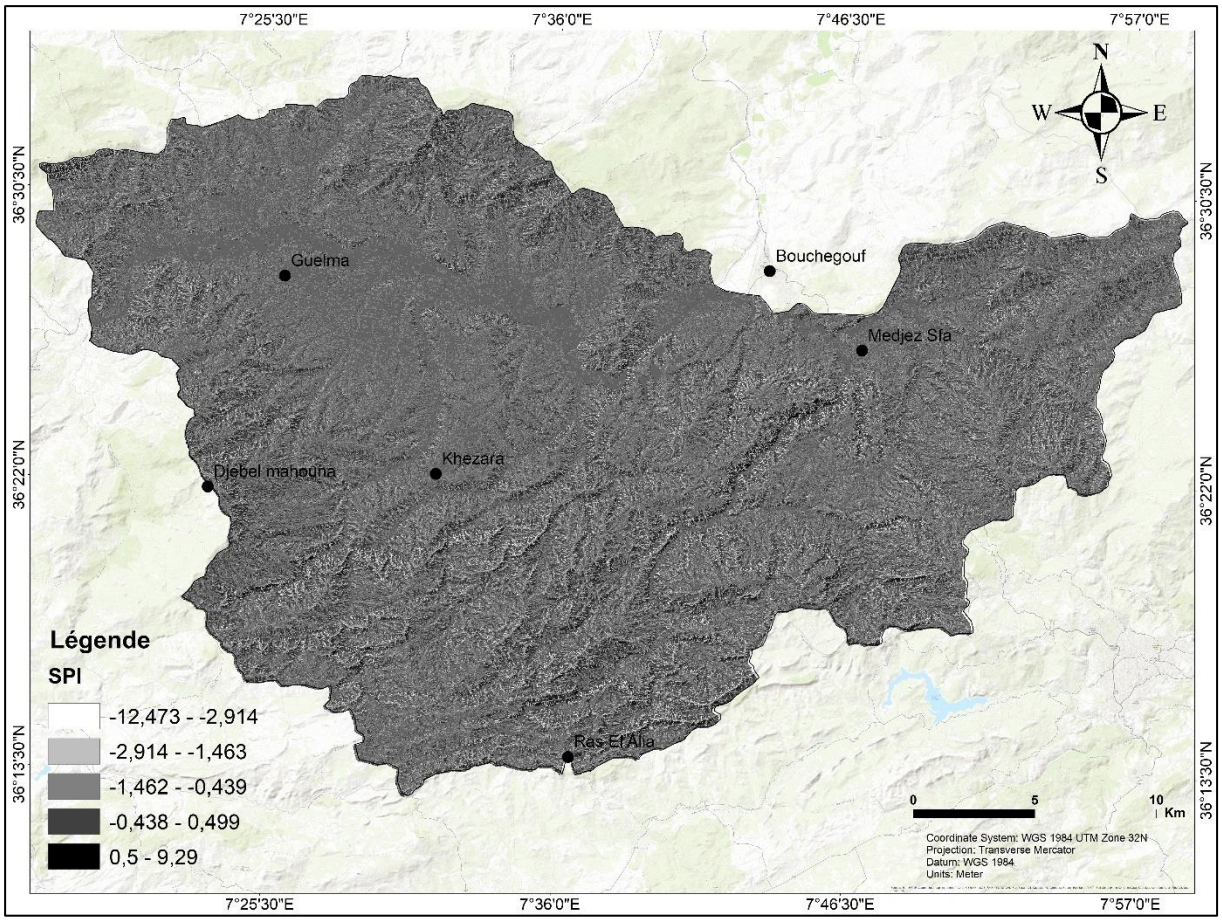


Figure V.42 : carte de l'indice de puissance des flux (SPI).

3.3.1.11. TWI (Topographic Wetness Index) :

L'indice d'humidité topographique (TWI) est un autre facteur dans le modèle de ruissellement (Pourghasemi et al. 2013). Il est défini comme (Beven et Kirkby 1979; Moore et al. 1991).

$$TWI = Ln (\alpha / \tan \beta) \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Où α est la surface de pente ascendante cumulée passant par un point (par unité de longueur de contour) et tan b est l'angle de pente au point. L'indice Ln (α/tan β) reflète la tendance de l'eau s'accumuler en tout point du bassin versant (en termes de α) et la tendance à la gravitation forces pour déplacer cette eau vers le bas de la pente (exprimée en termes de tan β comme valeur approximative gradient hydraulique). L'infiltration d'eau dépend principalement des propriétés des matériaux telles que la perméabilité, la pression interstitielle et les effets sur la résistance du sol. (Pouydal et al. 2010). Dans la présente étude, les valeurs TWI, ont été classées en cinq classes : -5.6-4.1, 4.1-5.8, 5.8-8.3, 8.3-12 et 12-24 C (Figure V.43).

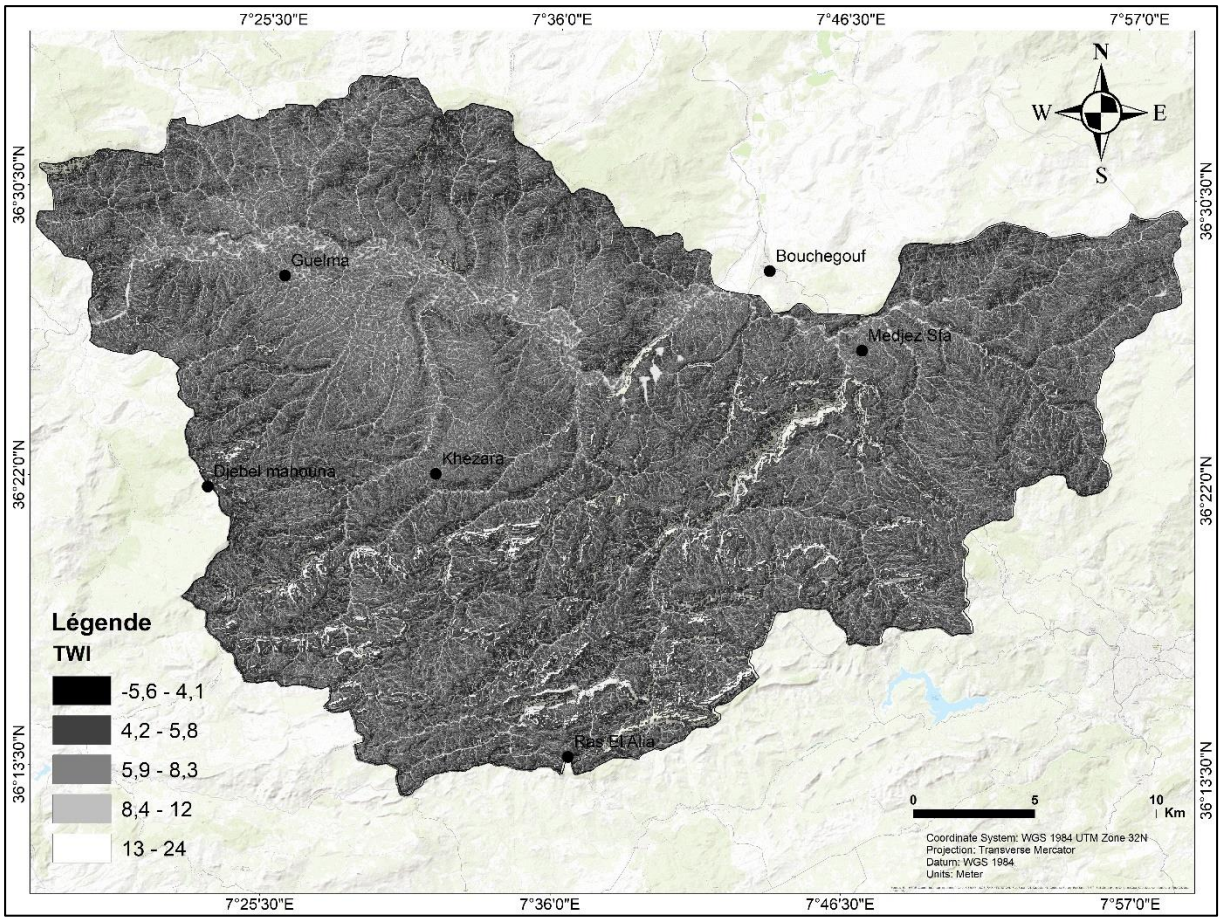


Figure V.43 : carte de l'indice d'humidité topographique (TWI)

3.4. Résultats et discussions :

3.4.1. Application de la théorie d'évidence :

Différents poids peuvent être additionnés calculés en utilisant le logarithme naturel des cotes appelé logit. Dans ce cas, le contraste C (C = W + - W) donne une mesure de l'association spatiale entre les facteurs prédictifs et les glissements de terrain (Yannick Thiery et al., 2005). Ce contraste a une valeur de zéro lorsque ces deux variables sont complètement indépendantes. La valeur de contraste donne un premier aperçu pour accepter ou rejeter le facteur prédictif dans l'estimation de la corrélation spatiale entre cela et les glissements de terrain. Calculs des valeurs de W + et W-pour toutes les variables sélectionnées utilisées pour calculer la probabilité postérieure, qui met à jour la probabilité antérieure. Lorsque plusieurs facteurs prédictifs sont combinés, les zones qui ont un poids supérieur ou inférieur correspondent respectivement à une probabilité plus ou moins grande de trouver les glissements de terrain (Tableau V.9).

La carte LSM $_{WoE}$ a été créée à partir des modèles WoE en additionnant tous les poids relatifs de chaque classe de cartes factorielles à l'aide de l'expression suivante :

$$LSI = \sum Wc$$

Où :

LSI = indice de susceptibilité aux glissements de terrain.

Wc est le poids dérivé total de chaque classe des cartes factorielles pour le modèle WoE.

Dans ce cas, plus la valeur de LSI est élevée, plus la probabilité d'incident de glissement de terrain est élevée.

On utilise l'outil Raster Calculator dans le logiciel ArcGIS 10.8 pour crée la carte LSM$_{(WOE)}$ de la zone d'étude, comme suit :

$$\mathbf{LSM}_{\mathbf{WoE}} = C_{\text{Lithologie}} * \text{Lithologie} + C_{\text{Précipitation}} * \text{Précipitation} + C_{\text{Hypsométrie}} * \text{Hypsométrie} + C_{\text{Aspect de pente}} * \text{Aspect de pente} + C_{\text{Gradient de pente}} * \text{Gradient de pente} + C_{\text{Plan de courbure}} * \text{Plan de courbure} + C_{\text{Distance aux failles}} * \text{Distance aux failles} + C_{\text{Distance aux routes}} * \text{Distance aux routes} + C_{\text{Distance au réseau hydrographique}} * \text{Distance au réseau hydrographique} + C_{TWI} * TWI + C_{SPI} * SPI.$$

Où $C_{lithologie}$ = valeur de contraste de poids pour la lithologie, $C_{Précipitation}$ = valeur de contraste de poids pour la précipitation , $C_{hypsométrie}$ = valeur de contraste de poids pour l'hypsométrie, $C_{angle\ de\ pente}$ = valeur de contraste de poids pour la pente ,$C_{gradient\ de\ pente}$ = valeur de contraste de poids pour le gradient de pente ,$C_{plan\ de\ courbure}$ = valeur de contraste de poids pour le plan de courbure, $C_{distance\ aux\ failles}$ = valeur de contraste de poids de la distance aux failles, $C_{distance\ aux}$

$_{routes}$ = valeur de contraste de poids de la distance aux routes, $C_{distance\ au\ réseau\ hydrographique}$ = valeur de contraste de poids de la distance au réseau hydrographique, C_{TWI}= valeur de contraste de poids de TWI, C_{SPI}= valeur de contraste de poids de SPI.

Tableau V.9 : Corrélation spatiale entre les facteurs prédictifs et les valeurs de pondération calculées par la théorie de l'évidence, (W+) : la valeur la probabilité a priori, (W-) : la valeur de la probabilité à posteriori, (C) : le contraste qui est la différence entre W+ et W-.

Paramètres	Classes	Superficie des classes (pixels)	% des classes (pixels)	Glissements de terrain (pixels)	% des glissements de terrain (pixels)	W+	W-	C
Lithologie	**CL1**	453252	26,303	1264	41,882	0,46623063	-0,23786418	0,70409482
	CL2	353564	20,518	415	13,751	-0,40076185	0,08185406	-0,48261592
	CL3	191182	11,094	452	14,977	0,30067306	-0,04472724	0,34540029
	CL4	199284	11,565	313	10,371	-0,1091062	0,0134291	-0,1225353
	CL5	368721	21,397	338	11,199	-0,64822757	0,12221243	-0,77044
	CL6	157221	9,124	236	7,820	-0,15446876	0,01427135	-0,16874011
Précipitation (mm)	**580-600**	75117	4,354	16	0,533	-2,10146566	0,03923558	-2,14070124
	600-650	972623	56,370	915	30,490	-0,6153518	0,46677302	-1,08212482
	650-700	316183	18,325	1123	37,421	0,71577534	-0,26672235	0,98249769
	700-750	182560	10,581	225	7,498	-0,34496577	0,03395876	-0,37892453
	750-820	178929	10,370	722	24,059	0,84385883	-0,16599233	1,00985116
Gradient de pente (°)	**0-10**	470016	27,275	234	7,792	-1,2540869	0,23782511	-1,49191201
	10-20	596172	34,596	601	20,013	-0,54806493	0,20166036	-0,74972529
	20-30	406779	23,605	806	26,840	0,12865783	-0,04333697	0,1719948
	30-40	190115	11,032	695	23,144	0,74280582	-0,14657124	0,88937706
	40-63	60176	3,492	667	22,211	1,85952323	-0,21596609	2,07548932
Hypsométrie (m)	**95-325**	446746	25,924	553	18,421	-0,34219921	0,09666316	-0,43886236
	325-555	554204	32,160	1031	34,344	0,06580808	-0,03277206	0,09858014
	555-785	342963	19,902	711	23,684	0,17431951	-0,04845329	0,22277279
	785-1015	243701	14,142	508	16,922	0,17982046	-0,03297343	0,21279389
	1015-1404	135644	7,871	199	6,629	-0,17206645	0,0134195	-0,18548594
Distance aux failles (m)	**0-1000**	1151926	66,762	2212	73,709	0,09916335	-0,23481097	0,33397433
	1000-2000	320485	18,574	500	16,661	-0,10888653	0,02326654	-0,13215308
	2000-3000	161006	9,331	236	7,864	-0,17136348	0,01608293	-0,18744641
	3000-4000	25441	1,474	41	1,366	-0,07639762	0,00110029	-0,07749791
	4000-5601	66554	3,857	12	0,400	-2,26814719	0,03539242	-2,30353961
	0-1000	645813	37,429	1790	59,647	0,46701595	-0,43924138	0,90625733

Distance au réseau hydrographique (m)	**1000-1500**	585420	33,929	832	27,724	-0,2022954	0,08992893	-0,29222433
	1500-2000	341463	19,790	308	10,263	-0,65745765	0,11244207	-0,76989972
	2000-2500	121875	7,064	63	2,099	-1,21456466	0,05213063	-1,26669529
	2500-3093	30841	1,787	8	0,267	-1,90436452	0,01539389	-1,91975841
Distance aux routes (m)	**0-500**	697874	40,447	1558	51,916	0,25013413	-0,21425657	0,4643907
	500-1000	577278	33,457	959	31,956	-0,04599076	0,02235131	-0,06834208
	1000-1500	284404	16,483	286	9,530	-0,54861835	0,08011445	-0,62873279
	1500-2000	120585	6,989	153	5,098	-0,31586787	0,02015674	-0,33602461
	2000-5197	45271	2,624	45	1,500	-0,56023017	0,0114997	-0,57172986
Aspect de pente	**North (-1-39,08)**	211841	12,293	453	15,090	0,2053912	-0,03246419	0,23785539
	Northeast (39,08-79,17)	187043	10,854	279	9,294	-0,15543962	0,01738111	-0,17282073
	East (79,17-119,25)	194989	11,315	127	4,231	-0,98491015	0,07699432	-1,06190447
	Southeast (119,25-159,34)	191674	11,123	123	4,097	-0,99977535	0,07621642	-1,07599178
	South (159,34-199,42)	188654	10,948	115	3,831	-1,05117837	0,07702296	-1,12820133
	Southwest (199,42-239,50)	161355	9,363	229	7,628	-0,20527028	0,01899618	-0,22426646
	West (239,50-279,59)	174514	10,127	455	15,157	0,40409748	-0,05768779	0,46178527
	Northwest (279,59-319,67)	195286	11,332	655	21,819	0,65672416	-0,12607186	0,78279602
	North (319,67-360)	217902	12,645	566	18,854	0,40034392	-0,07385815	0,47420207
Plan de Courbure	**-7,371329 - -0,335328**	354460	20,569	943	31,412	0,42432909	-0,1470128	0,57134189
	-0,335328 - 0,355708	1010265	58,625	1423	47,402	-0,21284144	0,24048686	-0,45332829
	0,355708 - 8,648139	358533	20,806	636	21,186	0,01814771	-0,00482261	0,02297032
TWI	**-6 907,754 - 730,060**	1712235	99,360	2985	99,401	0,00040582	-0,06511721	0,06552303
	730,060 - 2 680,140	6581	0,382	6	0,200	-0,64865436	0,00182943	-0,65048379
	2 680,140 - 5 442,755	2615	0,152	7	0,233	0,43018725	-0,00081652	0,43100377
	5 442,755 - 9 180,409	1031	0,060	3	0,100	0,51385787	-0,00040174	0,5142596
	9 180,409 - 13 811,850	796	0,046	2	0,067	2,55100092	-0,00547307	2,55647399
SPI	**-12,472 - -2,914**	30946	1,796	203	6,764	1,33107178	-0,05200791	1,38307969
	-2,914 - -1,463	155560	9,027	250	8,331	-0,08043407	0,00764066	-0,08807473
	-1,463 - -0,439	326223	18,931	205	6,831	-1,02041448	0,13936921	-1,15978369
	-0,439 - 0,499	913171	52,991	1100	36,654	-0,36912425	0,29887124	-0,66799549
	0,499 - 9,289	297358	17,256	1243	41,420	0,87806333	-0,3458646	1,22392793

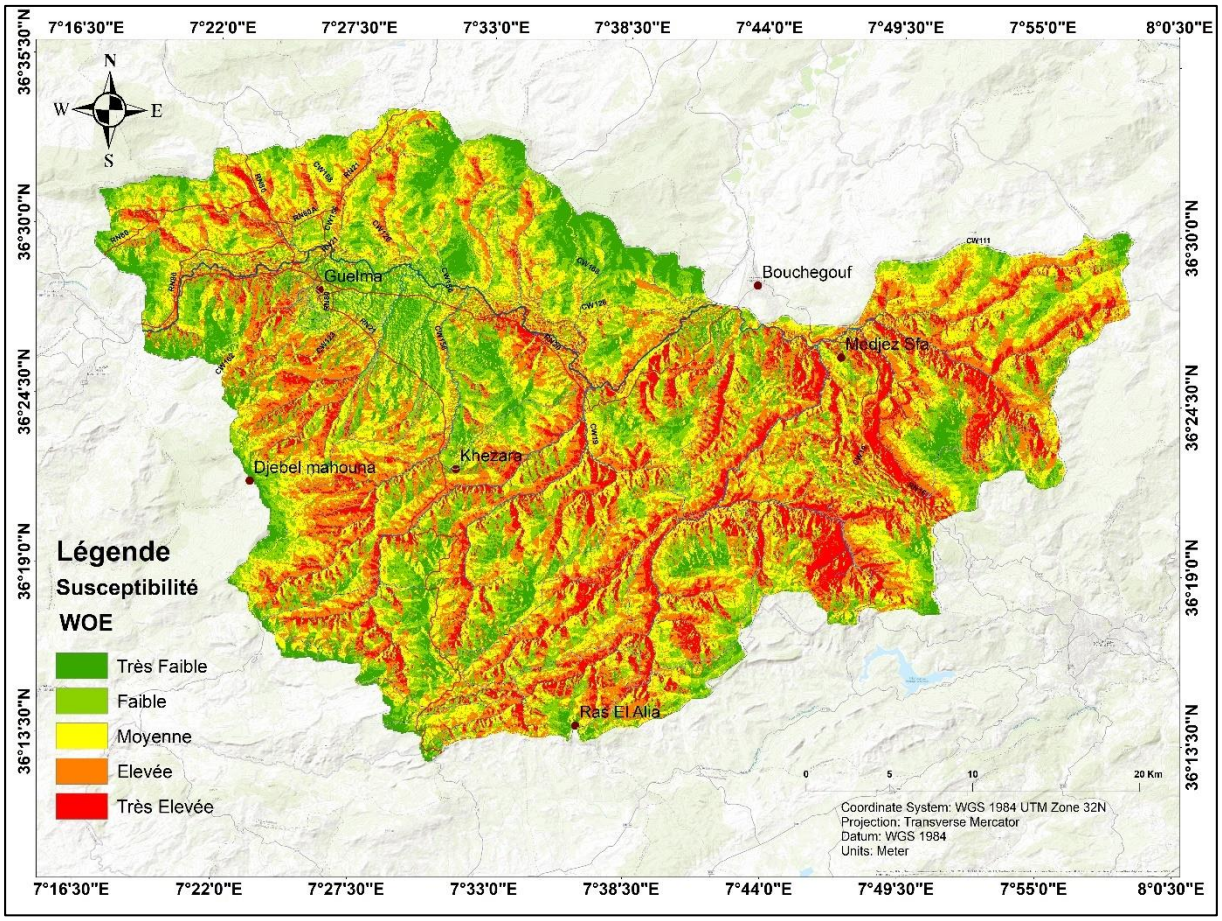


Figure V.44 : Carte de la susceptibilité aux glissements de terrain, en utilisant le modèle « WOE ».

La carte LSM_{WOE} est reclassée par la méthode de classification des ruptures naturelles (Natural Breaks) afin de préparer la carte de susceptibilité aux glissements de terrain de la zone d'étude (Fig.V44). Ensuite, les valeurs LSI ont été classées dans cinq zones de susceptibilité de Très faible (-32,99- -15,88), faible (-15,88- -10,59), moyenne (-10,59- -5,90), élevée (-5,90- -0,81), très élevée (-0,81- 18,94).

Tableau V.10 : les cinq classes de la susceptibilité aux glissements de terrain

WOE			
N°	**Classes de la susceptibilité**	**Superficie de classes (%)**	**Glissements de terrain (%)**
01	Très Faible	11,51	4,45
02	Faible	23,77	17,91
03	Moyenne	28,18	33,60
04	Elevée	23,70	19,88
05	Très Elevée	12,83	24,14

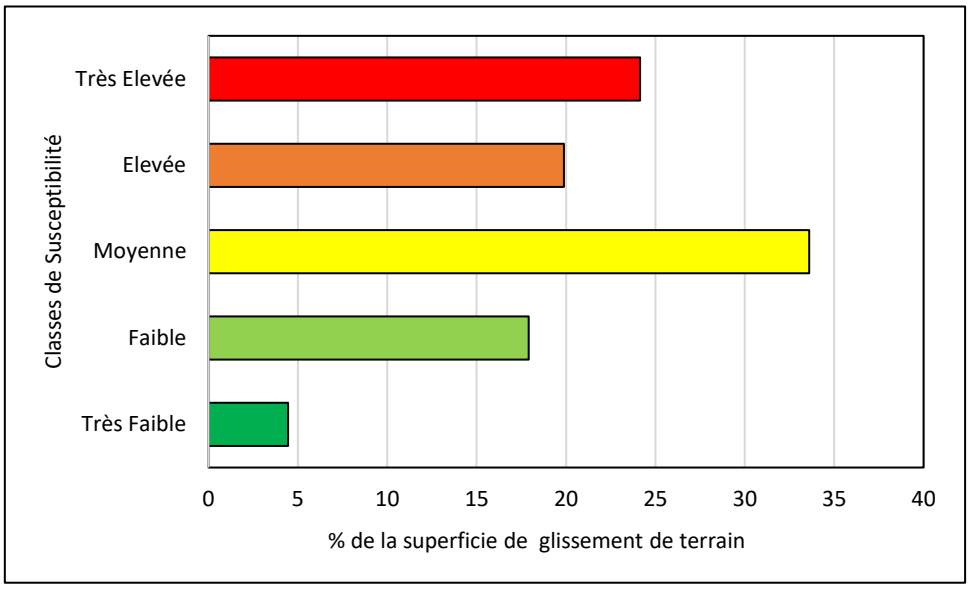


Figure V.45 : Un graphique à barres représente les zones des glissements de terrain par rapport au susceptibilité généré par le modèle « WOE ».

3.4.2. Application de la méthode Rapport de Fréquence (FR) :

Après le calcul du rapport de fréquence pour chaque classe de facteur de glissement de terrain à l'aide de Microsoft Excel et du SIG, la valeur du rapport de fréquence pour chaque classe de facteur attribuée via la jointure dans l'logiciel ArcGIS10.8. Ensuite, les facteurs de glissement de terrain pondérés ont été rastérisés en utilisant l'outil analyse spatiale. Les rapports de fréquences sont indiqués dans le tableau V.11.

L'indice de susceptibilité aux glissements de terrain (LSI) de la zone d'étude est calculé en récapitulant soigneusement les cartes matricielles pondérées en utilisant l'outil Raster Calculator en ''Map Algebra'' de l'outil d'analyse spatiale. Pour obtenir l'indice de susceptibilité aux glissements de terrain.

L'indice de susceptibilité aux glissements de terrain indiquait le degré de susceptibilité de la zone aux glissements de terrain.

$$LSI = \sum_{i=1}^{n} FRi.Xi$$

Ou LSI est l'indice de susceptibilité aux glissements de terrain, n est le nombre de facteurs de causalité, FRi est le rapport de fréquence de chaque type ou classe de facteur de glissement de terrain et Xi est le facteur de glissement de terrain

$$\mathbf{LSM_{FR}} = FR_{\text{Lithologie}} \times \text{raster}_{\text{Lithologie}} + FR_{\text{Précipitation}} \times \text{raster}_{\text{Précipitation}} + FR_{\text{Plan de courbure}} \times \text{raster}_{\text{Plan de courbure}} + FR_{\text{Angle de pente}} \times \text{raster}_{\text{Angle de pente}} + FR_{\text{Aspect de pente}} \times \text{raster}_{\text{Aspect de pente}} + FR_{\text{Distance aux failles}} \times \text{raster}_{\text{Distance aux failles}} + FR_{\text{Distance aux routes}} \times \text{raster}_{\text{Distance aux routes}} + FR_{\text{Distance aux oueds}} \times \text{raster}_{\text{Distance aux oueds}} + FR_{\text{hypsométrie}} \times \text{raster}_{\text{hypsométrie}} + FR_{\text{TWI}} \times \text{raster}_{\text{TWI}} + FR_{\text{SPI}} \times \text{raster}_{\text{SPI}}$$

Tableau V.11 : Relation spatiale entre chaque facteur de causalité et glissements de terrain en utilisant le rapport de fréquence (FR).

Paramètres	Classes	Superficie des classes (pixels)	% des classes (pixels)	Glissements de terrain (pixels)	% des glissements de terrain (pixels)	FR
Lithologie	**CL1**	453252	26,303	1264	41,882	1,592
	CL2	353564	20,518	415	13,751	0,670
	CL3	191182	11,094	452	14,977	1,350
	CL4	199284	11,565	313	10,371	0,897
	CL5	368721	21,397	338	11,199	0,523
	CL6	157221	9,124	236	7,820	0,857
Précipitation (mm)	**580-600**	75117	4,354	16	0,533	0,122
	600-650	972623	56,370	915	30,490	0,541
	650-700	316183	18,325	1123	37,421	2,042
	700-750	182560	10,581	225	7,498	0,709
	750-820	178929	10,370	722	24,059	2,320
Gradient de pente (°)	**0-10**	470016	27,275	234	7,792	0,286
	10-20	596172	34,596	601	20,013	0,578
	20-30	406779	23,605	806	26,840	1,137
	30-40	190115	11,032	695	23,144	2,098
	40-63	60176	3,492	667	22,211	6,361
Hypsométrie (m)	**95-325**	446746	25,924	553	18,421	0,711
	325-555	554204	32,160	1031	34,344	1,068
	555-785	342963	19,902	711	23,684	1,190
	785-1015	243701	14,142	508	16,922	1,197
	1015-1404	135644	7,871	199	6,629	0,842
Distance aux failles (m)	**0-1000**	1151926	66,762	2212	73,709	1,104
	1000-2000	320485	18,574	500	16,661	0,897
	2000-3000	161006	9,331	236	7,864	0,843
	3000-4000	25441	1,474	41	1,366	0,927
	4000-5601	66554	3,857	12	0,400	0,104
	0-1000	645813	37,429	1790	59,647	1,594

Distance au réseau hydrographique (m)	**1000-1500**	585420	33,929	832	27,724	0,817
	1500-2000	341463	19,790	308	10,263	0,519
	2000-2500	121875	7,064	63	2,099	0,297
	2500-3093	30841	1,787	8	0,267	0,149
Distance aux routes (m)	**0-500**	697874	40,447	1558	51,916	1,284
	500-1000	577278	33,457	959	31,956	0,955
	1000-1500	284404	16,483	286	9,530	0,578
	1500-2000	120585	6,989	153	5,098	0,729
	2000-5197	45271	2,624	45	1,500	0,572
Aspect de pente	**North (-1-39,08)**	211841	12,293	453	15,090	1,228
	Northeast (39,08-79,17)	187043	10,854	279	9,294	0,856
	East (79,17-119,25)	194989	11,315	127	4,231	0,374
	Southeast (119,25-159,34)	191674	11,123	123	4,097	0,368
	South (159,34-199,42)	188654	10,948	115	3,831	0,350
	Southwest (199,42-239,50)	161355	9,363	229	7,628	0,815
	West (239,50-279,59)	174514	10,127	455	15,157	1,497
	Northwest (279,59-319,67)	195286	11,332	655	21,819	1,925
	North (319,67-360)	217902	12,645	566	18,854	1,491
Plan de Courbure	**-7,371329 - -0,335328**	354460	20,569	943	31,412	1,527
	-0,335328 - 0,355708	1010265	58,625	1423	47,402	0,809
	0,355708 - 8,648139	358533	20,806	636	21,186	1,018
TWI	**-6 907,754 - 730,060**	1712235	99,360	2985	99,401	1,000
	730,060 - 2 680,140	6581	0,382	6	0,200	0,523
	2 680,140 - 5 442,755	2615	0,152	7	0,233	1,536
	5 442,755 - 9 180,409	1031	0,060	3	0,100	1,670
	9 180,409 - 13 811,850	796	0,046	2	0,067	1,442
SPI	**-12,472 - -2,914**	30946	1,796	203	6,764	3,767
	-2,914 - -1,463	155560	9,027	250	8,331	0,923
	-1,463 - -0,439	326223	18,931	205	6,831	0,361
	-0,439 - 0,499	913171	52,991	1100	36,654	0,692
	0,499 - 9,289	297358	17,256	1243	41,420	2,400

Dans cette analyse, FR nous a permis d'effectuer un modèle de susceptibilité de glissement de terrain dans la zone d'étude, montrant l'importance de chaque paramètre dans la survenance de cet événement et le poids relatif de la classe de chaque paramètre.

Plus la valeur de l'indice de susceptibilité aux glissements de terrain (LSI) est élevée, plus la probabilité d'occurrence des glissements de terrain est élevée, mais plus le LSI est faible, réduire la probabilité d'un glissement de terrain. Selon la classification des ruptures naturelles, la carte de susceptibilité aux glissements de terrain de la zone d'étude comporte cinq classes, dont la classe de susceptibilité aux glissements de terrain très faible, faible, modérée, élevée et très élevée (Figure V.46).

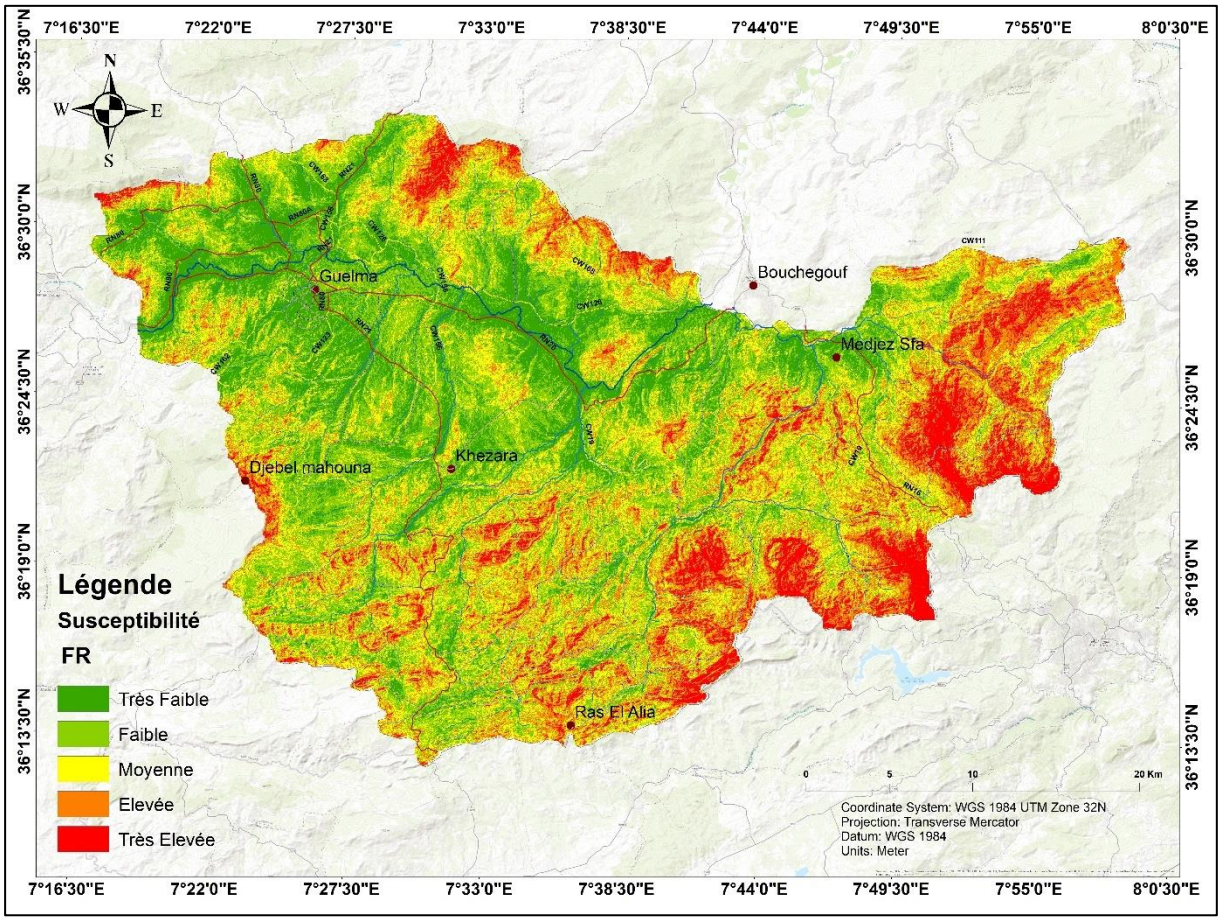


Figure V.46 : Carte de la susceptibilité aux glissements de terrain, en utilisant le modèle « FR».

Tableau V.12: les cinq classes de la susceptibilité aux glissements de terrain.

FR			
N°	**Classes de la susceptibilité**	**Superficie de classes (%)**	**Glissements de terrain (%)**
01	Très Faible	18,26	6,72
02	Faible	29,88	22,59
03	Moyenne	25,72	31,58
04	Elevée	18,15	28,28
05	Très Elevée	7,99	10,83

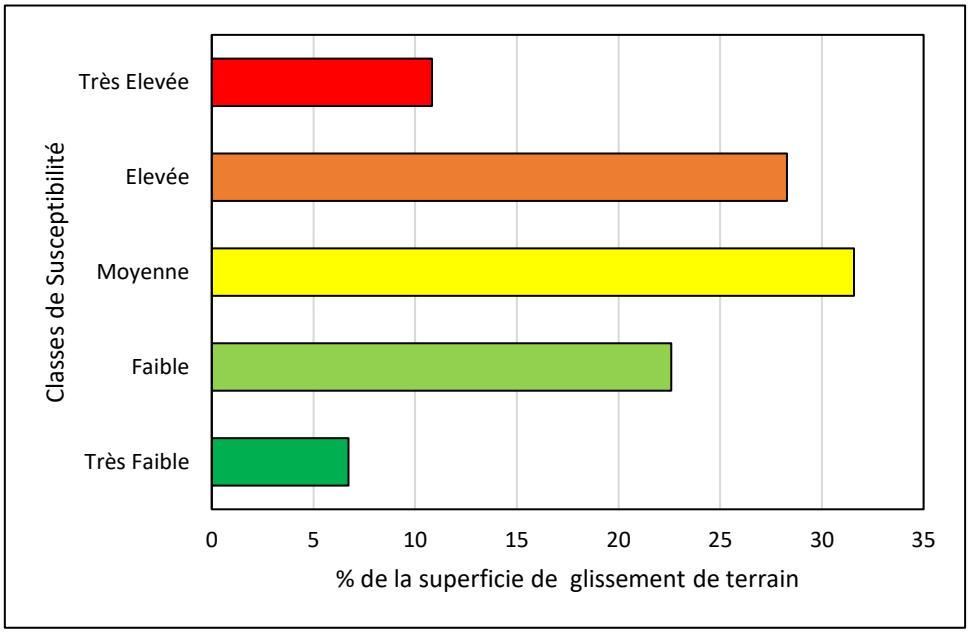


Figure V.47: Un graphique à barres représente les zones des glissements de terrain par rapport au susceptibilité générée par le modèle « FR ».

3.4.3 Application de la méthode Entropie de Shannon :

La densité (Pij) des glissements de terrain dans chaque classe a été calculée. Les pondérations obtenues pour chaque carte thématique pour le modèle de l'SE sont présentées dans le tableau.

La somme de tous les facteurs de glissement de terrain pondérés donne la carte de susceptibilité finale en utilisant l'équation suivante :

$$LSI = \sum_{i=1}^{n} Wj \; x \; Xi$$

Où LSI est l'indice de susceptibilité aux glissements de terrain, Wj est le poids de chaque facteur de causalité, et Xi est le facteur de glissement de terrain.

LSM SE = $W_{j\ Lithologie}$ x raster $_{Lithologie}$ + $W_{j\ Précipitation}$ x raster $_{Précipitation}$ + $W_{j\ Plan\ de\ courbure}$ x raster $_{Plan\ de\ courbure}$ + $W_{j\ Angle\ de\ pente}$ x raster $_{Angle\ de\ pente}$ + $W_{j\ Aspect\ de\ pente}$ x raster $_{Aspect\ de\ pente}$ + $W_{j\ Distance\ aux\ failles}$ x raster $_{Distance\ aux\ failles}$ + $W_{j\ Distance\ aux\ routes}$ x raster $_{Distance\ aux\ routes}$ + $W_{j\ Distance\ aux\ oueds}$ x raster $_{Distance\ aux\ oueds}$ + $W_{j\ hypsométrie}$ x raster $_{hypsométrie}$ + $W_{j\ TWI}$ x raster $_{TWI}$ + $W_{j\ SPI}$ x raster $_{SPI}$

Tableau V.13 : Relation spatiale entre chaque facteur de causalité et glissements de terrain selon le modèle SE.

Facteurs	Classes	Superficie des classes (pixels)	% des classes (pixels)	Glissements de terrain (pixels)	% des glissements de terrain (pixels)	FR	Pij	Eij	Hij=1-Eij	Wj (%)
Lithologie	**CL1**	453252	26,303	1264	41,882	1,592	0,27035	-0,15358	1,747	0,097
	CL2	353564	20,518	415	13,751	0,670	0,11379	-0,10741		
	CL3	191182	11,094	452	14,977	1,350	0,22920	-0,14664		
	CL4	199284	11,565	313	10,371	0,897	0,15226	-0,12446		
	CL5	368721	21,397	338	11,199	0,523	0,08887	-0,09342		
	CL6	157221	9,124	236	7,820	0,857	0,14552	-0,12181		
Précipitation (mm)	**580-600**	75117	4,354	16	0,533	0,122	0,02136	-0,03568	1,563	0,087
	600-650	972623	56,370	915	30,490	0,541	0,09433	-0,09672		
	650-700	316183	18,325	1123	37,421	2,042	0,35613	-0,15969		
	700-750	182560	10,581	225	7,498	0,709	0,12358	-0,11222		
	750-820	178929	10,370	722	24,059	2,320	0,40460	-0,15900		
Angle de pente (°)	**0-10**	470016	27,275	234	7,792	0,286	0,02731	-0,04271	1,488	0,083
	10-20	596172	34,596	601	20,013	0,578	0,05531	-0,06953		
	20-30	406779	23,605	806	26,840	1,137	0,10871	-0,10477		
	30-40	190115	11,032	695	23,144	2,098	0,20056	-0,13994		
	40-63	60176	3,492	667	22,211	6,361	0,60811	-0,13136		
Altitude (m)	**95-325**	446746	25,924	553	18,421	0,711	0,14191	-0,12034	1,691	0,094
	325-555	554204	32,160	1031	34,344	1,068	0,21327	-0,14312		
	555-785	342963	19,902	711	23,684	1,190	0,23766	-0,14831		
	785-1015	243701	14,142	508	16,922	1,197	0,23897	-0,14856		
	1015-1404	135644	7,871	199	6,629	0,842	0,16819	-0,13021		
Distance aux failles (m)	**0-1000**	1151926	66,762	2212	73,709	1,104	0,28499	-0,15537	1,637	0,091
	1000-2000	320485	18,574	500	16,661	0,897	0,23154	-0,14711		
	2000-3000	161006	9,331	236	7,864	0,843	0,21754	-0,14411		
	3000-4000	25441	1,474	41	1,366	0,927	0,23917	-0,14860		
	4000-5601	66554	3,857	12	0,400	0,104	0,02676	-0,04208		
Distance aux rivières	**0-1000**	645813	37,429	1790	59,647	1,594	0,47208	-0,15389	1,581	0,088
	1000-1500	585420	33,929	832	27,724	0,817	0,24206	-0,14913		

(m)	**1500-2000**	341463	19,790	308	10,263	0,519	0,15363	-0,12498		
	2000-2500	121875	7,064	63	2,099	0,297	0,08804	-0,09291		
	2500-3093	30841	1,787	8	0,267	0,149	0,04418	-0,05985		
Distance aux routes (m)	**0-500**	697874	40,447	1558	51,916	1,284	0,31171	-0,15780	1,677	0,093
	500-1000	577278	33,457	959	31,956	0,955	0,23195	-0,14720		
	1000-1500	284404	16,483	286	9,530	0,578	0,14041	-0,11971		
	1500-2000	120585	6,989	153	5,098	0,729	0,17715	-0,13316		
	2000-5197	45271	2,624	45	1,500	0,572	0,13879	-0,11903		
Aspect de pente	**North (-1-39,08)**	211841	12,293	453	15,090	1,228	0,13787	-0,11864	1,886	0,105
	Northeast (39,08-79,17)	187043	10,854	279	9,294	0,856	0,09617	-0,09780		
	East (79,17-119,25)	194989	11,315	127	4,231	0,374	0,04199	-0,05782		
	Southeast (119,25-159,34)	191674	11,123	123	4,097	0,368	0,04137	-0,05723		
	South (159,34-199,42)	188654	10,948	115	3,831	0,350	0,03930	-0,05524		
	Southwest (199,42-239,50)	161355	9,363	229	7,628	0,815	0,09150	-0,09503		
	West (239,50-279,59)	174514	10,127	455	15,157	1,497	0,16809	-0,13018		
	Northwest (279,59-319,67)	195286	11,332	655	21,819	1,925	0,21624	-0,14381		
	North (319,67-360)	217902	12,645	566	18,854	1,491	0,16747	-0,12997		
Plan de Courbure	**-7,371329 - -0,335328**	354460	20,569	943	31,412	1,527	0,45533	-0,15557	1,462	0,081
	-0,335328 - 0,355708	1010265	58,625	1423	47,402	0,809	0,24107	-0,14895		
	0,355708 - 8,648139	358533	20,806	636	21,186	1,018	0,30360	-0,15717		
Twi	**-6 907,754- 730,060**	1712235	99,360	2985	99,401	1,000	0,16211	-0,12810	1,670	0,093
	730,060 - 2 680,140	6581	0,382	6	0,200	0,523	0,08478	-0,09086		
	2 680,140 - 5 442,755	2615	0,152	7	0,233	1,536	0,24891	-0,15033		
	5 442,755 - 9 180,409	1031	0,060	3	0,100	1,670	0,27057	-0,15361		
	9 180,409 - 13 811,850	796	0,046	2	0,067	1,442	0,23363	-0,14753		
Spi	**-12,472 - -2,914**	30946	1,796	203	6,764	3,767	0,46261	-0,15488	1,569	0,087
	-2,914 - -1,463	155560	9,027	250	8,331	0,923	0,11334	-0,10717		
	-1,463 - -0,439	326223	18,931	205	6,831	0,361	0,04432	-0,05998		
	-0,439 - 0,499	913171	52,991	1100	36,654	0,692	0,08495	-0,09097		
	0,499 - 9,289	297358	17,256	1243	41,420	2,400	0,29479	-0,15638		

Dans cette étude, le résultat final du modèle d'indice d'entropie (IE) est la carte LSM_{SE}, où les valeurs LSI varient de 1,30 à 3,99. Selon la classification des ruptures naturelles, la carte de susceptibilité aux glissements de terrain de la zone d'étude comporte cinq classes : Très faible, faible, modérée, élevée, très élevée (Figure V.46).

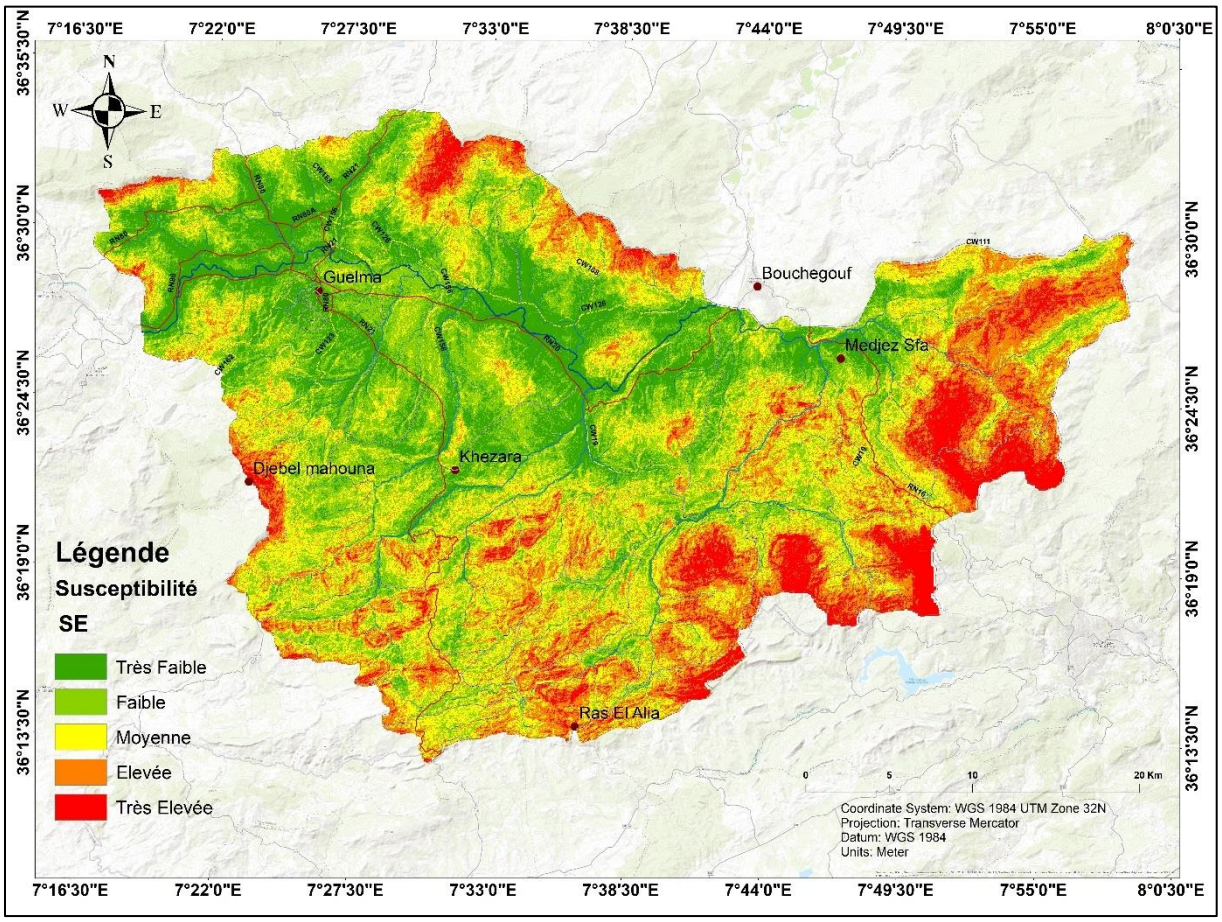


Figure V.48 : Carte de la susceptibilité aux glissements de terrain, en utilisant le modèle « SE».

Tableau V.14 : les cinq classes de la susceptibilité aux glissements de terrain

SE			
N°	**Classes de la susceptibilité**	**Superficie de classes (%)**	**Glissements de terrain (%)**
01	Très Faible	18,86	3,84
02	Faible	28,04	18,79
03	Moyenne	26,39	35,96
04	Elevée	18,89	32,18
05	Très Elevée	7,83	9,23

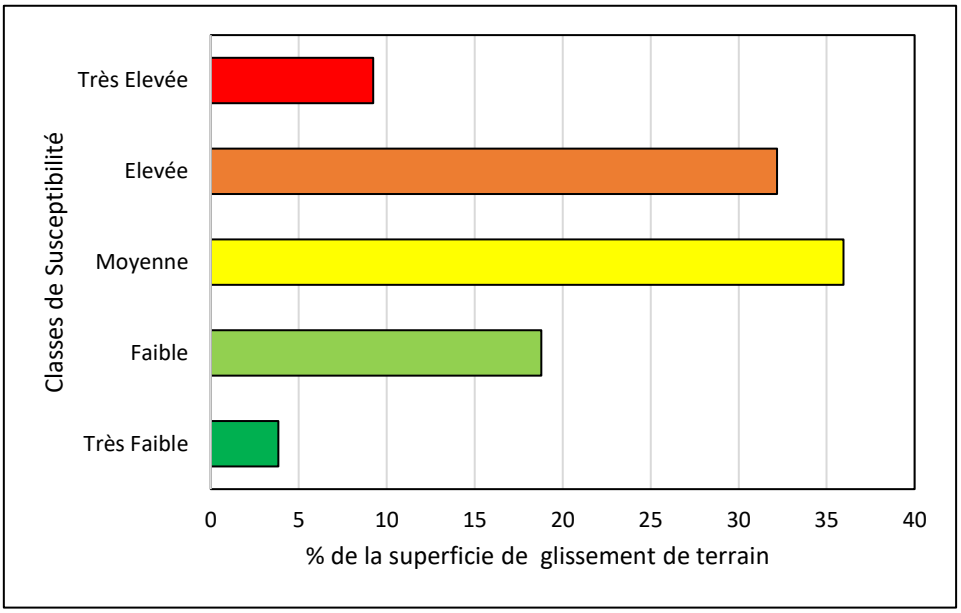


Figure V.49 : Un graphique à barres représente les zones des glissements de terrain par rapport au susceptibilité générée par le modèle « SE »

3.5. Validation des modèles :

Les cartes de la susceptibilité aux glissements de terrain obtenue par les trois méthode WOE, FR et SE sont reclassifiées par la méthode des discontinuités naturelles. Cela s'explique par la valeur de la sensibilité et celle de 1 – spécificité de l'AUC en question, et qui sont respectivement 0.868 (86.8 %), 0.910 (91 %) et 0.902 (90.2 %).

Les résultats de la modélisation des valeurs AUC de la courbe ROC obtiennent par les méthodes de WOE, FR et SE montrent que les trois modèles utilisés, ont la capacité de prédiction assez élevée, pour la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain. Mais lors de la comparaison entre les trois modèles, basé sur les valeurs de l'AUC, la carte produite par la méthode de FR présenté le meilleur résultat pour la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain dans la région d'étude.

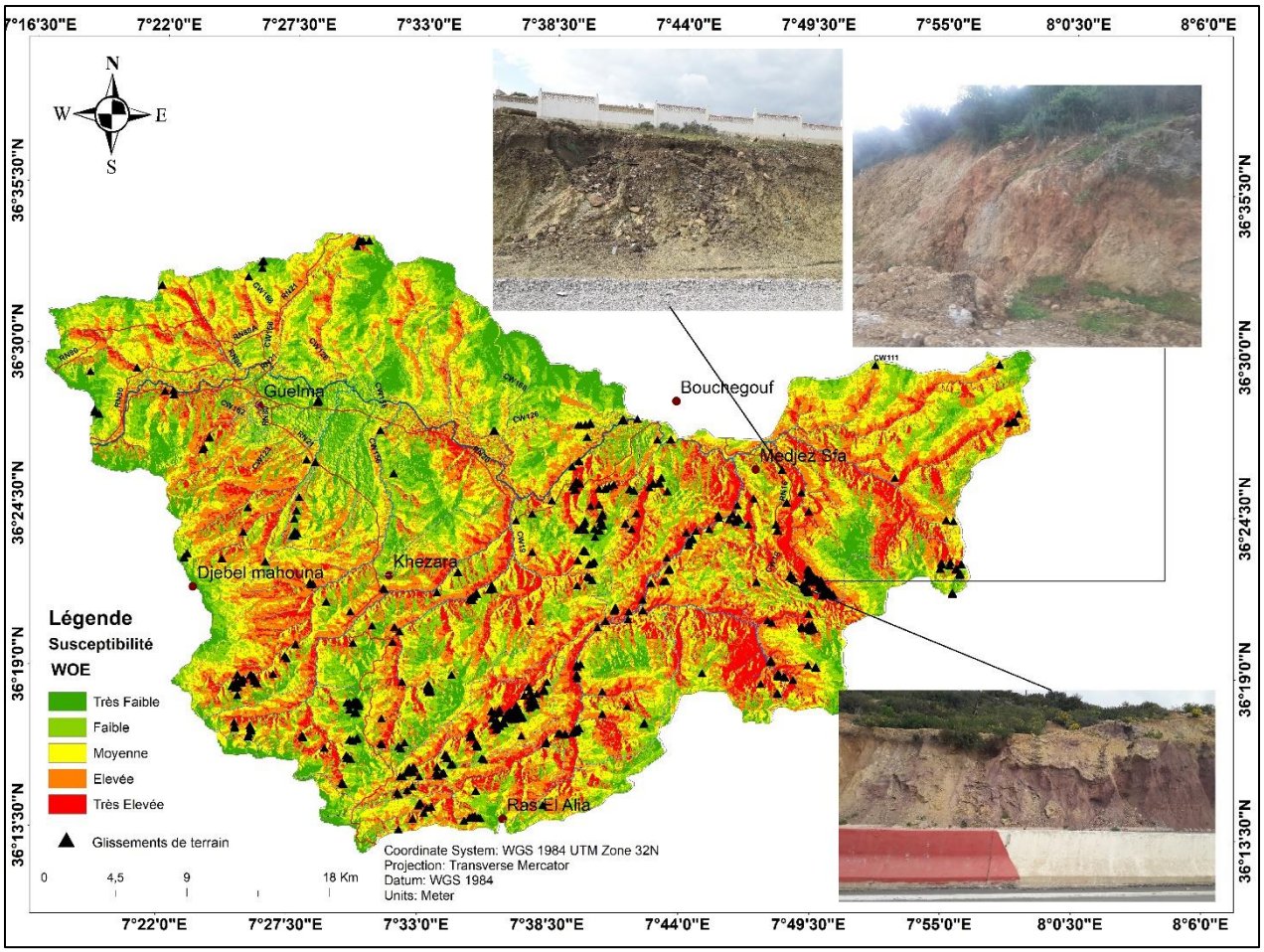


Figure V.50 : Validation de la carte de la susceptibilité aux glissements de terrain « WOE ».

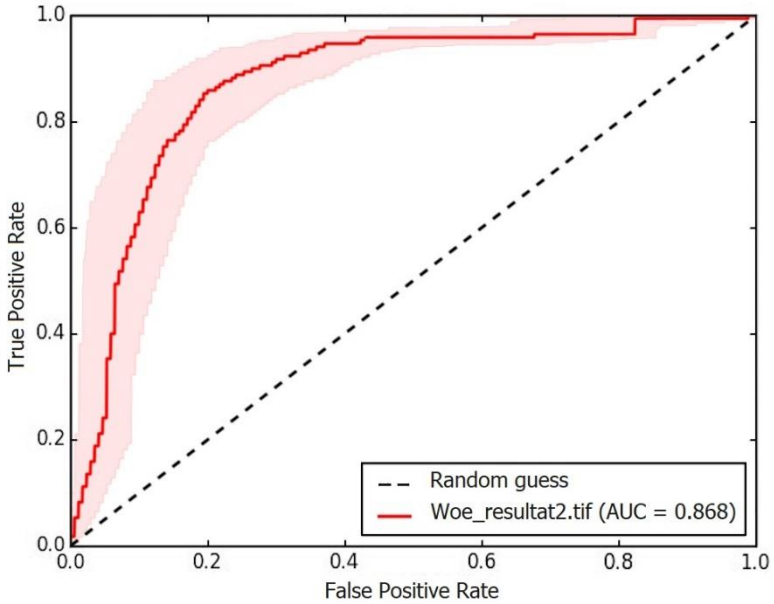


Figure V.51 : La courbe AUC représentant la qualité du modèle WoE.

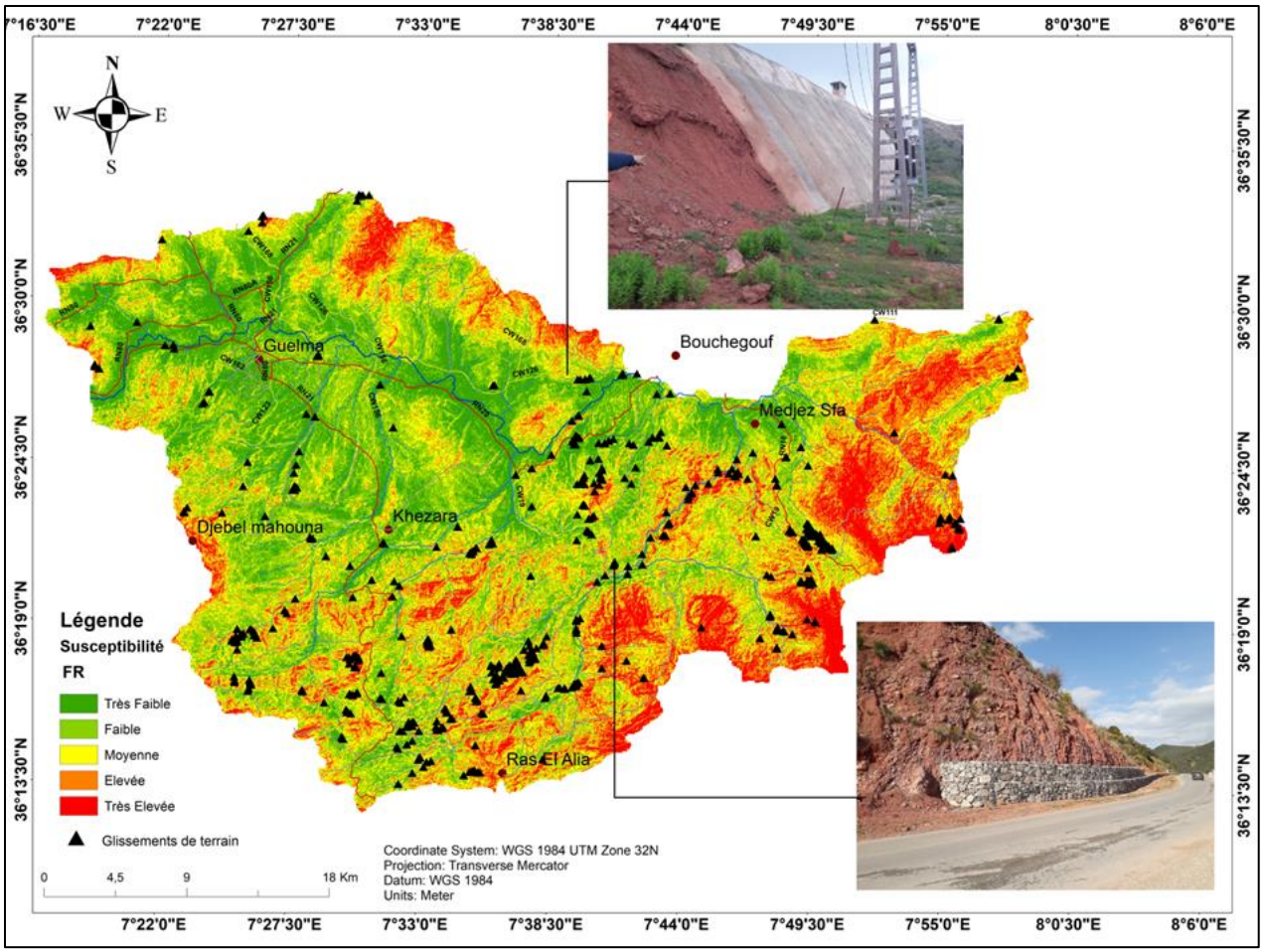


Figure V.52 : Validation de la Carte de la susceptibilité aux glissements de terrain « FR ».

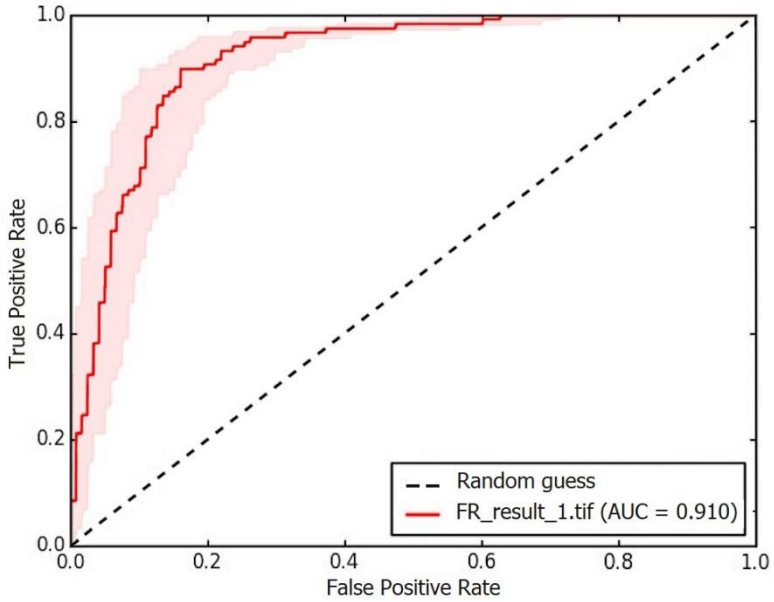


Figure V.53 : La courbe AUC représentant la qualité du modèle FR.

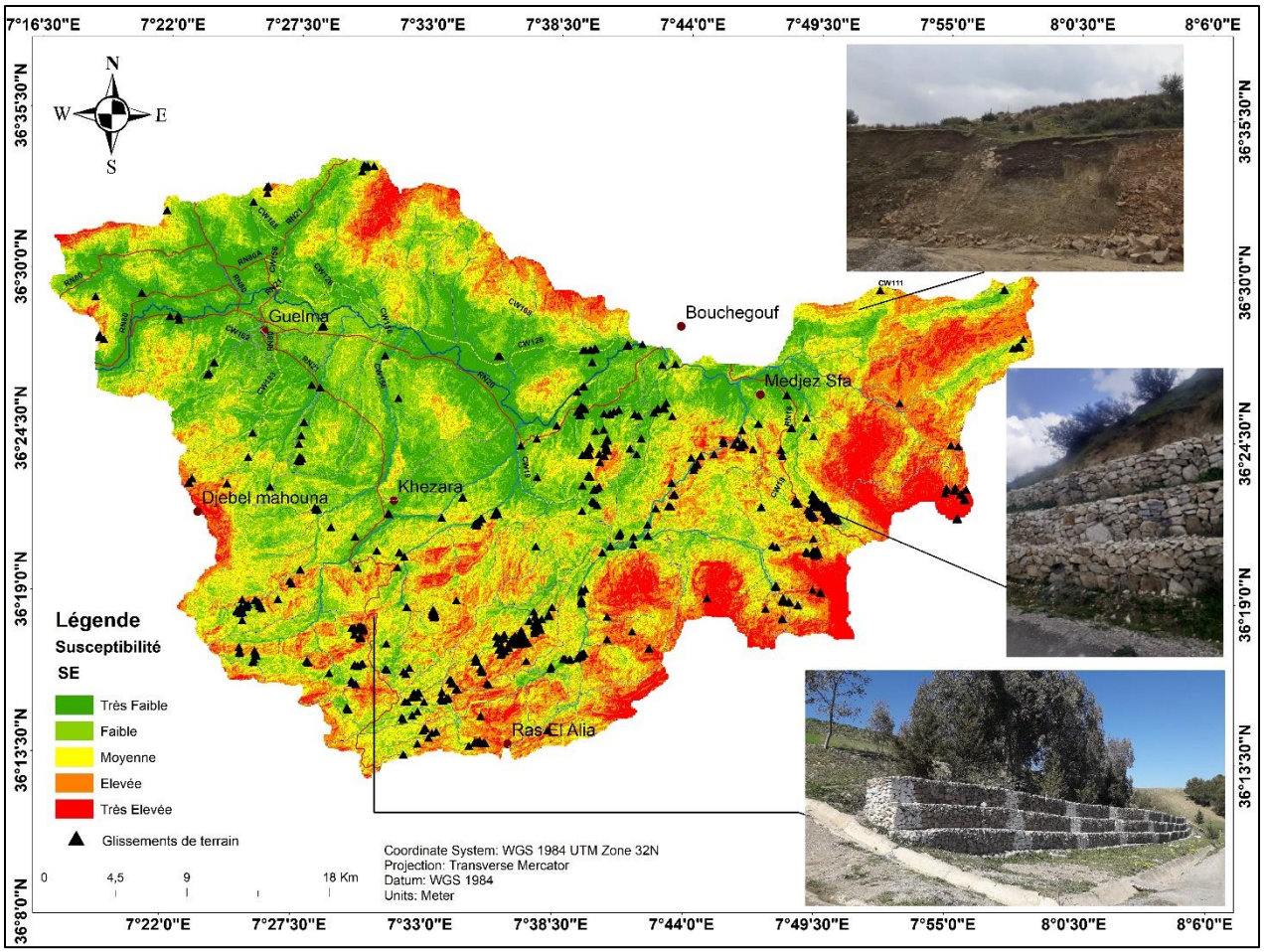


Figure V.54 : Validation de la Carte de la susceptibilité aux glissements de terrain « SE ».

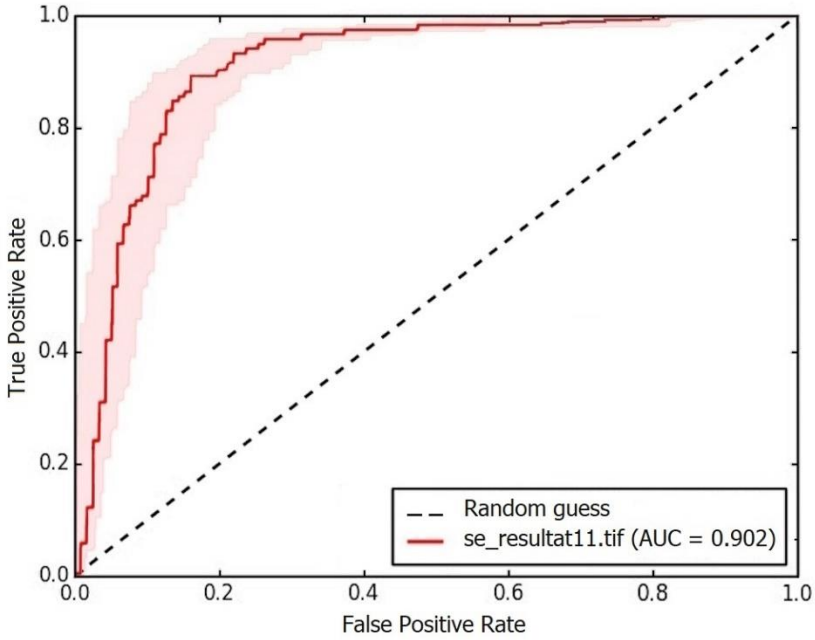


Figure V.55 : La courbe AUC représentant la qualité du modèle (SE).

4. Evaluation de la susceptibilité à grande échelle par approche géomorphologique :

Le zonage géomorphologique a été adopté, pour évaluer la susceptibilité aux glissements de terrain au niveau du tronçon de la RN16, Il s'agit d'une approche directe et qualitative qui a été choisie pour deux importantes raisons. La première est qu'elle est une des méthodes les plus appropriées pour l'évaluation de la susceptibilité à grande échelle.

La seconde c'est qu'elle est rapide et simple à mettre en œuvre, ce qui répond aux exigences en temps et moyens engagés pour le présent travail. Le zonage géomorphologique de la susceptibilité s'est déroulé en deux épisodes. D'abord sur le terrain où les zones de susceptibilité ont été directement délimitées sur le plan de la zone d'étude qui contient le tronçon de la route. Les travaux de terrain ont permis de relever les principales caractéristiques du secteur d'étude, ainsi que les informations nécessaires pour le zonage de la susceptibilité aux glissements de terrain.

4.1. Cadre géographique :

La zone géographique concernée par cette analyse correspond à la **RN16** sur **08** km entre la wilaya de Souk Ahras et la Wilaya de Guelma. Cette zone d'étude rencontre plusieurs points de glissement de terrain traduit visuellement sur la chaussée par des affaissements de différentes envergures.

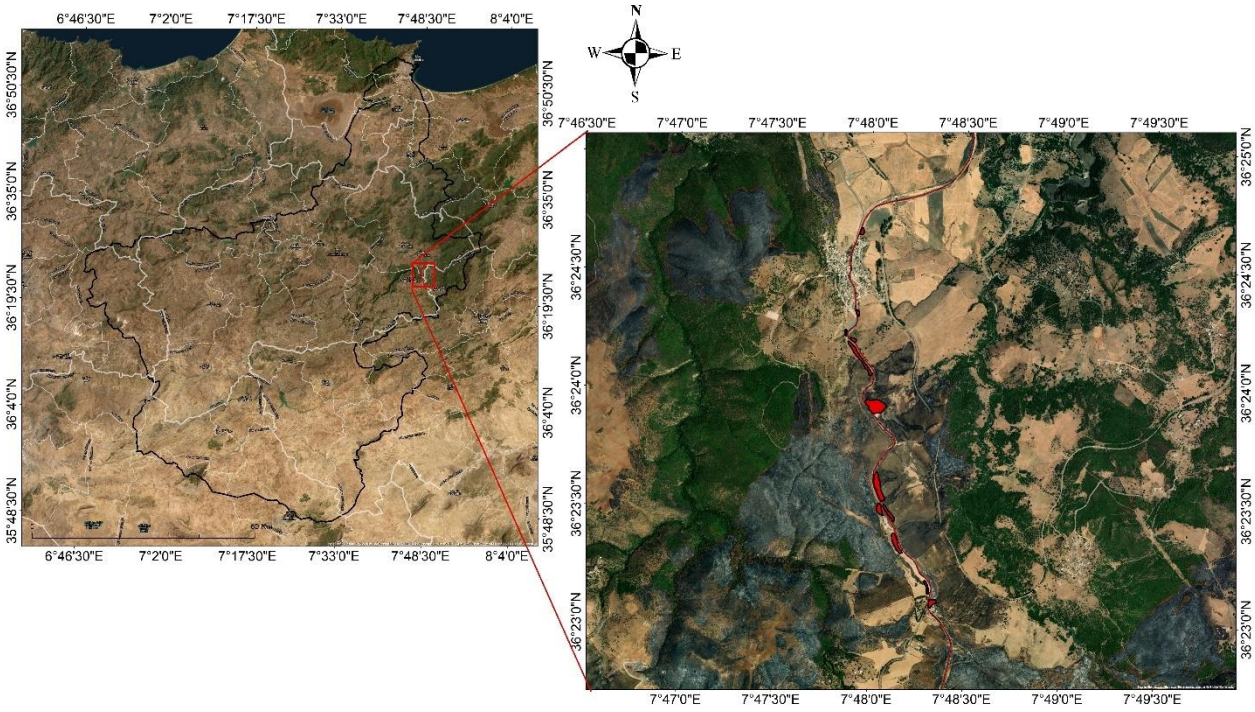


Figure V.56 : Localisation de la zone d'étude.

4.2. Cadre géologique et géomorphologique :

La zone instable concernée par notre étude se développe, principalement sur la partie de la nappe tellienne ; Elle est formée par un empilement de nappes et de chevauchements de grandes envergures. Schématiquement, la géologie provençale s'organise en trois grandes formations ;

- **Les formations Quaternaire :**

Au cours du Quaternaire, la Provence présente globalement le motif géomorphologique actuel. La sédimentation des éboulis colluviales (blocs et cailloux mouillés dans les argiles de la surface) associée aux principaux cours d'eau et la morphologie montagneuse sont cependant fortement influencées par les épisodes de glaciation.

- **Les formations Moi-pliocène :**

Comprend une sédimentation marine donne lieu à des dépôts marneux et d'argiles marneuses Blue- grisâtres a verdâtre à bancs minces de grès calcareux ou des calcaires marneuses, avec la présence des insertions minces gypseuses, des argiles rouges avec intercalation de marnes.

- **Les formations triasiques :**

Au Trias, la Provence fait intégralement partie du domaine exotique avec l'amorce d'une transgression marine, il est composé de ;

a- Le Trias inférieur

Est encore continental ; il est constitué de dépôts conglomératiques, puis d'une série de grès arkosiques.

b- Le Trias moyen

Est marqué par des faciès marins francs de plate-forme et des faciès lagunaires : alternance de séries calcaires, marneuses, dolomitiques et quelques fois salifères.

c- Le Trias supérieur

Le milieu sédimentaire perd son caractère marin franc et prend un Caractère évaporitique. On note :

- À la base : des marnes, cargneules et gypses ;
- puis : des marnes à gypse, des argiles bariolées plastiques à enclave de lignite et des dolomies stratifiées et des insertions magmatiques.
- En partie supérieure : des marnes gypseuses et des dolomies.

d- Le Trias terminal

Est caractérisé à nouveau par des dépôts marins (marnes, dolomies et calcaires).

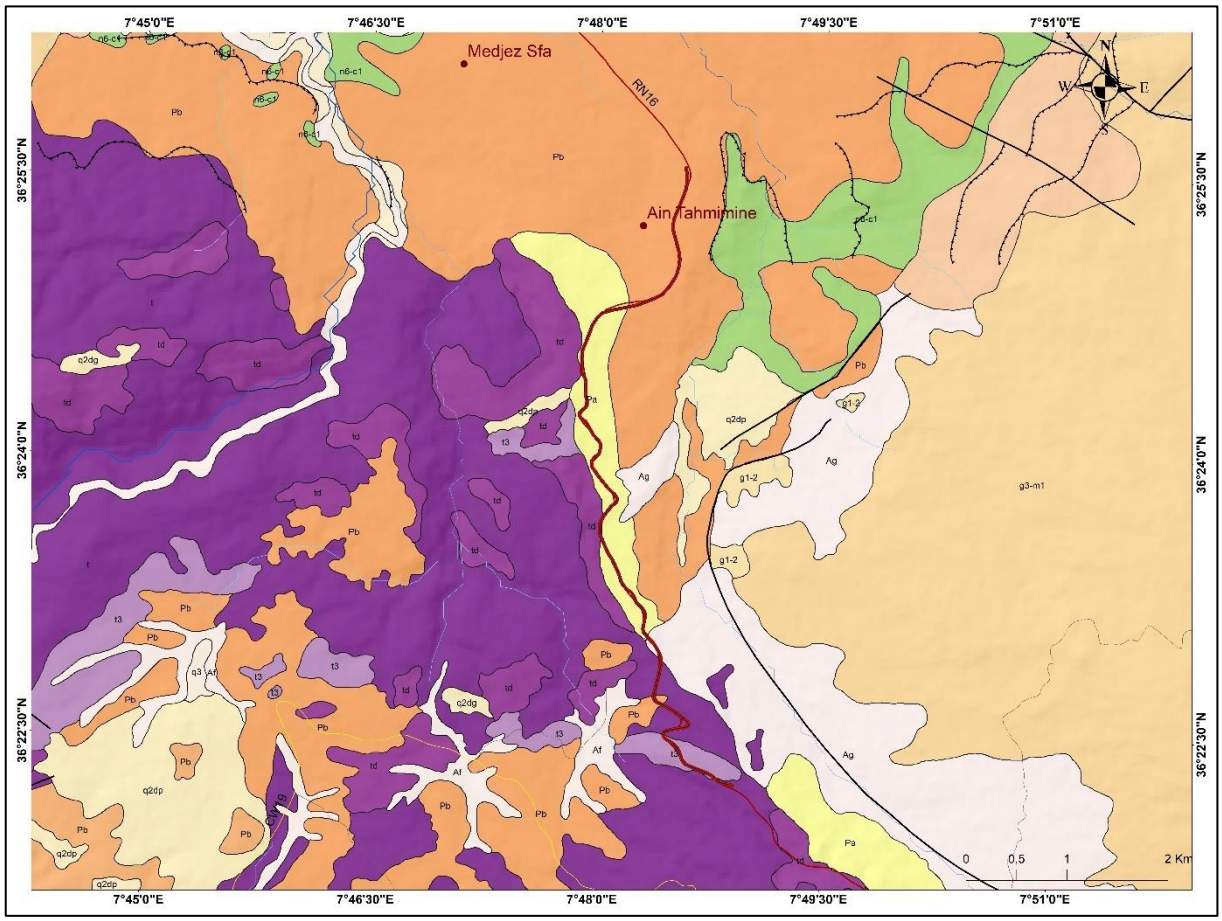


Figure V.57 : Carte géologique de la région d'étude

(Af) Alluvions Fluviales des terres submersibles, des basse terrasses galets, graviers, sables, limons sableux, limons. (Ag) Formations gravitationnelles Eboulis, blocs, abatis sables, limons.(q3) Alluvions des moyennes terrasses galets, graviers, sables.(q2dg) Formations déluvio-gravitationnelles éboulis de pente: brèches, cailloutis, sables, limons.(Pd) Argiles rouges, grès de poudingue, intercalation de marnes, de calcaires lacustres,(Pa) marnes argileuses, conglomérats, gravélites, (g3-m1) grès quartzeux à patine rousse, argile grises. (g1-2) argiles verdâtres(et4-5) Marnes noires, calcaires marneux, Argiles rouges, grès de poudingue, intercalation de marnes, de calcaires lacustres.(m1-2)grès ,marnes, conglomérats.(n6-c1)marnes argileuses noires.(t) Formations argilo-gypso-gréseuses à fragments et blocs de roches diverses.(td) dolomies et brèches dolomitiques grises, cargneules.(t3)alternances des grès, argilites et marnes rouges et bleuâtres.



Photo V.1 : Formation d'argile versicolore du Trias.



Photo V.2 : Affleurement du gypse dans les argiles de Trias.

D'un point de vue géomorphologique. La région d'étude caractérise par des sommets montagneux qui dominent et entourent la zone qui est bâtie à une altitude d'environ 670 m qui présentant aussi des pentes très raides variant de 20 % à plus de 40 %. Ce caractère montagneux conjugué à d'importantes précipitations (pluvieuses et neigeuses) expose cette zone aux phénomènes de glissements de terrain. Sur le plan hydrologique, le réseau hydrographique est assez dense. L'analyse des M.N.T (Model Numérique de Terrain) et les D.E.M (Digital Élévation Model) permettent de voir clairement les formes morphologiques du relief de la zone d'étude.

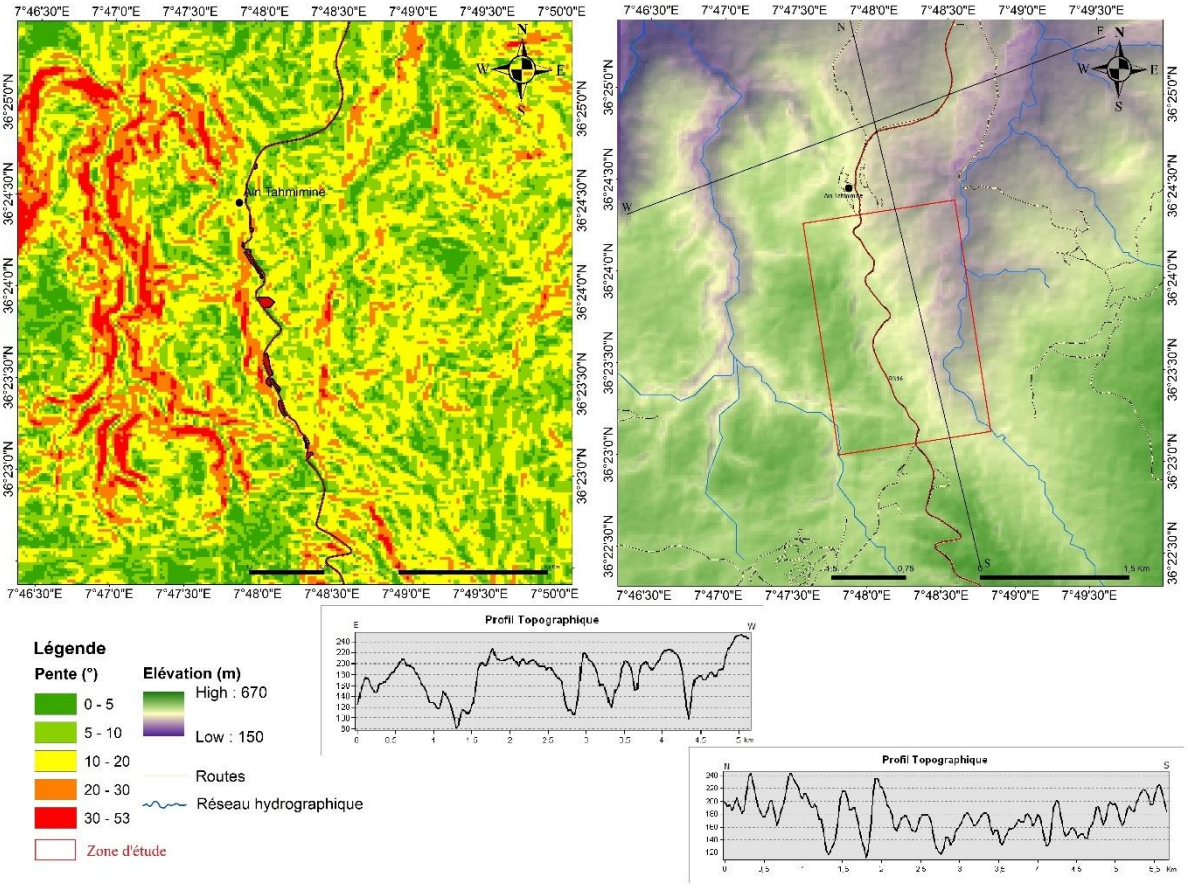


Figure V.58 : carte des pentes et le modèle numérique du terrain de la zone d'étude.

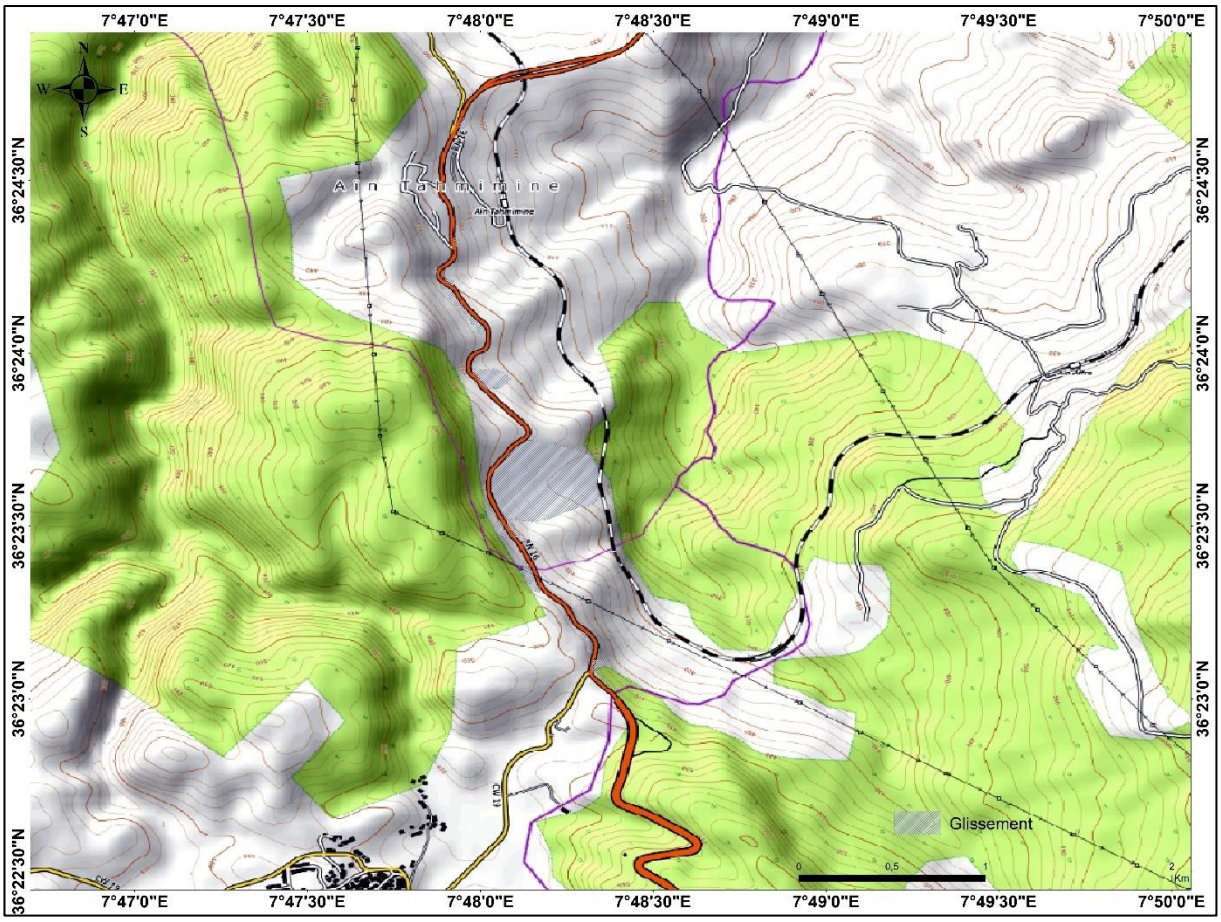


Figure 59 : carte topographique de site d'étude

4.3. Les instabilités liées à la géologie :

Les formations argileuses ou marneuses sont sujettes à des phénomènes d'instabilité. Lorsqu'ils sont fortement plastiques, ces matériaux, sensibles à l'eau, devront généralement être mis en dépôt ; leur réemploi éventuel en remblai ne pourra être envisagé qu'à l'appui d'études spécifiques.

Les argiles gypseuses gonflantes de type smectite, présentes notamment dans certains faciès du Trias supérieur et de Moi-pliocène, possèdent la propriété de varier de volume en fonction de leur teneur en eau. Ce comportement entraîne un risque de déformation différentielle pour les terrassements (déblai ou remblai). Il faudra alors envisager de purger en partie ou en totalité ces matériaux gonflants et d'assurer leur protection et/ou leur confinement. Dans les formations gypsifères du Trias et du Moi-pliocéne, la réutilisation des déblais en remblai est à proscrire compte tenu des risques d'évolution en

- Gonflement
- Dissolution

Dans les secteurs les plus gypsifères, il faudra s'assurer par des reconnaissances détaillées que les phénomènes de dissolution ne présentent pas de risque a grande ampleur.

Les formations marneuses, argileuses et évaporitiques (argiles bariolées à gypse et anhydrite) présentent un risque de fluage et de gonflement qui peut entraîner des instabilités de versants et des glissements de terrains. Ces formations sont bien représentées dans le Tertiaire (marnes bleues du Pliocène et de Miocène, marnes, argiles et gypse du Trias supérieur évaporitique).

4.4. Les Instabilités détectées sur le site :

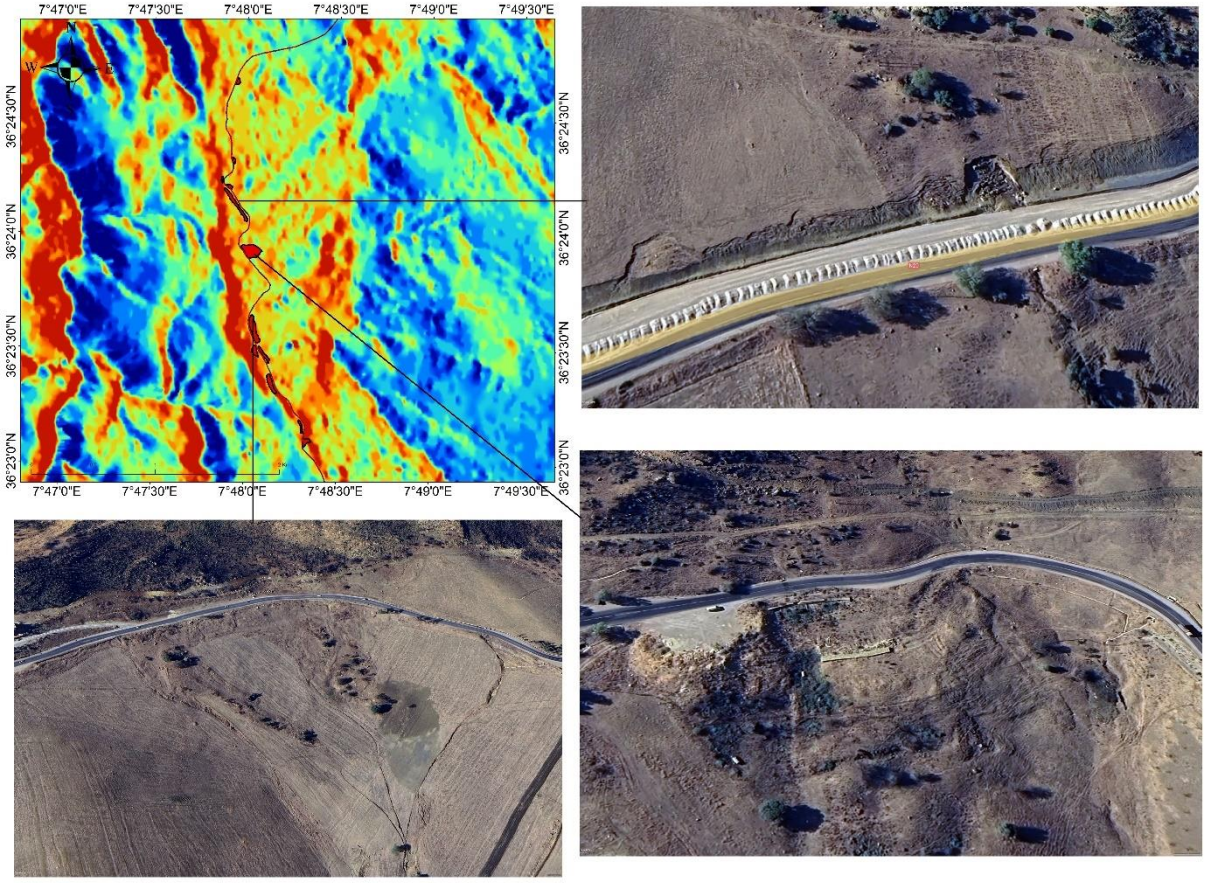


Figure V.60 : localisation de quelques instabilités par image satellitaire (Google Earth Pro).(36°24'8.61"N/ 7°47'56.25"E- 36°23'54.61"N/ 7°48'0.59"E- 36°23'32.14"N/ 7°48'4.38"E).





Photos V.3-V.4 : photos montrant l'état de la route.

(36°24'6.81"N/ 7°47'59.36"E)(36°24'5.49"N/ 7°47'58.92"E)

4.5. Causes et facteurs :

4.5.1. Causes naturelles :

a- Facteur géologique :

Il s'agit d'un ensemble de facteurs qui sont :

- La nature lithologique de la roche triasique affectée par un réseau de diaclases, créant des zones de faiblesses qui ont accéléré l'infiltration d'eau et l'humidification des niveaux d'argiles et des argiles marneuses du Moi-pliocéne.

- Les formations de couverture constituées par des matériaux d'altération en place surtout d'éboulis d'anciens glissements à matrice argileuse ; ces formations sont très sensibles à l'eau, donc vulnérables aux glissements.

- L'abondance des argiles dans les matériaux des versants est également un facteur négatif pour la stabilité en fonction de leurs caractéristiques géotechniques et minéralogiques. La résistance des matériaux argileux chute dès que la teneur en eau dépasse la teneur de l'eau liée, et l'apparition de l'eau libre. Les argiles passent d'un état solide à un état plastique, puis à un état liquide.

- La perte de résistance par remaniement : ce phénomène est important à considérer car les mouvements se sont produits à l'intérieur d'un secteur instable, constitué d'un front de

chevauchement et qui était le siège des mouvements, ayant déjà fonctionné dans le passé ; ce qui a provoqué nécessairement un remaniement du milieu.

b- Action de la forte pente :

Le relief de cette région est actif, accidenté et morcelé, montrant une orographie forte et démembrée. Le potentiel d'instabilité induit par les caractéristiques climatiques et géomorphologiques de la région est encore accentué par la vigueur du relief. Les pentes sont fortes, aussi, les dénivelées sont partout importantes.

c- Action pluviale :

Toutes les instabilités étudiées se sont déclenchées ou réactivées au cours des hivers, suite à des précipitations exceptionnellement intenses. Les pluies ont provoqué une imbibition profonde des argiles des formations du versant et ont déclenché de façon lente ou brutale le déplacement des quantités considérables de matériaux à travers le versant.

4.5.2. Causes anthropiques :

L'action humaine a contribué au déclenchement des mouvements par les interventions

a- Aménagement de talus de remblais :

Sur pentes sans redans dans la pente du terrain naturel sont clairement posés particulièrement sur la formation d'argile plastique, moyennement consistante.

b- Le chargement cyclique du trafic :

Les vibrations des passages répétés des véhicules notamment des poids lourds. Surtout lorsqu'il s'agit d'une route d'important trafic et traversant un versant, potentiellement instable dans son ensemble.

c- Le reboisement :

Et la mise en agriculture de versants en pente forte contribue à la viscosité et au glissement des sols.

d- La surcharge :

Due à la masse du remblai et à l'implantation des ouvrages de confortement sont à l'origine des mouvements par dégradation mécanique du matériau suite au tassement. Le dépôt du remblai sur des emplacements mal choisis ainsi que les recharges répétées ne font qu'aggraver la situation et diminuer la sécurité.

4.6. Résultats de susceptibilité au site d'étude :

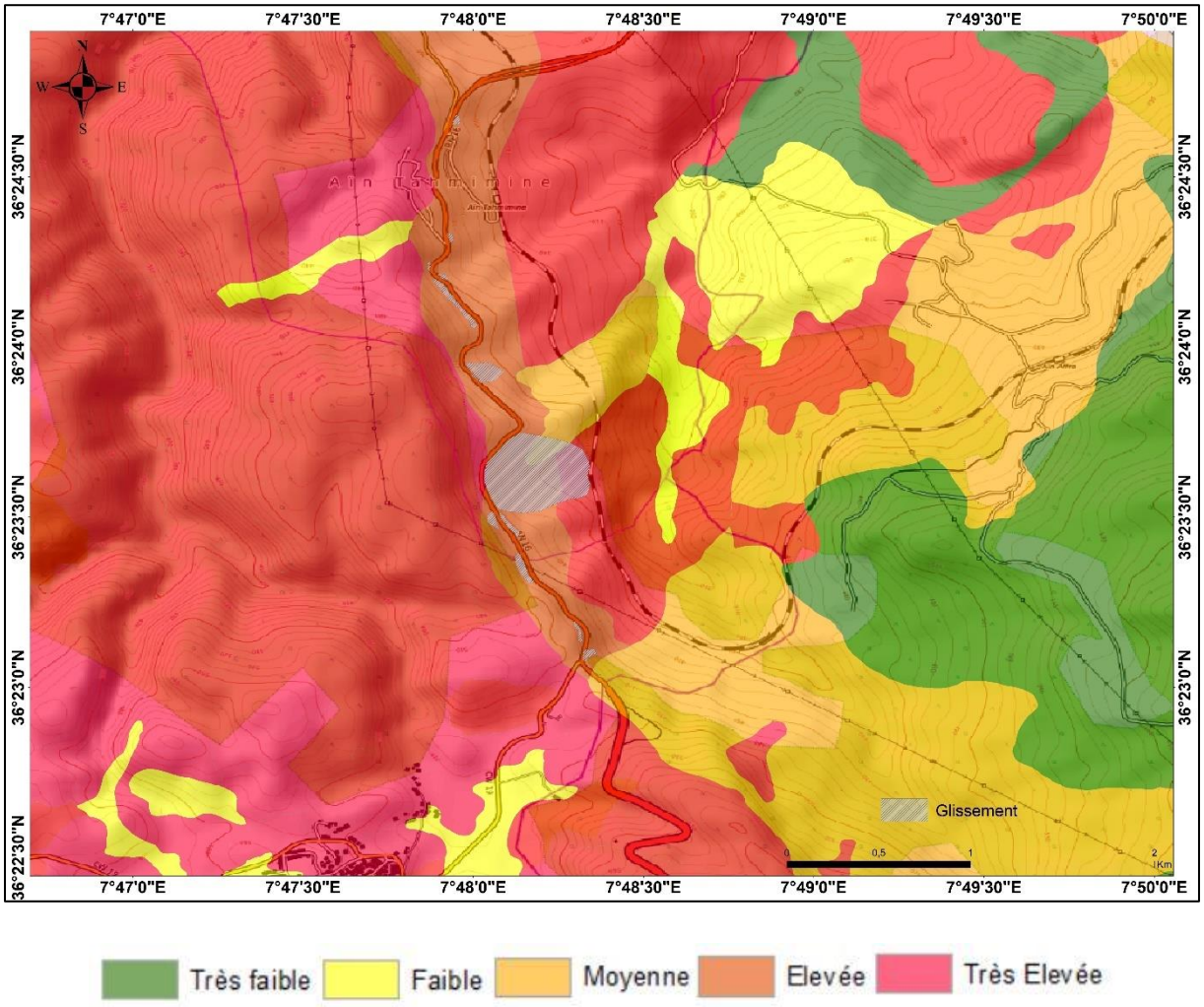


Figure V.61 : Carte de susceptibilité aux glissements terrain.

La susceptibilité aux phénomènes de glissements de terrain dans le tronçon de la RN16 a été donc évalué en suivant une approche géomorphologique effectuée sur le terrain, complétée à l'aide de la vision synoptique de l'imagerie satellitaire. Etant donné l'échelle du travail, la plupart des facteurs de prédisposition restent presque inchangés sur l'ensemble de secteur d'étude. Les facteurs de déclenchement de l'instabilité dans notre secteur d'étude sont L'eau, qui détermine l'hydrogéologie de la zone. Les actions anthropiques comme les modifications de l'équilibre naturel des pentes.

L'ensemble des résultats qui correspondent l'observation de 8 km : de la RN 16, définie que le secteur d'étude a un niveau de susceptibilité très élevée.

5. Conclusion :

Nous avons débuté par la cartographie de la susceptibilité à échelle régionale pour l'ensemble de bassin Seybouse, par approche heuristique basée sur la combinaison de cartes

d'index et par une méthode semi quantitative ou on utilise le système d'analyse hiérarchique (AHP). Pour ce faire, neuf paramètres ont été intégrés. Leur hiérarchisation a été effectuée en corrélation avec la distribution spatiale des mouvements de terrain du bassin versant Seybouse. Pour la première méthode, la pondération des paramètres , elle s'est déroulée à deux niveaux, pour les différentes classes et puis pour le paramètre dans sa globalité. L'indexation de chaque classe, a été définie objectivement (qualitativement) à l'aide des statistiques établies sur les données réelles de la région. Il en résulte l'obtention de la carte de susceptibilité, par sommation linéaire des cartes (paramètres) indexées. Pour la deuxième méthode l'attribution des poids est réalisée par la méthode de combinaison par paire permettant une meilleure objectivité de la pondération et ainsi limiter le nombre d'interactions de la procédure. Les cartes obtenues comprennent cinq classes de susceptibilité, de la très faible à la très élevée. Elles ont cependant été utilisées en association avec les mouvements de terrain inventoriés (glissements, écroulements, coulées de débris…) pour la construction d'une courbe ROC (Receiver Operating Characteristic). Cette courbe nous a permis par l'AUC (area under the curve) de retenir que le modèle utilisé a un bon pouvoir prédictif à anticiper (prédire) les aires susceptibles ou pas aux instabilités de versants.

La deuxième étape d'évaluation de la susceptibilité s'est déroulée à méso-échelle ou à échelle moyenne (1/50 000ème). Elle avait comme cadre géographique la moyenne Seybouse et s'étend sur une superficie totale d'environ 1373 Km². Pour prédire la susceptibilité aux glissements de terrain dans cette zone ont utilisé trois approches probabilistes (bivariées) à méso-échelle. Il s'agit de la théorie de l'évidence (WOE), le rapport de fréquence (FR) et la théorie de Shannon (SE). les trois approches ont été utilisées d'une façon exploratoire basée sur l'utilisation des calculs algorithmiques. La comparaison des résultats obtenus par les trois approches a prouvé que l'approche de rapport de fréquence (FR) a été plus performante pour la prédiction de la susceptibilité aux glissements de terrain dans la région de la moyenne Seybouse, comme cela été confirmé par la comparaison des courbes ROC des cartes obtenues par les trois approches.

La dernière partie de modélisation de la susceptibilité s'est déroulée à grande échelle (1/1000 ème), au niveau du tronçon de la RN16. L'approche utilisée est très simpliste et est basée un zonage géomorphologique effectué directement sur le terrain et puis finalisé grâce à la vision synoptique que confère l'imagerie satellitaire. La carte obtenue définie un niveau de susceptibilité très élevée.

CONCLUSION GENERALE



CONCLUSION GENERALE :

L'étude de la répartition de glissements de terrain dans la zone d'étude a permis de cartographier et de mieux cibler les zones susceptibles au phénomène de glissement de terrain. Il est également possible d'évaluer quantitativement son ampleur grâce à l'étude multiparamétrique de donnée multidates comme les photographies aériennes et satellitaires, cartes géologique, donnée climatologiques…ainsi que leur traitement par des logiciels de système d'information géographique.

L'utilisation de système d'information géographique permet d'ouvrir grand des perspectives de traitement de problèmes complexes variables dans le temps et dans l'espace. La cartographié de géorisques (susceptibilité des glissements de terrain dans notre cas) permet d'avoir une idée globale, sur des données régionales, ainsi que de simplifier une multitude d'informations parfois très difficile à assimiler. Elle permet une aide à la discussion dans différant niveau de responsabilité. Les données récoltées au cours de cette étude constituent une riche banque de données en différant thèmes SIG. Elles sont interprétables individuellement, mais plus encore leur mise en commune permet d'aboutir à une connaissance plus fine des défaits géotechnique au quel est confronter la région.

Ce travail de recherche avait pour objectif la cartographie de l'évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain à différentes échelles spatiales et différentes stratégies dans la région de la Seybouse. Cette zone est historiquement connue par les menaces aux infrastructures de ces mouvements gravitaires. Ils touchent, à des degrés différents, tous les terrains meubles et se produisent sur presque tous les versants à forte pente, ce qui suggère l'interaction simultanée de plusieurs paramètres dans le processus d'apparition de ces glissements de terrain.

Le présent travail s'organise en 5 chapitres :

Le premier chapitre a été consacré dans sa première parité à la classification des mouvements de terrain, la typologie et les principaux types de glissements de terrain, la deuxième partie consiste à réaliser une synthèse d'étude historique et de l'inventaire des mouvements de terrains dans la région d'étude, la troisième partie est une généralité sur les différentes méthodes de zonage de la susceptibilité aux mouvements de terrain, et, les différentes étapes à suivre pour une modélisation de la susceptibilité sous SIG, ainsi que les méthodes à utiliser en fonction de l'échelle d'analyse et les données disponibles.

Le deuxième chapitre porte sur le cadre géographique, géomorphologique, et géologique détaillé de la zone d'étude.

Pour la description du relief du bassin Seybouse on distingue trois régions différentes, Le bassin de la haute Seybouse Caractérisé par des chaînons septentrionaux constituent une succession d'anticlinaux, et de cuvettes synclinales. La moyenne Seybouse, Constitue la zone la plus troublée du bassin ; caractérisée par des plissements qui sont des anticlinaux de direction SE-NE ; où le relief présente une dissymétrie générale et la basse Seybouse, dans cette zone l'oued Seybouse fraie sa voie entre Bouchegouf et Drean de direction sud-nord, à travers la zone septentrionale. La Seybouse reçoit de l'ouest oued Ressoul, un affluent assez dynamique qui draine la région de Ain Berda.

La géologie du bassin Seybouse très varié, au nord ou seybouse maritime se répartit du Primaire au Quaternaire. La zone nord-ouest est occupée par le flanc oriental du massif de l'Edough, Djebels Belelita et Bouhamra, disposés au Primaire et formés de roches cristallines (gneiss, schistes, micaschistes). Au centre, la plaine ouest d'Annaba correspond à un fossé d'effondrement avec un remplissage Mio-pliocène graveleux et sablo-argileux, au-dessus d'un substratum argileux-gréseux de flysch numidien. Les formations Quaternaires (alluvions, terrasses) qui supportent des terres cultivées, sont développées sur toute la plaine, surtout au niveau de la vallée de l'Oued Seybouse. La partie sud-ouest est dominée par des grés et des marno-calcaires. Enfin, le sud-est comporte des niveaux argilo-gréseux numidiens.

La région de Guelma est constituée de terrains sédimentaires d'âge Crétacé, Oligocène, Moi-Pliocène et Quaternaire. Le fond du bassin est occupé par une plaine alluviale correspond à un synclinal comblé par des argiles, de conglomérats, de marno-calcaires, des grés numidiens et des calcaires lacustres. Les formations numidiennes se développent largement au sud de Guelma en occupant la partie montagneuse. Ce sont surtout les calcaires yprésiens constitués d'une alternance d'assises gréseuses et de séries argileuses ou argilo-gréseuses. Au nord des affleurent les formations marneuses et schisteuses.

La lithologie dominante du Bouhamdane est composée de formations argilo-gréseuses du Numidien. La zone sud-ouest du bas de Cherf correspond à la plaine de Tamlouka, il s'agit d'un synclinal comblé par les sédiments argileux, sableux et graveleux du Mio-Plio-Quaternaire. Le bassin du Haut Cherf est dominé par des formations quaternaires caractérisant les hautes plaines qui sont constituées d'argile, de sable et des terrains cailloutis. Les alluvions peu épaisses et discontinues sont souvent recouvertes d'une croûte calcaire imperméable, Au nord, on rencontre surtout les formations du Mio-pliocène à dominance marneuse, avec des sables gréseux, et d'argile à gypse. Les marnes gypso-salines attribués au Trias affleurent dans les monts de Zouabi, Djebel Tiffech, et Taguilaline. La formation

numidienne d'âge Oligocène qui affleure dans le nord, est constituée d'une alternance d'assises gréseuses et de séries argileuse ou argilo-gréseuse.

Le troisième chapitre se focalise sur l'analyse des données climatique et les caractéristiques morphométriques et hydrographiques du bassin versant de la seybouse , ces résultats montre que les caractéristiques climatiques de la Seybouse, sont étroitement liées à sa position géographique, et à son relief. Elles sont connues par leur irrégularité d'une année à l'autre et d'une saison à l'autre. Cette irrégularité est marquée notamment par de fortes variabilités spatiales et surtout temporelles des précipitations et des températures. L'évolution annuelle de ces deux paramètres, permet de distinguer une période chaude et sèche, et une période froide et humide pour le reste de l'année. Donc Le bassin de la Seybouse présente diverses zones pluviométriques distinctes, au nord une zone pluviométrique relativement homogène qui dépasse (900 mm) et qui correspond à la plaine d'Annaba. Au centre du bassin le cloisonnement du relief entraîne une mosaïque de climats locaux, cet ensemble de dépressions (Guelma, Bouchegouf, Oued Zenati) introduit des écarts marqués dans la pluviométrie moyenne indépendamment de l'altitude ou de la distance à la mer. Dans le grand ensemble qui est l'Atlas Tellien, la pluviométrie est entre 600 mm et 700 mm couvre tout le Djebel Mahouna et la haute Bouhamdane. Au sud de l'Atlas Tellien la réparation de pluies apparaît comme homogène, ce sont les hautes plaines qui s'individualisent par un climat méditerranéen continentale plus sec.

Le quatrième chapitre correspond à l'élaboration d'un inventaire terrain et cartographier 2633 glissements de terrain, et l'étude des caractéristiques mécaniques physico-chimiques et minéralogique des échantillons de sols prélevés de terrain d'étude.

Pour le cinquième et le dernier chapitre, L'étude de la susceptibilité aux glissements de terrain dans notre zone d'étude, menée selon trois échelles différentes (petite, moyenne et grande) grâce à l'utilisation de méthodes adaptées.

Nous avons débuté par la cartographie de la susceptibilité à échelle régionale (BV Seybouse), par combinaison de cartes d'index (CCI) et le processus de hiérarchie analytique (AHP), l'approche AHP est classiquement basée sur un système de notation fourni par des experts. En fait, l'avis d'experts est très utile pour résoudre des problèmes complexes tels que les glissements de terrain. L'analyse spatiale de chaque paramètre et les observations de terrain ont été considérées pour un jugement d'expert. La matrice de comparaison par paires des facteurs et leurs pondérations relatives sont traitées sur la base de la méthodologie de Saaty (2001).

L'approche par CCI est basée sur l'avis du cartographe qui mène l'analyse, ce qui relève d'une grande subjectivité dans l'attribution des poids des différents paramètres. Pour réduire cette subjectivité et s'affranchir de l'opinion du cartographe qui affecte largement les résultats finaux, les poids et les pondérations attribués aux différents facteurs de notre étude sont issus des corrélations statistiques entre ces derniers et la distribution spatiale des glissements de terrain Cela reflète la relation réelle et fonctionnelle entre les variables prédictives et la variable à modéliser.

Dans les deux méthodes, Il a été constaté que les paramètres lithologie, précipitations, viennent en premier lieu dans le conditionnement des glissements de terrain de cette zone. En deuxième lieu, nous avons Le réseau hydrographique, le gradient de pente et le réseau routier suivie par la fracturation, l'occupation du sol, hypsométrie, et exposition des versants.

Les cartes de susceptibilité obtenues par ces deux méthodes des neufs paramètres hiérarchisés et pondérés. Ces cartes reclassifiées par la méthode des discontinuités naturelles, matérialises cinq niveaux de susceptibilité (très faible à très élevée). Les valeurs de 0.71 et 0.75 obtenue pour l'AUC (Area Under the Curve) par la construction des courbes ROC (ReceiverOperating Characteristic), témoignes de la bonne qualité, et la capacité prédictif de notre à anticiper les aires susceptibles ou non aux instabilités de versants.

La deuxième étape d'évaluation de la susceptibilité s'est déroulée à méso-échelle ou à échelle moyenne (Sous BV la moyenne Seybouse). Cette étape basée sur l'utilisation de trois approches probabilistes la théorie de l'évidence (WoE), le rapport de fréquence (FR) et l'Entropie de Shannon (SE). La comparaison des trois approches (courbes ROC) a prouvé que la méthode FR est plus performante pour la prédiction de la susceptibilité aux glissements de terrain dans la région de la moyenne Seybouse.

La dernière partie de modélisation de la susceptibilité s'est déroulée à grande échelle, par zonage géomorphologique effectué directement sur le terrain sur un tronçon de la RN 16.

Enfin, la carte d'inventaire des glissements de terrain, et les différentes cartes de susceptibilité réalisées dans le cadre de cette thèse constituent un bon moyen de communication (sensibilisation du public) sur les zones susceptibles ou sensible aux glissements. Elle constitue un puissant outil d'aide à la décision pour présenter, comparer et discuter des scénarios d'aménagement du territoire, d'aménagement urbains et de projets de constructions d'ouvrages et les nouveaux tracés de routes et autoroutes. Une telle démarche permettra d'atténuer les impacts socio-économiques habituellement constatés, lors de déclenchement des glissements de terrain dans des zones habitées ou au niveau des routes.

Toutefois, une totale prise en compte des phénomènes de glissement de terrain dans

les processus d'aménagement et d'urbanisme, nécessiterait la caractérisation des zones à risque en tenant compte des enjeux et de la vulnérabilité. Le minimum de données requises pour aborder cette étape étant non-disponible dans cette thèse, il nous a dissuadé pour l'instant de réaliser une tentative de ce genre, notamment à grande échelle.

Références Bibliographiques

Abay, A., Barbieri, G., & Woldearegay, K. (2019). GIS-based Landslide Susceptibility Evaluation Using Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach : The Case of Tarmaber District, Ethiopia. *Momona Ethiopian Journal of Science*, *11*(1), 14. https://doi.org/10.4314/mejs.v11i1.2

Abbas, A., Ullah, S., Ullah, W., Waseem, M., Dou, X., Zhao, C., Karim, A., Zhu, J., Hagan, D., Bhatti, A., & Ali, G. (2022). Evaluation and projection of precipitation in Pakistan using the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 model simulations. *International Journal of Climatology*, *42*. https://doi.org/10.1002/joc.7602

Abdallah, C., Abdelmadjid, C., Asma, C., & Mohamed, B. Y. (s. d.). *LA MISE EN EVIDENCE D'UNE NAPPE DE CHARRIAGE EN STRUCTURE IMBRIQUEE : CAS DE LA NAPPE TELLIENNE D'OULED DRISS, SOUK- AHRAS, ALGERIE*.

Abdelaziz LOUAMRI. (s. d.). *LE BASSIN-VERSANT DE LA SEYBOUSE (Algérie orientale) : HYDROLOGIE ET AMENAGEMENT DES EAUX*.

Abdelouahad, E. M., Hadji, R., & Fehdi, C. (2017). Use of slope failures inventory and climatic data for landslide susceptibility, vulnerability, and risk mapping in souk Ahras region [PDF]. *Mining Science*. https://doi.org/10.5277/MSC172417

Achour, Y., Boumezbeur, A., Hadji, R., Chouabbi, A., Cavaleiro, V., & Bendaoud, E. A. (2017). Landslide susceptibility mapping using analytic hierarchy process and information value methods along a highway road section in Constantine, Algeria. *Arabian Journal of Geosciences*, *10*(8), 194. https://doi.org/10.1007/s12517-017-2980-6

Achour, Y., & Pourghasemi, H. R. (2020). How do machine learning techniques help in increasing accuracy of landslide susceptibility maps? *Geoscience Frontiers*, *11*(3), 871-883. https://doi.org/10.1016/j.gsf.2019.10.001

Aditian, A., Kubota, T., & Shinohara, Y. (2018). Comparison of GIS-based landslide susceptibility models using frequency ratio, logistic regression, and artificial neural network in a tertiary region of Ambon, Indonesia. *Geomorphology*, *318*, 101-111. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.06.006

Ahmad, M. S., MonaLisa, & Khan, S. (2023). Comparative analysis of analytical hierarchy process (AHP) and frequency ratio (FR) models for landslide susceptibility mapping in Reshun, NW Pakistan. *Kuwait Journal of Science*, *50*(3), 387-398. https://doi.org/10.1016/j.kjs.2023.01.004

Akbar, T., & ha, S. (2011). Landslide hazard zoning along Himalayan Kaghan Valley of Pakistan—By integration of GPS, GIS, and remote sensing technology. *Landslides*, *8*, 527-540. https://doi.org/10.1007/s10346-011-0260-1

Ali, S. A., Khatun, R., Ahmad, A., & Ahmad, S. N. (2019). Application of GIS-based analytic hierarchy process and frequency ratio model to flood vulnerable mapping and risk area estimation at Sundarban region, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, *5*(3), 1083-1102. https://doi.org/10.1007/s40808-019-00593-z

Azzeddine, B. (s. d.). *Etude des glissements routiers Au Nord Est de l'Algérie*.

Ba, Q., Chen, Y., Deng, S., Wu, Q., Yang, J., & Zhang, J. (2017). An Improved Information Value Model Based on Gray Clustering for Landslide Susceptibility Mapping. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *6*(1), 18. https://doi.org/10.3390/ijgi6010018

Bac, B., Nguyen, Q., & Van Trung, N. (2008, décembre 4). *GIS-based weight of evidence modeling for landslide susceptibility mapping at Jaechon area, Korea*.

Baeza, C., & Corominas, J. (2001). Assessment of shallow landslide susceptibility by means of multivariate statistical techniques. *Earth Surface Processes and Landforms*, *26*, 1251-1263. https://doi.org/10.1002/esp.263

Bahar, R., & Djerbal, L. (2016). *Rainfall and human interventions induced landslides in the north of Algeria* (p. 349-354). https://doi.org/10.1201/b21520-33

Références Bibliographiques

Bahrami, Y., Hassani, H., & Maghsoudi, A. (2021). Landslide susceptibility mapping using AHP and fuzzy methods in the Gilan province, Iran. *GeoJournal*, *86*(4), 1797-1816. https://doi.org/10.1007/s10708-020-10162-y

Balamurugan, G., Ramesh, V., & Touthang, M. (2016). Landslide susceptibility zonation mapping using frequency ratio and fuzzy gamma operator models in part of NH-39, Manipur, India. *Natural Hazards*, *84*(1), 465-488. https://doi.org/10.1007/s11069-016-2434-6

Banerjee, P., Ghose, M., & Pradhan, R. (2018). Analytic hierarchy process and information value method-based landslide susceptibility mapping and vehicle vulnerability assessment along a highway in Sikkim Himalaya. *Arabian Journal of Geosciences*, *11*. https://doi.org/10.1007/s12517-018-3488-4

Barredo, J., Benavides, A., Hervás, J., & Westen, C. J. (2000). Comparing heuristic landslide hazard assessment techniques using GIS in the Tirajana basin, Gran Canaria Island, Spain. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *2000*, 9-23. https://doi.org/10.1016/S0303-2434(00)85022-9

Bednarik, M., Yilmaz, I., & Kralovičová, L. (2024). Deterministic approach to assess landslide susceptibility and landslide activity in the Central-Western Region of Slovakia. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, *83*(8), 327. https://doi.org/10.1007/s10064-024-03795-7

Bijukchhen, S., Kayastha, P., & Dhital, M. (2012). A comparative evaluation of heuristic and bivariate statistical modelling for landslide susceptibility mappings in Ghurmi–Dhad Khola, east Nepal. *Arabian Journal of Geosciences*, *6*. https://doi.org/10.1007/s12517-012-0569-7

Boroumandi, M., Khamehchiyan, M., & Nikoudel, M. R. (2015). Using of Analytic Hierarchy Process for Landslide Hazard Zonation in Zanjan Province, Iran. In G. Lollino, D. Giordan, G. B. Crosta, J. Corominas, R. Azzam, J. Wasowski, & N. Sciarra (Éds.), *Engineering Geology for Society and Territory—Volume 2* (p. 951-955). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09057-3_165

Bougdal, R., Larriere, A., Pincent, B., Panet, M., & Bentabet, A. (2013). Les glissements de terrain du quartier Bélouizdad, Constantine, Algérie. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, *72*. https://doi.org/10.1007/s10064-013-0465-8

Bourenane, H., & Bouhadad, Y. (2021a). Impact of Land use Changes on Landslides Occurrence in Urban Area : The Case of the Constantine City (NE Algeria). *Geotechnical and Geological Engineering*, *39*(6), 1-21. https://doi.org/10.1007/s10706-021-01768-1

Bourenane, H., Bouhadad, Y., Guettouche, M. S., & Braham, M. (2015). GIS-based landslide susceptibility zonation using bivariate statistical and expert approaches in the city of Constantine (Northeast Algeria). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, *74*(2), 337-355. https://doi.org/10.1007/s10064-014-0616-6

Bourenane, H., Meziani, A. A., & Benamar, D. A. (2021). Application of GIS-based statistical modeling for landslide susceptibility mapping in the city of Azazga, Northern Algeria. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, *80*(10), 7333-7359. https://doi.org/10.1007/s10064-021-02386-0

Boussouf, S., Fernández, T., & Hart, A. B. (2023). Landslide susceptibility mapping using maximum entropy (MaxEnt) and geographically weighted logistic regression (GWLR) models in the Río Aguas catchment (Almería, SE Spain). *Natural Hazards*, *117*(1), 207-235. https://doi.org/10.1007/s11069-023-05857-7

Bozzano, F., Mazzanti, P., Perissin, D., Rocca, A., De Pari, P., & Discenza, M. (2017). Basin Scale Assessment of Landslides Geomorphological Setting by Advanced InSAR Analysis. *Remote Sensing*, *9*(3), 267. https://doi.org/10.3390/rs9030267

Références Bibliographiques

Brahmia, A. (2009). *Etude de la structure profonde du systeme aquifere du fosse d'effondrement de terraguelt,haute seybouse* [Annaba]. https://www.ccdz.cerist.dz/admin/notice.php?id=000000000000005150640000000&pub=1

Brahmia Nabil. (s. d.). *Evaluation et gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin versant de la moyenne Seybouse.*

Brenning, A. (2008). Statistical geocomputing combining R and SAGA : The example of landslide susceptibility analysis with generalized additive models. *Hamburger Beiträge zur Physischen Geographie und Landschaftsökologie*, *19*, 23-32.

Bucci, F., Santangelo, M., Cardinali, M., Fiorucci, F., & Guzzetti, F. (2015). Landslide distribution and size in response to Quaternary fault activity : The Peloritani Range, NE Sicily, Italy. *Earth Surface Processes and Landforms*, *41*, n/a-n/a. https://doi.org/10.1002/esp.3898

Bui, D., Pradhan, B., Löfman, O., Revhaug, I., & Dick, Ø. (2011). Landslide susceptibility mapping at Hoa Binh province (Vietnam) using an adaptive neuro-fuzzy inference system and GIS. *Computers & Geosciences*, *45*. https://doi.org/10.1016/j.cageo.2011.10.031

Bulut, E. (2011). Regime switching fuzzy AHP model for choice-varying priorities problem and expert consistency prioritization : A cubic fuzzy-priority matrix design. *Expert Systems With Applications*. https://www.academia.edu/1895284/Regime_switching_fuzzy_AHP_model_for_choice_varying_priorities_problem_and_expert_consistency_prioritization_A_cubic_fuzzy_priority_matrix_design

Butt, A. A., Aslam, H. M. U., Shabir, H., Javed, M., Hussain, S., Nadeem, S., Raza, H., Haroon, S. M., & Arshad, S. (2020). Climatic Events and Natural Disasters of 21st Century : A Perspective of Pakistan. *International Journal of Economic and Environmental Geology*, *11*(2), 46-54. https://doi.org/10.46660/ijeeg.Vol11.Iss2.2020.445

Cai, H., Lam, N., Zou, L., Qiang, Y., & Li, K. (2016). Assessing Community Resilience to Coastal Hazards in the Lower Mississippi River Basin. *Water*, *8*(2), 46. https://doi.org/10.3390/w8020046

Caniani, D., Pascale, S., Sdao, F., & Sole, A. (2008). Neural networks and landslide susceptibility : A case study of the urban area of Potenza. *Natural Hazards*, *45*(1), 55-72. https://doi.org/10.1007/s11069-007-9169-3

Cardinali, M., Reichenbach, P., Guzzetti, F., Ardizzone, F., Antonini, G., Galli, M., Cacciano, M., Castellani, M., & Salvati, P. (2002). A geomorphological approach to the estimation of landslide hazards and risks in Umbria, Central Italy. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *2*(1/2), 57-72. https://doi.org/10.5194/nhess-2-57-2002

Carrara, A., Cardinali, M., Guzzetti, F., & Reichenbach, P. (1995). Gis Technology in Mapping Landslide Hazard. In A. Carrara & F. Guzzetti (Éds.), *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards* (p. 135-175). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-015-8404-3_8

Cascini, L. (2008). Applicability of landslide susceptibility and hazard zoning at different scales. *Engineering Geology*, *102*, 164-177. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.03.016

Castellanos Abella, E. A., & Westen, C. J. (2008). Qualitative landslide susceptibility assessment by multicriteria analysis : A case study from San Antonio del Sur, Guantánamo, Cuba. *Geomorphology*, *94*, 453-466. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.10.038

Catani, F., Casagli, N., Ermini, L., Righini, G., & Menduni, G. (2005). Landslide hazard and risk mapping at catchment scale in the Arno River basin. *Landslides*, *2*(4), 329-342. https://doi.org/10.1007/s10346-005-0021-0

Références Bibliographiques

Champati Ray, P. K., Dimri, S., Lakhera, R. C., & Sati, S. (2007). Fuzzy-based method for landslide hazard assessment in active seismic zone of Himalaya. *Landslides*, *4*(2), 101-111. https://doi.org/10.1007/s10346-006-0068-6

Chang, L., Xing, G., Yin, H., Fan, L., Zhang, R., Zhao, N., Huang, F., & Ma, J. (2023). Landslide susceptibility evaluation and interpretability analysis of typical loess areas based on deep learning.*Natural Hazards Research*, *3*(2), 155-169. https://doi.org/10.1016/j.nhres.2023.02.005

Chanu, M., & Oinam, B. (2022). Landslide susceptibility assessment using AHP model and multi resolution DEMs along a highway in Manipur, India. *Environmental Earth Sciences*, *81*. https://doi.org/10.1007/s12665-022-10281-4

Chau, K. T., Sze, Y. L., Fung, M. K., Wong, W. Y., Fong, E. L., & Chan, L. C. P. (2004). Landslide hazard analysis for Hong Kong using landslide inventory and GIS. *Computers & Geosciences*, *30*(4), 429-443. https://doi.org/10.1016/j.cageo.2003.08.013

Chauhan, S., Sharma, M., Arora, M. K., & Gupta, N. K. (2010). Landslide Susceptibility Zonation through ratings derived from Artificial Neural Network. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *12*(5), 340-350. https://doi.org/10.1016/j.jag.2010.04.006

Chen, C.-Y., & Huang, W.-L. (2012). Land use change and landslide characteristics analysis for community-based disaster mitigation. *Environmental monitoring and assessment*, *185*. https://doi.org/10.1007/s10661-012-2855-y

Chen, W., Chai, H., Sun, X., Wang, Q., Ding, X., & Hong, H. (2016). A GIS-based comparative study of frequency ratio, statistical index and weights-of-evidence models in landslide susceptibility mapping. *Arabian Journal of Geosciences*, *9*(3), 204. https://doi.org/10.1007/s12517-015-2150-7

Cheng, K.-S., Wei, C., & Chang, S. C. (2004). Locating landslides using multi-temporal satellite images. *Advances in Space Research*, *33*, 296-301. https://doi.org/10.1016/S0273-1177(03)00471-X

Cherkaoui, A., & Heib, M. A. (2014). *Impact du changement climatique sur la stabilité des versants*.

Chimidi, G., Raghuvanshi, T. K., & Suryabhagavan, K. V. (2017). Landslide hazard evaluation and zonation in and around Gimbi town, western Ethiopia—A GIS-based statistical approach. *Applied Geomatics*, *9*(4), 219-236. https://doi.org/10.1007/s12518-017-0195-x

Chuang, Y.-C., & Shiu, Y.-S. (2018). Relationship between landslides and mountain development—Integrating geospatial statistics and a new long-term database. *Science of The Total Environment*, *622-623*, 1265-1276. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.039

Chung, C.-J., & Fabbri, A. (2012). Systematic Procedures of Landslide Hazard Mapping for Risk Assessment Using Spatial Prediction Models. *Landslide Hazard and Risk*. https://doi.org/10.1002/9780470012659.ch4

Clerici, A., Perego, S., Tellini, C., & Vescovi, P. (2002). A procedure for landslide susceptibility zonation by the conditional analysis method. *Geomorphology*, *48*(4), 349-364. https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00079-X

Conforti, M., Pascale, S., Robustelli, G., & Sdao, F. (2014). Evaluation of prediction capability of the artificial neural networks for mapping landslide susceptibility in the Turbolo River catchment (northern Calabria, Italy). *CATENA*, *113*, 236-250. https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.08.006

Constantin, M., Bednarik, M., Jurchescu, M. C., & Vlaicu, M. (2011). Landslide susceptibility assessment using the bivariate statistical analysis and the index of entropy in the Sibiciu Basin (Romania). *Environmental Earth Sciences*, *63*(2), 397-406. https://doi.org/10.1007/s12665-010-0724-y

Références Bibliographiques

Corominas, J., copons llorens, R., Vilaplana, J., Altimir, J., & Amigó, J. (2003). Integrated Landslide Susceptibility Analysis and Hazard Assessment in the Principality of Andorra. *Natural Hazards*, *30*, 421-435. https://doi.org/10.1023/B:NHAZ.0000007094.74878.d3

Costache, R.-D. (2019). Flash-flood Potential Index mapping using weights of evidence, decision Trees models and their novel hybrid integration (free download from the following link : Https://rdcu.be/bEmMT). *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, *33*, 1375-1402. https://doi.org/10.1007/s00477-019-01689-9

Costanzo, D., Rotigliano, E., Irigaray, C., Jiménez-Perálvarez, J. D., & Chacón, J. (2012). Factors selection in landslide susceptibility modelling on large scale following the gis matrix method : Application to the river Beiro basin (Spain). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *12*(2), 327-340. https://doi.org/10.5194/nhess-12-327-2012

Cruden, D. (1996). Cruden,D.M.,Varnes, D.J.,1996, Landslide Types and Processes, Transportation Research Board, U.S. National Academy of Sciences, Special Report, 247 : 36-75. *Special Report - National Research Council, Transportation Research Board*, *247*, 36-57.

Dahal, R. K., Hasegawa, S., Nonomura, A., Yamanaka, M., Masuda, T., & Nishino, K. (2008). GIS-based weights-of-evidence modelling of rainfall-induced landslides in small catchments for landslide susceptibility mapping. *Environmental Geology*, *54*(2), 311-324. https://doi.org/10.1007/s00254-007-0818-3

Dahoua, L., Yakovitch, S. V., Hadji, R., & Farid, Z. (2018). Landslide Susceptibility Mapping Using Analytic Hierarchy Process Method in BBA-Bouira Region, Case Study of East-West Highway, NE Algeria. In A. Kallel, M. Ksibi, H. Ben Dhia, & N. Khélifi (Éds.), *Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions* (p. 1837-1840). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70548-4_532

Dahoua, L., Yakovitch, S. V., & Hadji, R. H. (2017). GIS-based technic for roadside-slope stability assessment : An bivariate approach for A1 East-West highway, North Algeria. *Mining Science*, *Vol. 24*, 117-127. https://doi.org/10.5277/msc172407

Dai, F., Lee, C., Li, J., & Xu, Z. (2001). Assessment of landslide susceptibility on the natural terrain of Lantau Island, Hong Kong. *Environmental Geology*, *40*, 381-391. https://doi.org/10.1007/s002540000163

Dangol, V. (2006). *Status of Landslide Hazard Mapping in Nepal*. https://www.academia.edu/80793709/Status_of_Landslide_Hazard_Mapping_in_Nepal

Das, I., Stein, A., Kerle, N., & Dadhwal, V. (2012). Landslide susceptibility mapping along road corridors in the Indian Himalayas using Bayesian logistic regression models. *Geomorphology*, *179*, 116-125. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.004

David Milne Cruden. (s. d.). *A suggested method for describing the rate of movement of a landslide*.

Debieche, T. H. (2002). *Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle : Application à la basse plaine de la Seybouse Nord-Est algérien* [These de doctorat, Besançon]. https://theses.fr/2002BESA2011

Demir, G. (2018). Landslide susceptibility mapping by using statistical analysis in the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) on the northern part of Suşehri Town, Turkey. *Natural Hazards*, *92*(1), 133-154. https://doi.org/10.1007/s11069-018-3195-1

Deng, X., Li, L., & Tan, Y. (2017). Validation of Spatial Prediction Models for Landslide Susceptibility Mapping by Considering Structural Similarity. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *6*(4), 103. https://doi.org/10.3390/ijgi6040103

Depicker, A., Jacobs, L., Mboga, N., Smets, B., Van Rompaey, A., Lennert, M., Wolff, E., Kervyn, F., Michellier, C., Dewitte, O., & Govers, G. (2021). Historical dynamics of landslide risk from

Références Bibliographiques

population and forest-cover changes in the Kivu Rift. *Nature Sustainability*, *4*. https://doi.org/10.1038/s41893-021-00757-9

Dhakal, A. S. (s. d.). *Landslide Hazard Mapping and its Evaluation Using GIS: An Investigation of Sampling Schemes for a Grid-Cell Based Quantitative Method*.

Dikshit, A., Sarkar, R., Pradhan, B., Segoni, S., & Alamri, A. M. (2020). Rainfall Induced Landslide Studies in Indian Himalayan Region : A Critical Review. *Applied Sciences*, *10*(7), 2466. https://doi.org/10.3390/app10072466

Djerbal, L., Alimrina, N., Melbouci, B., & Bahar, R. (2014). Mapping and Management of Landslide Risk in the City of Azazga (Algeria). In K. Sassa, P. Canuti, & Y. Yin (Éds.), *Landslide Science for a Safer Geoenvironment* (p. 463-468). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05050-8_72

Donati, L., & Turrini, M. C. (2002). An objective method to rank the importance of the factors predisposing to landslides with the GIS methodology : Application to an area of the Apennines (Valnerina; Perugia, Italy). *Engineering Geology*, *63*, 277-289. https://doi.org/10.1016/S0013-7952(01)00087-4

Dou, J., Tien Bui, D., P. Yunus, A., Jia, K., Song, X., Revhaug, I., Xia, H., & Zhu, Z. (2015). Optimization of Causative Factors for Landslide Susceptibility Evaluation Using Remote Sensing and GIS Data in Parts of Niigata, Japan. *PLOS ONE*, *10*(7), e0133262. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133262

Duan, G., Zhang, J., & Zhang, S. (2020). Assessment of Landslide Susceptibility Based on Multiresolution Image Segmentation and Geological Factor Ratings. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(21), 7863. https://doi.org/10.3390/ijerph17217863

Duman, T. Y., Çan, T., Emre, Ö., Keçer, M., Doğan, A., Ateş, Ş., & Durmaz, S. (2005). Landslide inventory of northwestern Anatolia, Turkey. *Engineering Geology*, *77*(1), 99-114. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.08.005

Elmoulat, M., & Ait Brahim, L. (2018). Landslides susceptibility mapping using GIS and weights of evidence model in Tetouan-Ras-Mazari area (Northern Morocco). *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, *9*(1), 1306-1325. https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1505666

Erener, A., & Düzgün, H. S. B. (2010). Improvement of statistical landslide susceptibility mapping by using spatial and global regression methods in the case of More and Romsdal (Norway). *Landslides*, *7*(1), 55-68. https://doi.org/10.1007/s10346-009-0188-x

Fan, W., Wei, X., Cao, Y., & Zheng, B. (2017). Landslide susceptibility assessment using the certainty factor and analytic hierarchy process. *Journal of Mountain Science*, *14*, 906-925. https://doi.org/10.1007/s11629-016-4068-2

Fayez, L., Pham, B. T., & Solanki, H. A. (2018). *Application of Frequency Ratio Model for the Development of Landslide Susceptibility Mapping at Part of Uttarakhand State, India*. *13*(9).

Foumelis, M., Lekkas, E., & Parcharidis, I. (2018). LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY MAPPING BY GIS-BASED QUALITATIVE WEIGHTING PROCEDURE IN CORINTH AREA. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, *36*(2), 904. https://doi.org/10.12681/bgsg.16840

Fressard, M. (s. d.). *Les glissements de terrain du Pays d'Auge continental (Normandie, France) Caractérisation, cartographie, analyse spatiale et modélisation*.

Froude, M. J., & Petley, D. N. (2018). *Global fatal landslide occurrence 2004 to 2016*. https://doi.org/10.5194/nhess-2018-49

Galli, M., Ardizzone, F., Cardinali, M., Guzzetti, F., & Reichenbach, P. (2008). Comparing landslide inventory maps. *Geomorphology*, *94*(3), 268-289. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.09.023

Références Bibliographiques

García-Rodríguez, M. J., & Malpica, J. A. (2010). Assessment of earthquake-triggered landslide susceptibility in El Salvador based on an Artificial Neural Network model. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *10*(6), 1307-1315. https://doi.org/10.5194/nhess-10-1307-2010

Ghachi, A. (1982). *Le bassin de la Seybouse : Hydrologie et utilisation de la ressource en eau*.

Ghobadi, M. H., Noori, M., Saedi, B., Jalali, S. H., & Pirouzinajad, N. (2018). The performance evaluation of information value, density area, LNRF, and frequency ratio methods for landslide zonation at Miandarband area, Kermanshah Province, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*.

Glade, T., Anderson, M., & Crozier, M. J. (Éds.). (2005). Front Matter. In *Landslide Hazard and Risk* (1re éd.). Wiley. https://doi.org/10.1002/9780470012659.fmatter

Gökceoglu, C., & Aksoy, H. (1996). Landslide susceptibility mapping of the slopes in the residual soils of the Mengen region (Turkey) by deterministic stability analyses and image processing techniques. *Engineering Geology*, *44*(1), 147-161. https://doi.org/10.1016/S0013-7952(97)81260-4

Gudiyangada, T., Tavakkoli Piralilou, S., Gholamnia, K., Ghorbanzadeh, O., Rahmati, O., & Blaschke, T. (2020). Flood Susceptibility Mapping with Machine Learning, Multi-Criteria Decision Analysis and Ensemble Using Dempster Shafer Theory. *Journal of Hydrology*, *590*. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125275

Guettouche, M. S. (2012). Modeling and risk assessment of landslides using fuzzy logic. Application on the slopes of the Algerian Tell (Algeria). *Arabian Journal of Geosciences*, *6*. https://doi.org/10.1007/s12517-012-0607-5

Guirous, L., Dubois, L., & Melbouci, B. (2014). Contribution to the study of the landslide of the city of Tigzirt (Algeria). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, *73*(4), 971-986. https://doi.org/10.1007/s10064-014-0624-6

Guo, Z., Shi, Y., Huang, F., Fan, X., & Huang, J. (2021). Landslide susceptibility zonation method based on C5.0 decision tree and K-means cluster algorithms to improve the efficiency of risk management. *Geoscience Frontiers*, *12*(6), 101249. https://doi.org/10.1016/j.gsf.2021.101249

Gupta, N., Pal, S. K., & Das, J. (2022). GIS-based evolution and comparisons of landslide susceptibility mapping of the East Sikkim Himalaya. *Annals of GIS*, *28*(3), 359-384. https://doi.org/10.1080/19475683.2022.2040587

Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., & Reichenbach, P. (1999). Landslide hazard evaluation : A review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*, *31*(1), 181-216. https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00078-1

Guzzetti, F., Galli, M., Reichenbach, P., Ardizzone, F., & Cardinali, M. (2006). Landslide hazard assessment in the Collazzone area, Umbria, Central Italy. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *6*(1), 115-131. https://doi.org/10.5194/nhess-6-115-2006

Guzzetti, F., Gariano, S. L., Peruccacci, S., Brunetti, M. T., Marchesini, I., Rossi, M., & Melillo, M. (2020). Geographical landslide early warning systems. *Earth-Science Reviews*, *200*, 102973. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102973

Guzzetti, F., Mondini, A. C., Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo, M., & Chang, K.-T. (2012). Landslide inventory maps : New tools for an old problem. *Earth-Science Reviews*, *112*(1-2), 42-66. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.02.001

Guzzetti, F., Paola, R., Ardizzone, F., Cardinali, M., & Galli, M. (2006). Estimating the quality of landslide susceptibility models. *Geomorphology*, *81*, 166-184. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.04.007

Références Bibliographiques

Guzzetti, F., Peruccacci, S., Rossi, M., & Stark, C. P. (2007). Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern Europe. *Meteorology and Atmospheric Physics*, *98*(3-4), 239-267. https://doi.org/10.1007/s00703-007-0262-7

Guzzetti, F., Reichenbach, P., Cardinali, M., Galli, M., & Ardizzone, F. (2005). Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale. *Geomorphology*, *72*(1), 272-299. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.06.002

Hadji, R., Abdelmadjid, C., Larbi, G., Hamed, Y., & Boumezbeur, A. (2016). Application of linear indexing model and GIS techniques for the slope movement susceptibility modeling in Bousselam upstream basin, Northeast Algeria. *Arabian Journal of Geosciences*, *9*. https://doi.org/10.1007/s12517-015-2169-9

Hadji, R., Achour, Y., & Hamed, Y. (2018). Using GIS and RS for Slope Movement Susceptibility Mapping : Comparing AHP, LI and LR Methods for the Oued Mellah Basin, NE Algeria. In A. Kallel, M. Ksibi, H. Ben Dhia, & N. Khélifi (Éds.), *Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions* (p. 1853-1856). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70548-4_536

Hadji, R., Boumazbeur, A. errahmane, Limani, Y., Baghem, M., Chouabi, A. el M., & Demdoum, A. (2013). Geologic, topographic and climatic controls in landslide hazard assessment using GIS modeling : A case study of Souk Ahras region, NE Algeria. *Quaternary International*, *302*, 224-237. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.11.027

Hadji, R., Larbi, G., Abdelmadjid, C., & Hamed, Y. (2016). Slope Failure Characteristics and Slope Movement Susceptibility Assessment Using GIS in a Medium Scale : A Case Study from Ouled Driss and Machroha Municipalities, Northeast Algeria. *Arabian Journal for Science and Engineering*, *42*. https://doi.org/10.1007/s13369-016-2046-1

Hadji, R., Limani, Y., Boumazbeur, A. E., Demdoum, A., Zighmi, K., Zahri, F., & Chouabi, A. (2014). Climate change and its influence on shrinkage–swelling clays susceptibility in a semi-arid zone : A case study of Souk Ahras municipality, NE-Algeria. *Desalination and Water Treatment*, *52*(10-12), 2057-2072. https://doi.org/10.1080/19443994.2013.812989

Hadji, R., Limani, Y., & Demdoum, A. (2014). Using multivariate approach and GIS applications to predict slope instability hazard case study of Machrouha municipality, NE Algeria. *2014 1st International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM)*, 1-10. https://doi.org/10.1109/ICT-DM.2014.6917787

Hamed, Y., Hadji, R., Redhaounia, B., Zighmi, K., Bâali, F., & El Gayar, A. (2018). Climate impact on surface and groundwater in North Africa : A global synthesis of findings and recommendations. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, *3*(1), 25. https://doi.org/10.1007/s41207-018-0067-8

Hamid, B. (2017). *Analyse spatiale, évaluation et cartographie des risques naturels : Application à l'aménagement de la ville de Constantine (Nord Est Algérien)*.

Hamid, B., Massinissa, B., Bouhadad, Y., & Meziani, A. (2021). Spatial distribution, controlling factors and failure mechanisms of the large-scale landslides in the urban area of Azazga city (northern Algeria). *Environmental Earth Sciences*, *80*. https://doi.org/10.1007/s12665-021-09607-5

Hamza, T., & Raghuvanshi, T. K. (2017). GIS based landslide hazard evaluation and zonation – A case from Jeldu District, Central Ethiopia. *Journal of King Saud University - Science*, *29*(2), 151-165. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2016.05.002

He, Q., Xu, Z., Li, S., Li, R., Zhang, S., Wang, N., Pham, B. T., & Chen, W. (2019). Novel Entropy and Rotation Forest-Based Credal Decision Tree Classifier for Landslide Susceptibility Modeling. *Entropy*, *21*(2), 106. https://doi.org/10.3390/e21020106

Références Bibliographiques

Hong, H., Pourghasemi, H., & Pourtaghi, Z. (2016). Landslide susceptibility assessment in Lianhua County (China) : A comparison between a random forest data mining technique and bivariate and multivariate statistical models. *Geomorphology*, *259*. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.02.012

Hoque, M. A.-A., Tasfia, S., Ahmed, N., & Pradhan, B. (2019). Assessing Spatial Flood Vulnerability at Kalapara Upazila in Bangladesh Using an Analytic Hierarchy Process. *Sensors*, *19*(6), 1302. https://doi.org/10.3390/s19061302

Huang, F., Cao, Z., Jiang, S.-H., Zhou, C., Huang, J., & Guo, Z. (2020). Landslide susceptibility prediction based on a semi-supervised multiple-layer perceptron model. *Landslides*, *17*(12), 2919-2930. https://doi.org/10.1007/s10346-020-01473-9

Islam, S., Tahir, M., & Parveen, S. (2022). GIS-based flood susceptibility mapping of the lower Bagmati basin in Bihar, using Shannon's entropy model. *Modeling Earth Systems and Environment*, *8*(3), 3005-3019. https://doi.org/10.1007/s40808-021-01283-5

Karim, Z., Hadji, R., & Hamed, Y. (2019). GIS-Based Approaches for the Landslide Susceptibility Prediction in Setif Region (NE Algeria). *Geotechnical and Geological Engineering*, *37*(1), 359-374. https://doi.org/10.1007/s10706-018-0615-7

Kavzoglu, T., Kutlug Sahin, E., & Colkesen, I. (2015). An assessment of multivariate and bivariate approaches in landslide susceptibility mapping : A case study of Duzkoy district. *Natural Hazards*, *76*(1), 471-496. https://doi.org/10.1007/s11069-014-1506-8

Khan, H., Shafique, M., Khan, M. A., Bacha, M. A., Shah, S. U., & Calligaris, C. (2019). Landslide susceptibility assessment using Frequency Ratio, a case study of northern Pakistan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, *22*(1), 11-24. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.03.004

Khosravi, K., Pourghasemi, H., Chapi, K., & Bahri, M. (2016). Flash flood susceptibility analysis and its mapping using different bivariate models in Iran : A comparison between Shannon's entropy, statistical index, and weighting factor models. *Environmental Monitoring and Assessment*, *188*. https://doi.org/10.1007/s10661-016-5665-9

Koukis, G., Sabatakakis, N., Nikolau, N., & Loupasakis, C. (2005). Landslide Hazard Zonation in Greece. In K. Sassa, H. Fukuoka, F. Wang, & G. Wang (Éds.), *Landslides* (p. 291-296). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/3-540-28680-2_37

Kouli, M., Loupasakis, C., Soupios, P., Rozos, D., & Vallianatos, F. (2014). Landslide susceptibility mapping by comparing the WLC and WofE multi-criteria methods in the West Crete Island, Greece. *Environmental Earth Sciences*, *72*(12), 5197-5219. https://doi.org/10.1007/s12665-014-3389-0

Lamia, M., & Tahar, B. M. (s. d.). *EVALUATION DE LA SUSCEPTIBILITE A L'ALEA « GLISSEMENT DE TERRAIN » PAR L'UTILISATION DE L'OUTIL SIG: APPLICATION A LA VILLE DE CONSTANTINE (ALGERIE).*

Lan, H. X., Zhou, C. H., Wang, L. J., Zhang, H. Y., & Li, R. H. (2004). Landslide hazard spatial analysis and prediction using GIS in the Xiaojiang watershed, Yunnan, China. *Engineering Geology*, *76*(1), 109-128. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.06.009

Landslide susceptibility assessment using analytic hierarchy process and weight of evidence methods in parts of the Rif chain (northernmost Morocco) | Arabian Journal of Geosciences. (s. d.). Consulté 27 août 2024, à l'adresse https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-021-07660-9

Lee, S., Choi, J., & Min, K. (2002). Landslide susceptibility analysis and verification using the Bayesian probability model. *Environmental Geology*, *43*, 120-131. https://doi.org/10.1007/s00254-002-0616-x

Références Bibliographiques

Lee, S., Choi, J., & Min, K. (2004). Probabilistic landslide hazard mapping using GIS and remote sensing data at Boun, Korea. *International Journal of Remote Sensing*, *25*(11), 2037-2052. https://doi.org/10.1080/01431160310001618734

Lee, S., & Pradhan, B. (2007). Landslide hazard mapping at Selangor, Malaysia using frequency ratio and logistic regression models. *Landslides*, *4*(1), 33-41. https://doi.org/10.1007/s10346-006-0²047-y

Lee, S., & Sambath, T. (2006). Landslide susceptibility mapping in the Damrei Romel area, Cambodia using frequency ratio and logistic regression models. *Environmental Geology*, *50*(6), 847-855. https://doi.org/10.1007/s00254-006-0256-7

Lee, S., & Talib, J. A. (2005). Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis. *Environmental Geology*, *47*(7), 982-990. https://doi.org/10.1007/s00254-005-1228-z

Leir, M., Eng, P., Geo, P., Mitchell, A., Eng, P., & Ramsay, S. (s. d.). *REGIONAL LANDSLIDE HAZARD SUSCEPTIBILITY MAPPING FOR PIPELINES IN BRITISH COLUMBIA*.

Li, G., Lei, Y., Yao, H., Wu, S., & Ge, J. (2017). The influence of land urbanization on landslides : An empirical estimation based on Chinese provincial panel data. *Science of The Total Environment*, *595*, 681-690. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.258

Li, L., Lan, H., Guo, C., Zhang, Y., Li, Q., & Wu, Y. (2017). A modified frequency ratio method for landslide susceptibility assessment. *Landslides*, *14*(2), 727-741. https://doi.org/10.1007/s10346-016-0771-x

Lin, C.-Y., Chuang, C.-W., Lin, W.-T., & Chou, W.-C. (2010). Vegetation recovery and landscape change assessment at Chiufenershan landslide area caused by Chichi earthquake in central Taiwan. *Natural Hazards*, *53*, 175-194. https://doi.org/10.1007/s11069-009-9421-0

Liu, X., Shao, S., & Shao, S. (2024). Landslide susceptibility zonation using the analytical hierarchy process (AHP) in the Great Xi'an Region, China. *Scientific Reports*, *14*(1), 2941. https://doi.org/10.1038/s41598-024-53630-y

Luo, W., & Liu, C.-C. (2018). Innovative landslide susceptibility mapping supported by geomorphic and geographical detector methods. *Landslides*, *15*(3), 465-474. https://doi.org/10.1007/s10346-017-0893-9

Ma, P., Peng, J., Wang, Q., Zhuang, J., & Zhang, F. (2019). The mechanisms of a loess landslide triggered by diversion-based irrigation : A case study of the South Jingyang Platform, China. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, *78*. https://doi.org/10.1007/s10064-019-01467-5

Mahdadi, F., Boumezbeur, A., Hadji, R., Kanungo, D. P., & Zahri, F. (2018). GIS-based landslide susceptibility assessment using statistical models : A case study from Souk Ahras province, N-E Algeria. *Arabian Journal of Geosciences*, *11*(17), 476. https://doi.org/10.1007/s12517-018-3770-5

Mahdadi Fatna. (s. d.). *Approche par les méthodes statistiques à l'étude de l'influence de la géologie et de la minéralogie sur la distribution spatiale de la susceptibilité aux glissements de terrain dans la région de Souk Ahras, NE de l'Algérie.*

Malet, J.-P., & Maquaire, O. (s. d.). *Hydrological behaviour of earthflows developed in clay-shales : Investigation, concept and modelling*.

Mallick, J., Singh, R., Awadh, M., Islam, S., Khan, R. A., & Qureshi, M. R. (2018). GIS-based landslide susceptibility evaluation using fuzzy-AHP multi-criteria decision-making techniques in the Abha Watershed, Saudi Arabia. *Environmental Earth Sciences*, *77*. https://doi.org/10.1007/s12665-018-7451-1

Références Bibliographiques

Manchar, N., Benabbas, C., Hadji, R., Bouaicha, F., & Grecu, F. (2018). Landslide Susceptibility Assessment in Constantine Region (NE Algeria) By Means of Statistical Models. *Studia Geotechnica et Mechanica*, *40*(3), 208-219. https://doi.org/10.2478/sgem-2018-0024

Mancini, F., Ceppi, C., & Ritrovato, G. (2010). GIS and statistical analysis for landslide susceptibility mapping in the Daunia area, Italy. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *10*(9), 1851-1864. https://doi.org/10.5194/nhess-10-1851-2010

Mansouri Daneshvar, M. R. (2014). Landslide susceptibility zonation using analytical hierarchy process and GIS for the Bojnurd region, northeast of Iran. *Landslides*, *11*(6), 1079-1091. https://doi.org/10.1007/s10346-013-0458-5

Marjanović, M., Kovačević, M., Bajat, B., & Voženílek, V. (2011). Landslide susceptibility assessment using SVM machine learning algorithm. *Engineering Geology - ENG GEOL*, *123*, 225-234. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2011.09.006

Marko, K. (2006). A landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia. *Geomorphology*, *74*, 17-28. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.07.005

Martins-Campina, B. (s. d.). *Le rôle des facteurs géologiques et mécaniques dans le déclenchement des instabilités gravitaires : Exemple de deux glissements de terrain des Pyrénées Atlantiques (Vallée d'Ossau et Vallée d'Aspe).*

Mathew, J., Jha, V., & Rawat, G. (2007). Weights of evidence modelling for landslide hazard zonation mapping in part of Bhagirathi valley, Uttarakhand. *Current Science*, *92*, 628-638.

Mathlouthi, M. (2011). *IMPACT DES PLUIES EXTREMES SUR LA GENESE ET L'AMPLIFICATION DES GLISSEMENTS DE TERRAIN DANS LE NORD DE LA TUNISIE IMPACT OF EXTREME RAINFALL ON THE GENESIS AND AMPLIFICATION OF LANDSLIDES IN NORTHERN TUNISIA*.

Mebarki,A. (s. d.-a). *Ressources-en-eau-et-amenagement-en-algerie-Les-bassins-hydrographiques-de-lest*.

Mebarki, A. (s. d.-b). *Synthèse cartographique des bilans hydriques de l'Algérie du Nord par modèle distribué*.

Mebarki, A. (2007). Les bassins hydrologiques de l'Algérie orientale : Ressources en eau, aménagement et environnement. *La Houille Blanche*, *93*(2), 112-115. https://doi.org/10.1051/lhb:2007027

Meinhardt, M., Fink, M., & Tünschel, H. (2015). Landslide susceptibility analysis in central Vietnam based on an incomplete landslide inventory : Comparison of a new method to calculate weighting factors by means of bivariate statistics. *Geomorphology*, *234*. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.12.042

Mersha, T., & Meten, M. (2020). GIS-based landslide susceptibility mapping and assessment using bivariate statistical methods in Simada area, northwestern Ethiopia. *Geoenvironmental Disasters*, *7*(1), 20. https://doi.org/10.1186/s40677-020-00155-x

Meten, M., Bhandary, N. P., & Yatabe, R. (2015b). GIS-based frequency ratio and logistic regression modelling for landslide susceptibility mapping of Debre Sina area in central Ethiopia. *Journal of Mountain Science*, *12*(6), 1355-1372. https://doi.org/10.1007/s11629-015-3464-3

Meusburger, K., & Alewell, C. (2008). Impacts of anthropogenic and environmental factors on the occurrence of shallow landslides in an alpine catchment (Urseren Valley, Switzerland). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *8*(3), 509-520. https://doi.org/10.5194/nhess-8-509-2008

Moazzam, M. F. U., Vansarochana, A., & Rahman, A. U. (2018). Analysis of flood susceptibility and zonation for risk management using frequency ratio model in District Charsadda, Pakistan.

Références Bibliographiques

International Journal of Environment and Geoinformatics, *5*(2), 140-153. https://doi.org/10.30897/ijegeo.407260

Mohammady, M., a, H., & Pradhan, B. (2013). Landslide susceptibility mapping at Golestan Province, Iran : A comparison between frequency ratio, Dempster-Shafer, and weights-of-evidence models. *Journal of Asian Earth Sciences*, *61*. https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.10.005

Mondal, S., & Mandal, S. (2018). Landslide susceptibility mapping of Darjeeling Himalaya, India using index of entropy (IOE) model. *Applied Geomatics*, *11*. https://doi.org/10.1007/s12518-018-0248-9

Moragues, S., Lenzano, M., Lanfri, M., Moreiras, S., Lannutti, E., & Lenzano, L. (2021). Analytic hierarchy process applied to landslide susceptibility mapping of the North Branch of Argentino Lake, Argentina. *Natural Hazards*, *105*, 1-27. https://doi.org/10.1007/s11069-020-04343-8

Moreiras, S. (2005). Landslide susceptibility zonation in the Rio Mendoza Valley, Argentina. *Geomorphology*, *66*, 345-357. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.09.019

Mountrakis, D., Sapountzis, E., Kilias, A., Eleftheriadis, G., & Christofides, G. (1983). Paleogeographic conditions in the western Pelagonian margin in Greece during the initial rifting of the continental area. *Canadian Journal of Earth Sciences*, *20*(11), 1673-1681. https://doi.org/10.1139/e83-158

Muslim, D., Sulaksana, N., & DasaTriana, Y. (2013). *Weights of Evidence Method for Landslide Susceptibility Mapping in Tandikek and Damar Bancah, West Sumatra, Indonesia*. *4*(10).

Muthu, K., Petrou, M., Tarantino, C., & Blonda, P. (2008). Landslide Possibility Mapping Using Fuzzy Approaches. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, *46*, 1253-1265. https://doi.org/10.1109/TGRS.2007.912441

Nabil, M., Chaouki, B., Foued, B., & K., B. (2019). *APPLICATION OF THE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) FOR LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY MAPPING IN THE EAST REGION OF CONSTANTINE, NE ALGERIA*. *4*, 23-33.

Nadim, F., Jaedicke, C., Smebye, H., & Kalsnes, B. (2013). *Assessment of Global Landslide Hazard Hotspots* (p. 59-71). https://doi.org/10.1007/978-3-642-22087-6_4

Nahayo, L., Kalisa, E., Maniragaba, A., & Nshimiyimana, F. X. (2019). Comparison of analytical hierarchy process and certain factor models in landslide susceptibility mapping in Rwanda. *Modeling Earth Systems and Environment*, *5*(3), 885-895. https://doi.org/10.1007/s40808-019-00575-1

Nandi, A., & Shakoor, A. (2010). A GIS-based landslide susceptibility evaluation using bivariate and multivariate statistical analyses. *Engineering Geology - ENG GEOL*, *110*, 11-20. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.10.001

Nassim, H., Laurent, D., Rachid, B., & Fahem, D. (2017). Instabilités gravitaires dans la région de Béjaïa (Algérie) : Inventaire et appréciation de l'importance relative des différents paramètres conduisant au déclassement, au maintien ou à l'activation des instabilités. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, *77*. https://doi.org/10.1007/s10064-017-1050-3

National Research Council (Éd.). (1997). *Public transit 1997 : Bus, paratransit, intermodal, and rail: [papers in this volume were included on the program for the 76th Annual Meeting of the Transportation Research Board in January 1997 in Washington, D.C.]*. National Acad. Press.

Neuhäuser, B., & Terhorst, B. (2007). Landslide susceptibility assessment using "weights-of-evidence" applied to a study area at the Jurassic escarpment (SW-Germany). *Geomorphology*, *86*, 12-24. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.08.002

Nsengiyumva, J., Luo, G., Nahayo, L., Huang, X., & Cai, P. (2018). Landslide Susceptibility Assessment Using Spatial Multi-Criteria Evaluation Model in Rwanda. *International Journal*

Références Bibliographiques

of Environmental Research and Public Health, *15*(2), 243. https://doi.org/10.3390/ijerph15020243

Nwazelibe, V. E., Egbueri, J. C., Unigwe, C. O., Agbasi, J. C., Ayejoto, D. A., & Abba, S. I. (2023). GIS-based landslide susceptibility mapping of Western Rwanda : An integrated artificial neural network, frequency ratio, and Shannon entropy approach. *Environmental Earth Sciences*, *82*(19), 439. https://doi.org/10.1007/s12665-023-11134-4

Oliveira, S. C., Zêzere, J. L., Garcia, R. A. C., Pereira, S., Vaz, T., & Melo, R. (2024). Landslide susceptibility assessment using different rainfall event-based landslide inventories : Advantages and limitations. *Natural Hazards*, *120*(10), 9361-9399. https://doi.org/10.1007/s11069-024-06691-1

Omar Sadaoui, Nassima Issaadi, Samir Sadaoui, & Ramdane BAHAR. (2020). *ANALYSE ET RETOUR D'EXPERIENCE SUR LE CONFORTEMENT D'UN GLISSEMENT DE TERRAIN ROUTIER A BEJAIA (ALGERIE)*.

Panchal, S., & Shrivastava, A. (2021). Landslide hazard assessment using analytic hierarchy process (AHP) : A case study of National Highway 5 in India. *Ain Shams Engineering Journal*, *13*. https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.10.021

Park, S., Choi, C., Kim, B., & Kim, J. (2013). Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, analytic hierarchy process, logistic regression, and artificial neural network methods at the Inje area, Korea. *Environmental Earth Sciences*, *68*(5), 1443-1464. https://doi.org/10.1007/s12665-012-1842-5

Pavel, M., Nelson, J., & Fannin, R. (2011). An analysis of landslide susceptibility zonation using a subjective geomorphic mapping and existing landslides. *Computers & Geosciences*, *37*, 554-566. https://doi.org/10.1016/j.cageo.2010.10.006

Petley, D. (2010). On the impact of climate change and population growth on the occurrence of fatal landslides in South, East and SE Asia. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, *43*, 487-496. https://doi.org/10.1144/1470-9236/09-001

Pourghasemi, H., Mohammady, M., & Pradhan, B. (2012). Landslide susceptibility mapping using index of entropy and conditional probability models in GIS : Safarood Basin, Iran. *Catena*, *97*, 71-84. https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.05.005

Pourghasemi, H., Pradhan, B., & Gokceoglu, C. (2012). Remote Sensing Data Derived Parameters and its Use in Landslide Susceptibility Assessment Using Shannon's Entropy and GIS. *Applied Mechanics and Materials*, *225*, 486-491. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.225.486

Pourghasemi, H., Pradhan, B., Gokceoglu, C., & Moezzi, K. (2012). A comparative assessment of prediction capabilities of Dempster-Shafer and Weights-of-evidence models in landslide susceptibility mapping using GIS. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. https://doi.org/10.1080/19475705.2012.662915

Pourghasemi, H., Pradhan, B., Gokceoglu, C., Mohammadi, M., & Moradi, H. (2012). Application of weights-of-evidence and certainty factor models and their comparison in landslide susceptibility mapping at Haraz watershed, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, *6*, 1-15. https://doi.org/10.1007/s12517-012-0532-7

Pourghasemi, H. R., Jirandeh, A. G., Pradhan, B., Xu, C., & Gokceoglu, C. (2013). Landslide susceptibility mapping using support vector machine and GIS at the Golestan Province, Iran. *Journal of Earth System Science*, *122*(2), 349-369. https://doi.org/10.1007/s12040-013-0282-2

Pourghasemi, H. R., Moradi, H. R., & Fatemi Aghda, S. M. (2013). Landslide susceptibility mapping by binary logistic regression, analytical hierarchy process, and statistical index models and

Références Bibliographiques

assessment of their performances. *Natural Hazards*, *69*(1), 749-779. https://doi.org/10.1007/s11069-013-0728-5

Pourghasemi, H. R., Moradi, H. R., Fatemi Aghda, S. M., Gokceoglu, C., & Pradhan, B. (2014). GIS-based landslide susceptibility mapping with probabilistic likelihood ratio and spatial multi-criteria evaluation models (North of Tehran, Iran). *Arabian Journal of Geosciences*, *7*(5), 1857-1878. https://doi.org/10.1007/s12517-012-0825-x

Pourghasemi, H. R., Pradhan, B., & Gokceoglu, C. (2012). Application of fuzzy logic and analytical hierarchy process (AHP) to landslide susceptibility mapping at Haraz watershed, Iran. *Natural Hazards*, *63*(2), 965-996. https://doi.org/10.1007/s11069-012-0217-2

Pourghasemi, H. R., Pradhan, B., Gokceoglu, C., & Deylami Moezzi, K. (2012). Landslide Susceptibility Mapping Using a Spatial Multi Criteria Evaluation Model at Haraz Watershed, Iran. In B. Pradhan & M. Buchroithner (Éds.), *Terrigenous Mass Movements* (p. 23-49). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-25495-6_2

Pourghasemi, H., & Rahmati, O. (2017). Prediction of the landslide susceptibility : Which algorithm, which precision? *Catena*, *162*. https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.11.022

Pradhan, A. M. S., & Kim, Y.-T. (2014). Relative effect method of landslide susceptibility zonation in weathered granite soil : A case study in Deokjeok-ri Creek, South Korea. *Natural Hazards*, *72*(2), 1189-1217. https://doi.org/10.1007/s11069-014-1065-z

Pradhan, B. (2010a). Landslide susceptibility mapping of a catchment area using frequency ratio, fuzzy logic and multivariate logistic regression approaches. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, *38*(2), 301-320. https://doi.org/10.1007/s12524-010-0020-z

Pradhan, B., & Buchroithner, M. F. (2010). Comparison and Validation of Landslide Susceptibility Maps Using an Artificial Neural Network Model for Three Test Areas in Malaysia. *Environmental and Engineering Geoscience*, *16*(2), 107-126. https://doi.org/10.2113/gseegeosci.16.2.107

Pradhan, B., & Lee, S. (2010a). Delineation of landslide hazard areas on Penang Island, Malaysia, by using frequency ratio, logistic regression, and artificial neural network models. *Environmental Earth Sciences*, *60*(5), 1037-1054. https://doi.org/10.1007/s12665-009-0245-8

Pradhan, B., & Lee, S. (2010b). Landslide susceptibility assessment and factor effect analysis : Backpropagation artificial neural networks and their comparison with frequency ratio and bivariate logistic regression modelling. *Environmental Modelling & Software*, *25*(6), 747-759. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2009.10.016

Pradhan, B., Lee, S., & Buchroithner, M. F. (2010b). Remote Sensing and GIS-based Landslide Susceptibility Analysis and its Cross-validation in Three Test Areas Using a Frequency Ratio Model. *Photogrammetrie - Fernerkundung - Geoinformation*, *2010*(1), 17-32. https://doi.org/10.1127/1432-8364/2010/0037

Pradhan, B., Mansor, S., Pirasteh, S., & Buchroithner, M. F. (2011). Landslide hazard and risk analyses at a landslide prone catchment area using statistical based geospatial model. *International Journal of Remote Sensing*, *32*(14), 4075-4087. https://doi.org/10.1080/01431161.2010.484433

Pradhan, B., Oh, H.-J., & Buchroithner, M. (2010). Weights-of-evidence model applied to landslide susceptibility mapping in a tropical hilly area. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, *1*(3), 199-223. https://doi.org/10.1080/19475705.2010.498151

Pradhan, B., Sezer, E. A., Gokceoglu, C., & Buchroithner, M. F. (2010). Landslide Susceptibility Mapping by Neuro-Fuzzy Approach in a Landslide-Prone Area (Cameron Highlands, Malaysia). *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *48*(12), 4164-4177. https://doi.org/10.1109/TGRS.2010.2050328

Références Bibliographiques

Pradhan, B., Singh, R. P., & Buchroithner, M. F. (2006). Estimation of stress and its use in evaluation of landslide prone regions using remote sensing data. *Advances in Space Research*, *37*(4), 698-709. https://doi.org/10.1016/j.asr.2005.03.137

Pradhan, B., & Youssef, A. M. (2010). Manifestation of remote sensing data and GIS on landslide hazard analysis using spatial-based statistical models. *Arabian Journal of Geosciences*, *3*(3), 319-326. https://doi.org/10.1007/s12517-009-0089-2

Prasannakumar, V., & Vijith, H. (2012). Evaluation and validation of landslide spatial susceptibility in the Western Ghats of Kerala, through GIS-based Weights of Evidence model and Area Under Curve technique. *Journal of the Geological Society of India*, *80*(4), 515-523. https://doi.org/10.1007/s12594-012-0171-3

Regmi, N. R., Giardino, J. R., & Vitek, J. D. (2010). Modeling susceptibility to landslides using the weight of evidence approach : Western Colorado, USA. *Geomorphology*, *115*(1), 172-187. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.10.002

Rehman, A., Song, J., Haq, F., Mahmood, S., Ahamad, M. I., Basharat, M., Sajid, M., & Mehmood, M. S. (2022). Multi-Hazard Susceptibility Assessment Using the Analytical Hierarchy Process and Frequency Ratio Techniques in the Northwest Himalayas, Pakistan. *Remote Sensing*, *14*(3), 554. https://doi.org/10.3390/rs14030554

Reichenbach, P., Rossi, M., Malamud, B. D., Mihir, M., & Guzzetti, F. (2018). A review of statistically-based landslide susceptibility models. *Earth-Science Reviews*, *180*, 60-91. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.03.001

Reis, S., Yalcin, A., Atasoy, M., Nisanci, R., Bayrak, T., Erduran, M., Sancar, C., & Ekercin, S. (2012). Remote sensing and GIS-based landslide susceptibility mapping using frequency ratio and analytical hierarchy methods in Rize province (NE Turkey). *Environmental Earth Sciences*, *66*(7), 2063-2073. https://doi.org/10.1007/s12665-011-1432-y

Romer, C., & Ferentinou, M. (2016). Shallow landslide susceptibility assessment in a semiarid environment—A Quaternary catchment of KwaZulu-Natal, South Africa. *Engineering Geology*, *201*, 29-44. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2015.12.013

Ruff, M., & Czurda, K. (2008). Landslide susceptibility analysis with a heuristic approach in the Eastern Alps (Vorarlberg, Austria). *Geomorphology*, *94*(3), 314-324. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.10.032

Saadatkhah, N., Kassim, A., & Lee, L. M. (2015). Susceptibility Assessment of Shallow Landslides in Hulu Kelang Area, Kuala Lumpur, Malaysia Using Analytical Hierarchy Process and Frequency Ratio. *Geotechnical and Geological Engineering*, *33*(1), 43-57. https://doi.org/10.1007/s10706-014-9818-8

Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, *15*(3), 234-281. https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5

Saaty, T. L. (1988). What is the Analytic Hierarchy Process? In G. Mitra, H. J. Greenberg, F. A. Lootsma, M. J. Rijkaert, & H. J. Zimmermann (Éds.), *Mathematical Models for Decision Support* (p. 109-121). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-83555-1_5

Saaty, T. L. (2003). Decision-making with the AHP : Why is the principal eigenvector necessary. *European Journal of Operational Research*, *145*(1), 85-91. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00227-8

Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process* (Vol. 175). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3597-6

Sabatakakis, N., Koukis, G., Vassiliades, E., & Lainas, S. (2013). Landslide susceptibility zonation in Greece. *Natural Hazards*, *65*(1), 523-543. https://doi.org/10.1007/s11069-012-0381-4

Références Bibliographiques

Sadaoui, O., Issaadi, N., & Sadaoui, S. (2020). *ANALYSE ET RETOUR D'EXPERIENCE SUR LE CONFORTEMENT D'UN GLISSEMENT DE TERRAIN ROUTIER A BEJAIA (ALGERIE)*.

Saeed, M., Li, H., Ullah, S., Rahman, A., Ali, A., Khan, R., Hassan, W., Munir, I., & Alam, S. (2021). Flood Hazard Zonation Using an Artificial Neural Network Model : A Case Study of Kabul River Basin, Pakistan. *Sustainability*, *13*(24), 13953. https://doi.org/10.3390/su132413953

Saha, A. K., Gupta, R. P., & Arora, M. K. (2002). GIS-based Landslide Hazard Zonation in the Bhagirathi (Ganga) Valley, Himalayas. *International Journal of Remote Sensing*, *23*(2), 357-369. https://doi.org/10.1080/01431160010014260

Sarkar, S., & Kanungo, D. P. (2004). An Integrated Approach for Landslide Susceptibility Mapping Using Remote Sensing and GIS. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, *70*(5), 617-625. https://doi.org/10.14358/PERS.70.5.617

Sassa, K., & Canuti, P. (2009). *Landslides – Disaster Risk Reduction*. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69970-5_7

Sato, H., Hasegawa, H., Fujiwara, S., Tobita, M., Koarai, M., Une, H., & Iwahashi, J. (2007). Interpretation of landslide distribution triggered by the 2005 Northern Pakistan earthquake using SPOT 5 imagery. *Landslides*, *4*, 113-122. https://doi.org/10.1007/s10346-006-0069-5

Sengupta, A., Gupta, S., & Anbarasu, K. (2010). Rainfall thresholds for the initiation of landslide at Lanta Khola in north Sikkim, India. *Natural Hazards*, *52*(1), 31-42. https://doi.org/10.1007/s11069-009-9352-9

Senouci, R., Taibi, N.-E., Teodoro, A. C., Duarte, L., Mansour, H., & Yahia Meddah, R. (2021). GIS-Based Expert Knowledge for Landslide Susceptibility Mapping (LSM) : Case of Mostaganem Coast District, West of Algeria. *Sustainability*, *13*(2), 630. https://doi.org/10.3390/su13020630

Sezer, E. A., Pradhan, B., & Gokceoglu, C. (2011). Manifestation of an adaptive neuro-fuzzy model on landslide susceptibility mapping : Klang valley, Malaysia. *Expert Systems with Applications*, *38*(7), 8208-8219. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.12.167

Shadman Roodposhti, M., Aryal, J., Shahabi, H., & Safarrad, T. (2016). Fuzzy Shannon Entropy : A Hybrid GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping Method. *Entropy*, *18*(10), 343. https://doi.org/10.3390/e18100343

Shahabi, H., Ahmad, B. B., & Khezri, S. (2013). Evaluation and comparison of bivariate and multivariate statistical methods for landslide susceptibility mapping (case study : Zab basin). *Arabian Journal of Geosciences*, *6*(10), 3885-3907. https://doi.org/10.1007/s12517-012-0650-2

Shahabi, H., Hashim, M., & Ahmad, B. B. (2015). Remote sensing and GIS-based landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, and fuzzy logic methods at the central Zab basin, Iran. *Environmental Earth Sciences*, *73*(12), 8647-8668. https://doi.org/10.1007/s12665-015-4028-0

Shano, L., Raghuvanshi, T. K., & Meten, M. (2020). Landslide susceptibility evaluation and hazard zonation techniques – a review. *Geoenvironmental Disasters*, *7*(1), 18. https://doi.org/10.1186/s40677-020-00152-0

Sharma, L. P., Patel, N., Ghose, M. K., & Debnath, P. (2014). Application of frequency ratio and likelihood ratio model for geo-spatial modelling of landslide hazard vulnerability assessment and zonation : A case study from the Sikkim Himalayas in India. *Geocarto International*, *29*(2), 128-146. https://doi.org/10.1080/10106049.2012.748830

Shou, K., & Wang, C.-F. (2003). Analyis of the Chiufengershan landslide triggered by the 1999 Chi-Chi earthquake in Taiwan. *Engineering Geology*, *68*, 237-250. https://doi.org/10.1016/S0013-7952(02)00230-2

Références Bibliographiques

Shrestha, S., Sattar, H., Khattak, M., Wang, G., & Babur, M. (2020). Evaluation of adaptation options for reducing soil erosion due to climate change in the Swat River Basin of Pakistan. *Ecological Engineering*, *158*, 106017. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106017

Solaimani, K., Mousavi, S. Z., & Kavian, A. (2013). Landslide susceptibility mapping based on frequency ratio and logistic regression models. *Arabian Journal of Geosciences*, *6*(7), 2557-2569. https://doi.org/10.1007/s12517-012-0526-5

Song, K., Han, L., Ruan, D., Li, H., & Ma, B. (2023). Stability Prediction of Rainfall-Induced Shallow Landslides : A Case Study of Mountainous Area in China. *Water*, *15*(16), 2938. https://doi.org/10.3390/w15162938

Song, Y., Gong, J., Gao, S., Wang, D., Cui, T., Li, Y., & Wei, B. (2012). Susceptibility assessment of earthquake-induced landslides using Bayesian network : A case study in Beichuan, China. *Computers & Geosciences - COMPUT GEOSCI*, *42*. https://doi.org/10.1016/j.cageo.2011.09.011

Sonker, I., Tripathi, J. N., & Swarnim. (2022). Remote sensing and GIS-based landslide susceptibility mapping using frequency ratio method in Sikkim Himalaya. *Quaternary Science Advances*, *8*, 100067. https://doi.org/10.1016/j.qsa.2022.100067

Spiegelhalter, D. J., & Knill-Jones, R. P. (1984). Statistical and Knowledge-Based Approaches to Clinical Decision-Support Systems, with an Application in Gastroenterology. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, *147*(1), 35. https://doi.org/10.2307/2981737

Strokova, L. (2022). Landslide susceptibility zoning in surface coal mining areas : A case study Elga field in Russia. *Arabian Journal of Geosciences*, *15*. https://doi.org/10.1007/s12517-021-09314-2

Su, C., Wang, L., Wang, X., Huang, Z., & Zhang, X. (2015). Mapping of rainfall-induced landslide susceptibility in Wencheng, China, using support vector machine. *Natural Hazards*, *76*(3), 1759-1779. https://doi.org/10.1007/s11069-014-1562-0

Sujatha, E. R., Kumaravel, P., & Rajamanickam, G. V. (2014). Assessing landslide susceptibility using Bayesian probability-based weight of evidence model. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, *73*(1), 147-161. https://doi.org/10.1007/s10064-013-0537-9

Sun, X., Chen, J., Han, X., Bao, Y., Zhan, J., & Wei, P. (2019). Application of a GIS-based slope unit method for landslide susceptibility mapping along the rapidly uplifting section of the upper Jinsha River, South-Western China. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, *79*. https://doi.org/10.1007/s10064-019-01572-5

Süzen, M., & Doyuran, V. (2004b). Data driven bivariate landslide susceptibility assessment using geographical information systems : A method and application to Asarsuyu catchment, Turkey. *Engineering Geology*, *71*, 303-321. https://doi.org/10.1016/S0013-7952(03)00143-1

Tang, Y., Feng, F., Guo, Z., Feng, W., Li, Z., Wang, J., Sun, Q., Ma, H., & Li, Y. (2020). Integrating principal component analysis with statistically-based models for analysis of causal factors and landslide susceptibility mapping : A comparative study from the loess plateau area in Shanxi (China). *Journal of Cleaner Production*, *277*, 124159. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124159

Tangestani, M. H. (2009). A comparative study of Dempster–Shafer and fuzzy models for landslide susceptibility mapping using a GIS : An experience from Zagros Mountains, SW Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, *35*(1), 66-73. https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2009.01.002

Tasoglu, I. K., Keskin Citiroglu, H., & Mekik, C. (2016). GIS-based landslide susceptibility assessment : A case study in Kelemen Valley (Yenice—Karabuk, NW Turkey). *Environmental Earth Sciences*, *75*(18), 1291. https://doi.org/10.1007/s12665-016-6098-z

Références Bibliographiques

Tehrany, M. S., Pradhan, B., & Jebur, M. N. (2015). Flood susceptibility analysis and its verification using a novel ensemble support vector machine and frequency ratio method. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, *29*(4), 1149-1165. https://doi.org/10.1007/s00477-015-1021-9

Temesgen, B., Mohammed, M. U., & Korme, T. (2001). Natural hazard assessment using GIS and remote sensing methods, with particular reference to the landslides in the Wondogenet Area, Ethiopia. *Physics and Chemistry of the Earth, Part C: Solar, Terrestrial & Planetary Science*, *26*, 665-675. https://doi.org/10.1016/S1464-1917(01)00065-4

Terefe, C. (2022). GIS-Based AHP and FR Methods for Landslide Susceptibility Mapping in the Abay Gorge, Dejen–Renaissance Bridge, Central, Ethiopia. *Geotechnical and Geological Engineering*, *40*, 1-15. https://doi.org/10.1007/s10706-022-02197-4

Terlien, M. T. J. (1998). The determination of statistical and deterministic hydrological landslide-triggering thresholds. *Environmental Geology*, *35*(2-3), 124-130. https://doi.org/10.1007/s002540050299

Terlien, M. T. J., Van Westen, C. J., & Van Asch, T. W. J. (1995). Deterministic Modelling in Gis-Based Landslide Hazard Assessment. In A. Carrara & F. Guzzetti (Éds.), *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards* (Vol. 5, p. 57-77). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-015-8404-3_4

Thanh, L., & Smedt, F. (2011). Application of an analytical hierarchical process approach for landslide susceptibility mapping in A Luoi district, Thua Thien Hue Province, Vietnam. *Environmental Earth Sciences*, *66*. https://doi.org/10.1007/s12665-011-1397-x

Thapa, D., & Bhandari, B. P. (2019). GIS-Based Frequency Ratio Method for Identification of Potential Landslide Susceptible Area in the Siwalik Zone of Chatara-Barahakshetra Section, Nepal. *Open Journal of Geology*, *09*(12), 873-896. https://doi.org/10.4236/ojg.2019.912096

The International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory. (1990). A suggested method for reporting a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, *41*(1), 5-12. https://doi.org/10.1007/BF02590201

Thiery, Y., Malet, J.-P., Sterlacchini, S., Puissant, A., & Maquaire, O. (s. d.). *Analyse spatiale de la susceptibilité des versants aux glissements de terrain.*

Thiery, Y., Malet, J.-P., Sterlacchini, S., Puissant, A., & Maquaire, O. (2005). Analyse spatiale de la susceptibilité des versants aux glissements de terrains. Comparaison de deux approches spatialisées par SIG. *Revue internationale de géomatique*, *15*(2), 227-245. https://doi.org/10.3166/rig.15.227-245

Thiery, Y., Malet, J.-P., Sterlacchini, S., Puissant, A., & Maquaire, O. (2007). Landslide susceptibility assessment by bivariate methods at large scales : Application to a complex mountainous environment. *Geomorphology*, *92*(1-2), 38-59. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.02.020

Tien Bui, D., Pradhan, B., Lofman, O., Revhaug, I., & Dick, Ø. B. (2013). Regional prediction of landslide hazard using probability analysis of intense rainfall in the Hoa Binh province, Vietnam. *Natural Hazards*, *66*(2), 707-730. https://doi.org/10.1007/s11069-012-0510-0

Torizin, J., Wang, L., Fuchs, M., Tong, B., Balzer, D., Wan, L., Kuhn, D., Li, A., & Chen, L. (2018). Statistical landslide susceptibility assessment in a dynamic environment : A case study for Lanzhou City, Gansu Province, NW China. *Journal of Mountain Science*, *15*, 1299-1318. https://doi.org/10.1007/s11629-017-4717-0

Tseng, C. M., Lin, C. W., & Hsieh, W. D. (2015). *Landslide susceptibility analysis by means of event-based multi-temporal landslide inventories*. https://doi.org/10.5194/nhessd-3-1137-2015

Références Bibliographiques

Ullah, S., You, Q., Ullah, W., Sachindra, D. A., Ali, A., Bhatti, A. S., & Ali, G. (2023). Climate change will exacerbate population exposure to future heat waves in the China-Pakistan economic corridor. *Weather and Climate Extremes*, *40*, 100570. https://doi.org/10.1016/j.wace.2023.100570

Umar, Z., Pradhan, B., Ahmad, A., Jebur, M., & Tehrany, M. (2014). Earthquake induced landslide susceptibility mapping using an integrated ensemble frequency ratio and logistic regression models in West Sumatera Province, Indonesia. *Catena*, *118*, 124-135. https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.02.005

Vahidnia, M. H., Alesheikh, A., Alimohammadi, A., & Hosseinali, F. (2010). A GIS-based neuro-fuzzy procedure for integrating knowledge and data in landslide susceptibility mapping. *Computers & Geosciences*, *36*, 1101-1114. https://doi.org/10.1016/j.cageo.2010.04.004

Vakhshoori, V., & Zare, M. (2016). Landslide susceptibility mapping by comparing weight of evidence, fuzzy logic, and frequency ratio methods. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, *7*(5), 1731-1752. https://doi.org/10.1080/19475705.2016.1144655

Van Westen, C. J., Rengers, N., & Soeters, R. (2003). Use of Geomorphological Information in Indirect Landslide Susceptibility Assessment. *Natural Hazards*, *30*(3), 399-419. https://doi.org/10.1023/B:NHAZ.0000007097.42735.9e

Van Westen, C. J., Van Asch, T. W. J., & Soeters, R. (2006). Landslide hazard and risk zonation—Why is it still so difficult? *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, *65*(2), 167-184. https://doi.org/10.1007/s10064-005-0023-0

Vargas, L. G. (1990). An overview of the analytic hierarchy process and its applications. *European Journal of Operational Research*, *48*(1), 2-8. https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90056-H

Varnes, D. (s. d.). *SLOPE MOVEMENT TYPES AND PROCESSES*.

Varnes, D. J. & COMMISSION ON LANDSLIDES AND OTHER MASS MOVEMENTS. (1981). The principles and practice of landslide hazard zonation. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology - Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur*, *23*(1), 13-14. https://doi.org/10.1007/BF02594720

Vijith, H., & Madhu, G. (2008). Estimating potential landslide sites of an upland sub-watershed in Western Ghat's of Kerala (India) through frequency ratio and GIS. *Environmental Geology*, *55*(7), 1397-1405. https://doi.org/10.1007/s00254-007-1090-2

Vila J. M. (s. d.). *Vila J. M. 1980. La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens, Th. Doct. Es-scie. Nat. Univ. Pierre et Marie—Curie, Parie VI,*.

Vojteková, J., & Vojtek, M. (2020). Assessment of landslide susceptibility at a local spatial scale applying the multi-criteria analysis and GIS : A case study from Slovakia. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, *11*(1), 131-148. https://doi.org/10.1080/19475705.2020.1713233

Wachal, D., & Hudak, P. (2000). Mapping landslide susceptibility in Travis County, Texas, USA. *GeoJournal*, *51*. https://doi.org/10.1023/A:1017524604463

Wagesho, N., & Claire, M. (2016). Analysis of Rainfall Intensity-Duration-Frequency Relationship for Rwanda. *Journal of Water Resource and Protection*, *08*(07), 706-723. https://doi.org/10.4236/jwarp.2016.87058

Wan, S., Lei, T. C., & Chou, T. Y. (2010). A novel data mining technique of analysis and classification for landslide problems. *Natural Hazards*, *52*(1), 211-230. https://doi.org/10.1007/s11069-009-9366-3

Wang, Q., & Li, W. (2017). A GIS-based comparative evaluation of analytical hierarchy process and frequency ratio models for landslide susceptibility mapping. *Physical Geography*, *38*(4), 318-337. https://doi.org/10.1080/02723646.2017.1294522

Références Bibliographiques

Wang, Q., Li, W., Chen, W., & Bai, H. (2015). GIS-based assessment of landslide susceptibility using certainty factor and index of entropy models for the Qianyang County of Baoji city, China. *Journal of Earth System Science*, *124*. https://doi.org/10.1007/s12040-015-0624-3

Wang, Q., Li, W., Wu, Y., Pei, Y., & Xie, P. (2016). Application of statistical index and index of entropy methods to landslide susceptibility assessment in Gongliu (Xinjiang, China). *Environmental Earth Sciences*, *75*(7), 599. https://doi.org/10.1007/s12665-016-5400-4

Woldearegay, K. (2013). Review of the occurrences and influencing factors of landslides in the highlands of Ethiopia : With implications for infrastructural development. *Momona Ethiopian Journal of Science*, *5*(1), 3. https://doi.org/10.4314/mejs.v5i1.85329

Wu, C.-H., & Chen, S.-C. (2009). Determining landslide susceptibility in Central Taiwan from rainfall and six site factors using the analytical hierarchy process method. *Geomorphology*, *112*, 190-204. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.06.002

Wu, S., Shi, L., Wang, R., Tan, C., Hu, D., Mei, Y., & Xu, R. (2001). Zonation of the landslide hazards in the forereservoir region of the Three Gorges Project on the Yangtze River. *Engineering Geology*, *59*, 51-58. https://doi.org/10.1016/S0013-7952(00)00061-2

Xu, C., Xu, X., Dai, F., Xiao, J., Tan, X., & Yuan, R. (2012). Landslide hazard mapping using GIS and weight of evidence model in Qingshui River watershed of 2008 Wenchuan earthquake struck region. *Journal of Earth Science*, *23*(1), 97-120. https://doi.org/10.1007/s12583-012-0236-7

Xu, Q., Zhao, B., Dai, K., Dong, X., Li, W., Zhu, X., Yang, Y., Xiao, X., Wang, X., Huang, J., Lu, H., Deng, B., & Ge, D. (2023). Remote sensing for landslide investigations : A progress report from China. *Engineering Geology*, *321*, 107156. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2023.107156

Yahiaoui, A. (2012). *Inondations torrentielles : Cartographie des zones vulnérables en Algérie du nord (Cas de l'oued Mekerra, Wilaya de sidi Bel Abbès)* [Thesis]. http://repository.enp.edu.dz/jspui/handle/123456789/700

Yalcin, A. (2008). GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey) : Comparisons of results and confirmations. *CATENA*, *72*(1), 1-12. https://doi.org/10.1016/j.catena.2007.01.003

Yalcin, A., Reis, S., Aydinoglu, A. C., & Yomralioglu, T. (2011). A GIS-based comparative study of frequency ratio, analytical hierarchy process, bivariate statistics and logistics regression methods for landslide susceptibility mapping in Trabzon, NE Turkey. *CATENA*, *85*(3), 274-287. https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.01.014

Yan, F., Zhang, Q., Ye, S., & Ren, B. (2018). A novel hybrid approach for landslide susceptibility mapping integrating analytical hierarchy process and normalized frequency ratio methods with the cloud model. *Geomorphology*, *327*. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.10.024

Yang, Z., Lan, H., Gao, X., LI, L., Meng, Y., & Wu, Y. (2015). Urgent landslide susceptibility assessment in the 2013 Lushan earthquake-impacted area, Sichuan Province, China. *Natural Hazards*, *75*. https://doi.org/10.1007/s11069-014-1441-8

Yang, Z., Qiao, J., & Zhang, X. (2010). *Regional landslide zonation based on entropy method in Three Gorges area, China*. *3*, 1336-1339. https://doi.org/10.1109/FSKD.2010.5569097

Yeon, Y.-K., Han, J.-G., & Ryu, K. (2010). Landslide susceptibility mapping in Injae, Korea, using a decision tree. *Engineering Geology - ENG GEOL*, *116*, 274-283. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2010.09.009

Yi, Y., Zhang, Z., Zhang, W., Xu, Q., Deng, C., & Li, Q. (2019). GIS-based earthquake-triggered-landslide susceptibility mapping with an integrated weighted index model in Jiuzhaigou region of Sichuan Province, China. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *19*(9), 1973-1988. https://doi.org/10.5194/nhess-19-1973-2019

Références Bibliographiques

Yilmaz, C., Topal, T., & Süzen, M. L. (2012). GIS-based landslide susceptibility mapping using bivariate statistical analysis in Devrek (Zonguldak-Turkey). *Environmental Earth Sciences*, *65*(7), 2161-2178. https://doi.org/10.1007/s12665-011-1196-4

Yoshimatsu, H., & Abe, S. (2006). A review of landslide hazards in Japan and assessment of their susceptibility using an analytical hierarchic process (AHP) method. *Landslides*, *3*, 10. https://doi.org/10.1007/s10346-005-0031-y

Youssef, A. M., Pradhan, B., Pourghasemi, H. R., & Abdullahi, S. (2015). Landslide susceptibility assessment at Wadi Jawrah Basin, Jizan region, Saudi Arabia using two bivariate models in GIS. *Geosciences Journal*, *19*(3), 449-469. https://doi.org/10.1007/s12303-014-0065-z

Yu, L., Wang, Y., & Pradhan, B. (2024). Enhancing landslide susceptibility mapping incorporating landslide typology via stacking ensemble machine learning in Three Gorges Reservoir, China. *Geoscience Frontiers*, *15*(4), 101802. https://doi.org/10.1016/j.gsf.2024.101802

Yue, X., Wu, S., Huang, M., Gao, J., Yin, Y., Feng, A., & Gu, X. (2018). Spatial association between landslides and environmental factors over Guizhou Karst Plateau, China. *Journal of Mountain Science*, *15*(9), 1987-2000. https://doi.org/10.1007/s11629-018-4909-2

Zhang, G., Cai, Y., Zheng, Z., Zhen, J., Liu, Y., & Huang, K. (2016). Integration of the Statistical Index Method and the Analytic Hierarchy Process technique for the assessment of landslide susceptibility in Huizhou, China. *CATENA*, *142*, 233-244. https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.03.028

Zhao, H., Yao, L., Mei, G., Liu, T., & Ning, Y. (2017). A Fuzzy Comprehensive Evaluation Method Based on AHP and Entropy for a Landslide Susceptibility Map. *Entropy*, *19*(8), 396. https://doi.org/10.3390/e19080396

Zhou, C. H., Lee, C. F., Li, J., & Xu, Z. W. (2002). On the spatial relationship between landslides and causative factors on Lantau Island, Hong Kong. *Geomorphology*, *43*, 197-207. https://doi.org/10.1016/S0169-555X(01)00130-1

Zhou, J., Tan, S., Li, J., Xu, J., Wang, C., & Ye, H. (2023). Landslide Susceptibility Assessment Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) : A Case Study of a Construction Site for Photovoltaic Power Generation in Yunxian County, Southwest China. *Sustainability*, *15*(6), 5281. https://doi.org/10.3390/su15065281

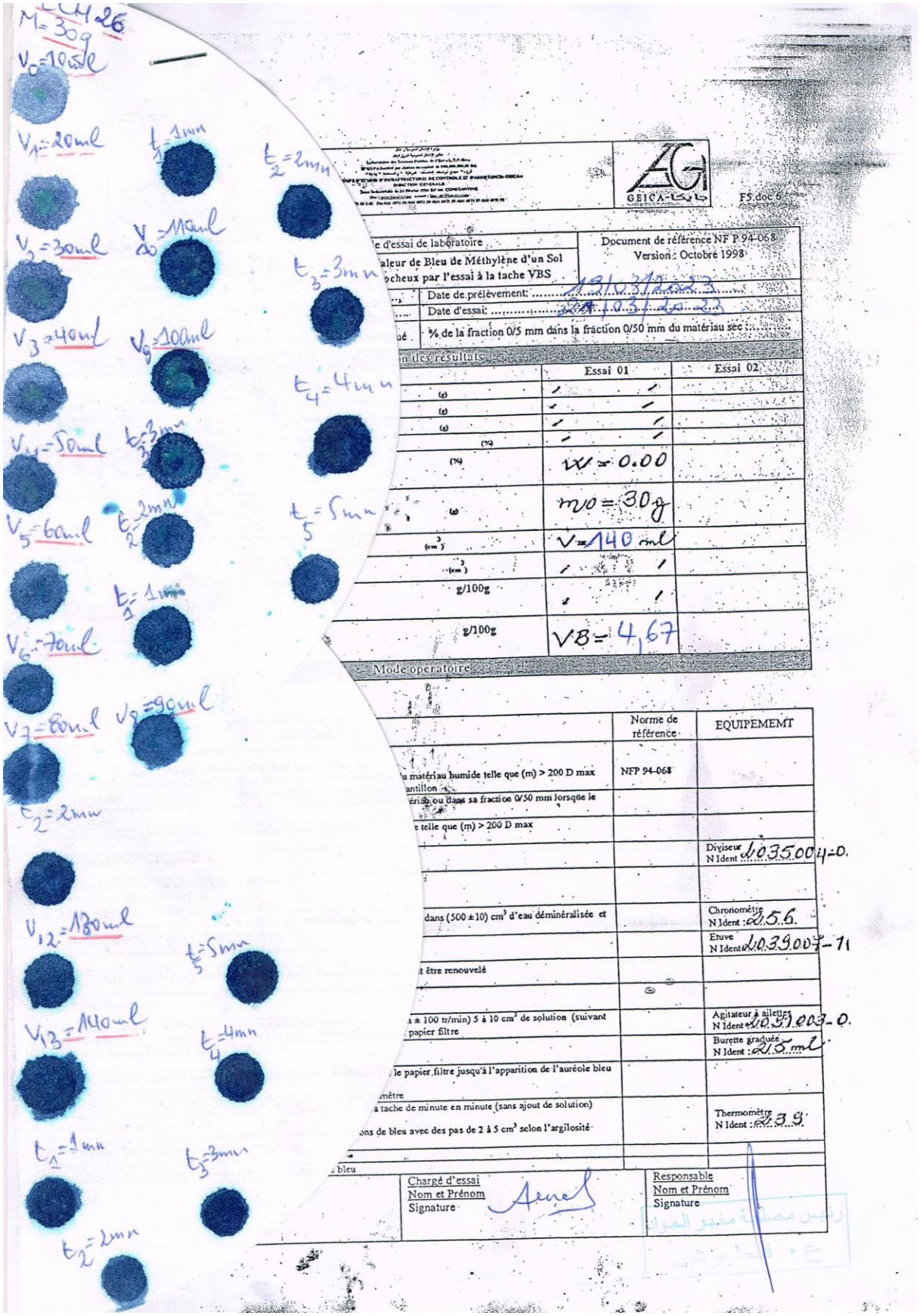
Zhu, C., & Wang, X. (2009). Landslide Susceptibility Mapping : A Comparison of Information and Weights-of-Evidence Methods in Three Gorges Area. *2009 International Conference on Environmental Science and Information Application Technology*, 342-346. https://doi.org/10.1109/ESIAT.2009.187

Zhuang, J., Peng, J., Zhu, X., Li, W., Ma, P., & Liu, T. (2016). Spatial distribution and susceptibility zoning of geohazards along the Silk Road, Xian-Lanzhou. *Environmental Earth Sciences*, *75*. https://doi.org/10.1007/s12665-016-5428-5

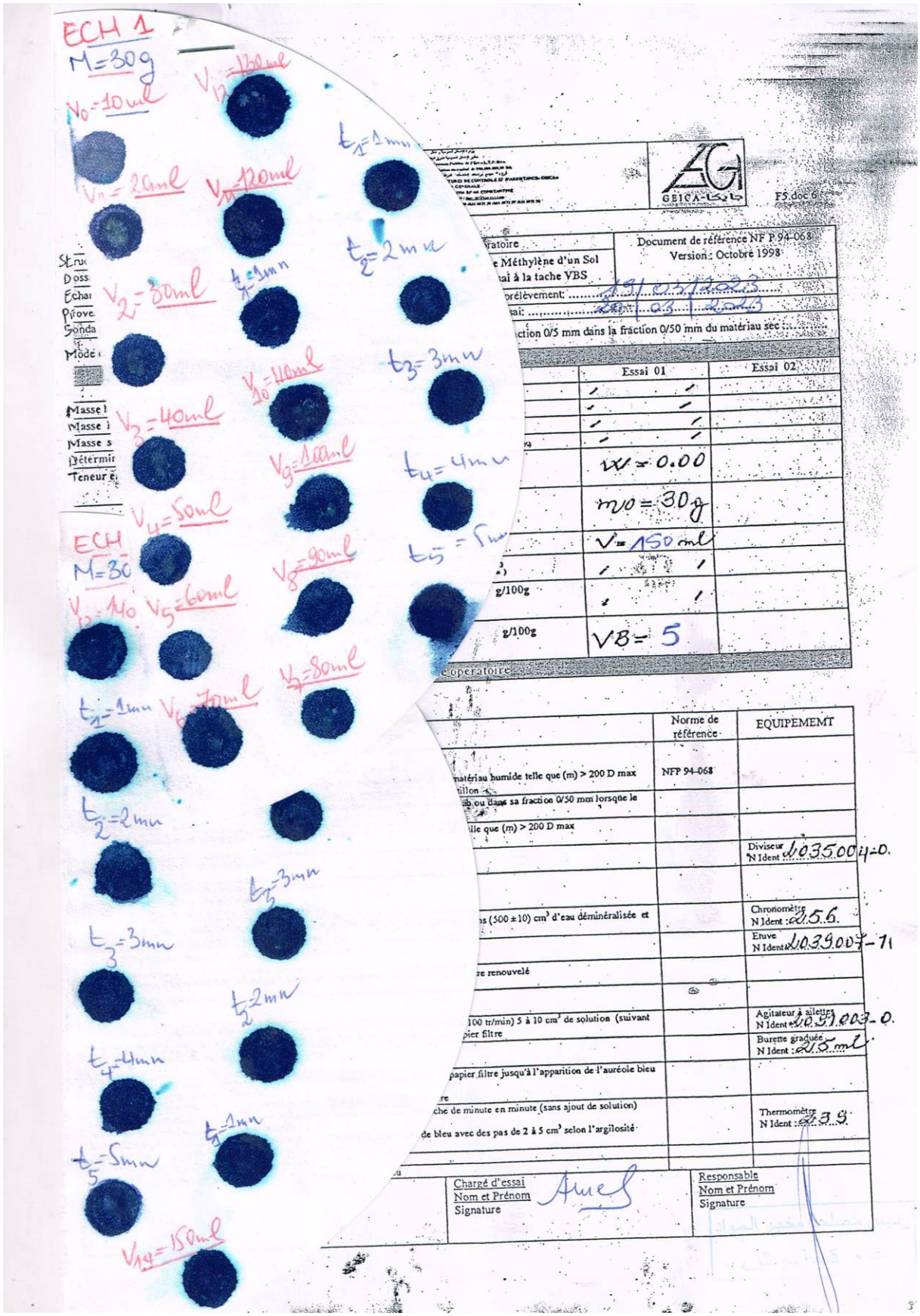
Zou, Q., Zhou, J., Zhou, C., Song, L., & Guo, J. (2012). Comprehensive flood risk assessment based on set pair analysis-variable fuzzy sets model and fuzzy AHP. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, *27*. https://doi.org/10.1007/s00477-012-0598-5

Zuo, R., & Carranza, E. J. M. (2017). A fractal measure of spatial association between landslides and conditioning factors. *Journal of Earth Science*, *28*(4), 588-594. https://doi.org/10.1007/s12583-017-0772-2

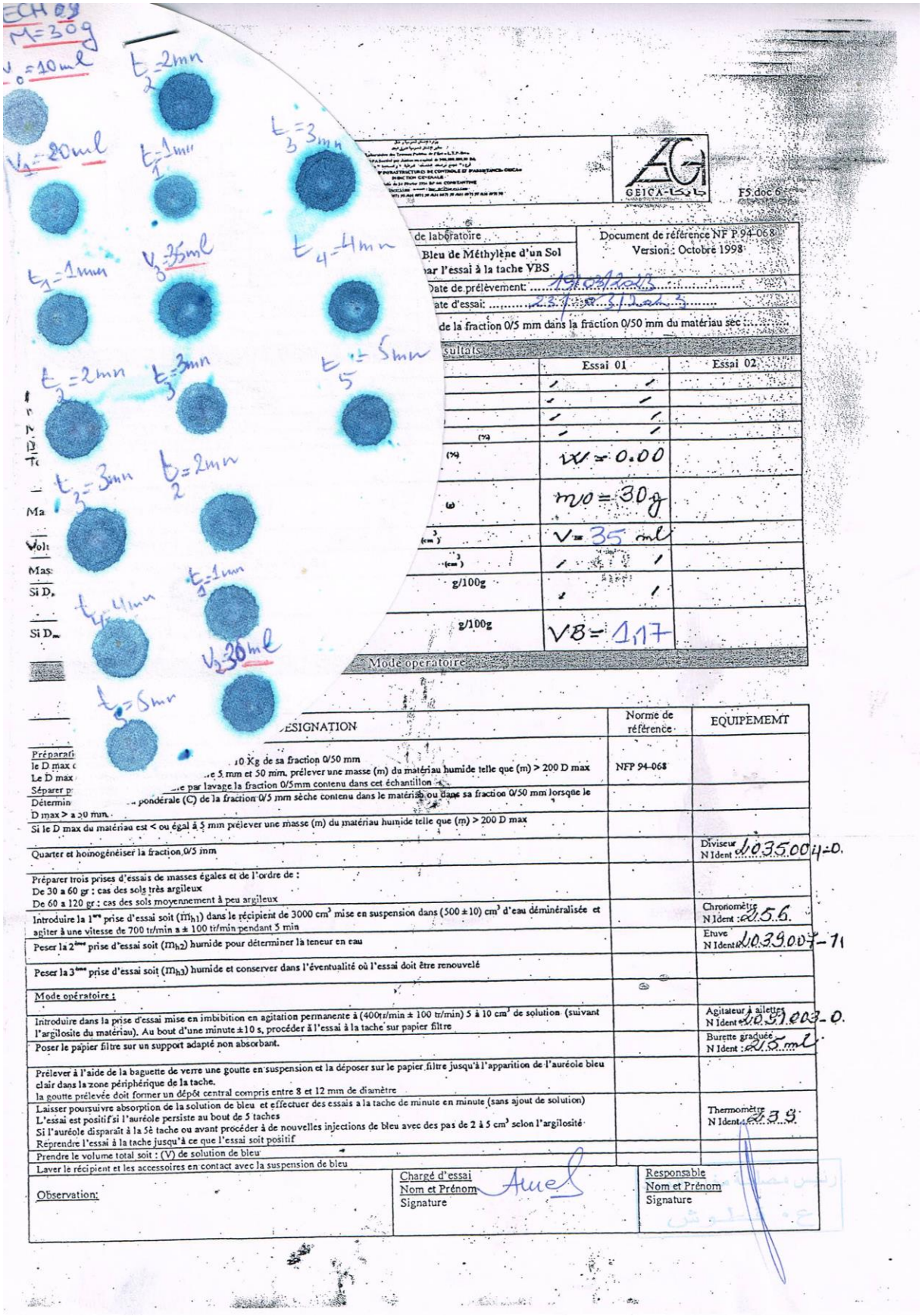
Annexes


M=30g
V0=10ml
V1=20ml
t1=1mn
t2=2mn
V2=30ml
V20=110ml
t3=3mn
V3=40ml
V9=100ml
t4=4mn
V4=50ml
t3=3mn
V5=60ml
t2=2mn
t5=5mn
t1=1mn
V6=70ml
V7=80ml
V8=90ml
t2=2mn
V12=130ml
t5=5mn
V13=140ml
t4=4mn
t1=1mn
t3=3mn
t2=2mn
GEICA
F5.doc 6
Document de référence NF P 94-068
Version : Octobre 1993
Date de prélèvement: 19/03/2023
Date d'essai: 20/03/2023
% de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm du matériau sec :
Essai 01
Essai 02
W=0.00
m0=30g
V=140 ml
VB=4,67
Mode opératoire
Norme de référence
EQUIPEMENT
NFP 94-068
Diviseur N Ident 0035004=0.
Chronomètre N Ident :2.5.6.
Etuve N Ident 039007-71
Agitateur à ailettes N Ident 0391003-0.
Burette graduée N Ident :25 ml
Thermomètre N Ident :239
Chargé d'essai
Nom et Prénom
Signature
Responsable
Nom et Prénom
Signature

Annexes


ECH 1
M=30g
V0=10ml
V1=20ml
V2=30ml
V3=40ml
V4=50ml
V5=60ml
V6=70ml
V7=80ml
V8=90ml
V9=100ml
V10=110ml
V11=120ml
V12=130ml
V13=140ml
V14=150ml
t1=1mn
t2=2mn
t3=3mn
t4=4mn
t5=5mn
GEICA
F5.doc 6
Document de référence NF P 94-068
Version : Octobre 1998
Essai 01
Essai 02
VV = 0.00
mo = 30g
V = 150 ml
VB = 5
Norme de référence
EQUIPEMEMT
NFP 94-068
Diviseur N Ident 1035004-0.
Chronomètre N Ident : 256.
Etuve N Ident 1039007-1
Agitateur à ailettes N Ident 1039003-0.
Burette graduée N Ident : 25 ml
Thermomètre N Ident : 239
Chargé d'essai
Nom et Prénom
Signature
Responsable
Nom et Prénom
Signature

Annexes



GEICA-LCS

FS doc 6

de laboratoire

Bleu de Méthylène d'un Sol

ar l'essai à la tache VBS

Document de référence NF P 94-068
Version : Octobre 1998

Date de prélèvement: 19/09/2023

ate d'essai: 23/09/2023

de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm du matériau sec :

sulfate

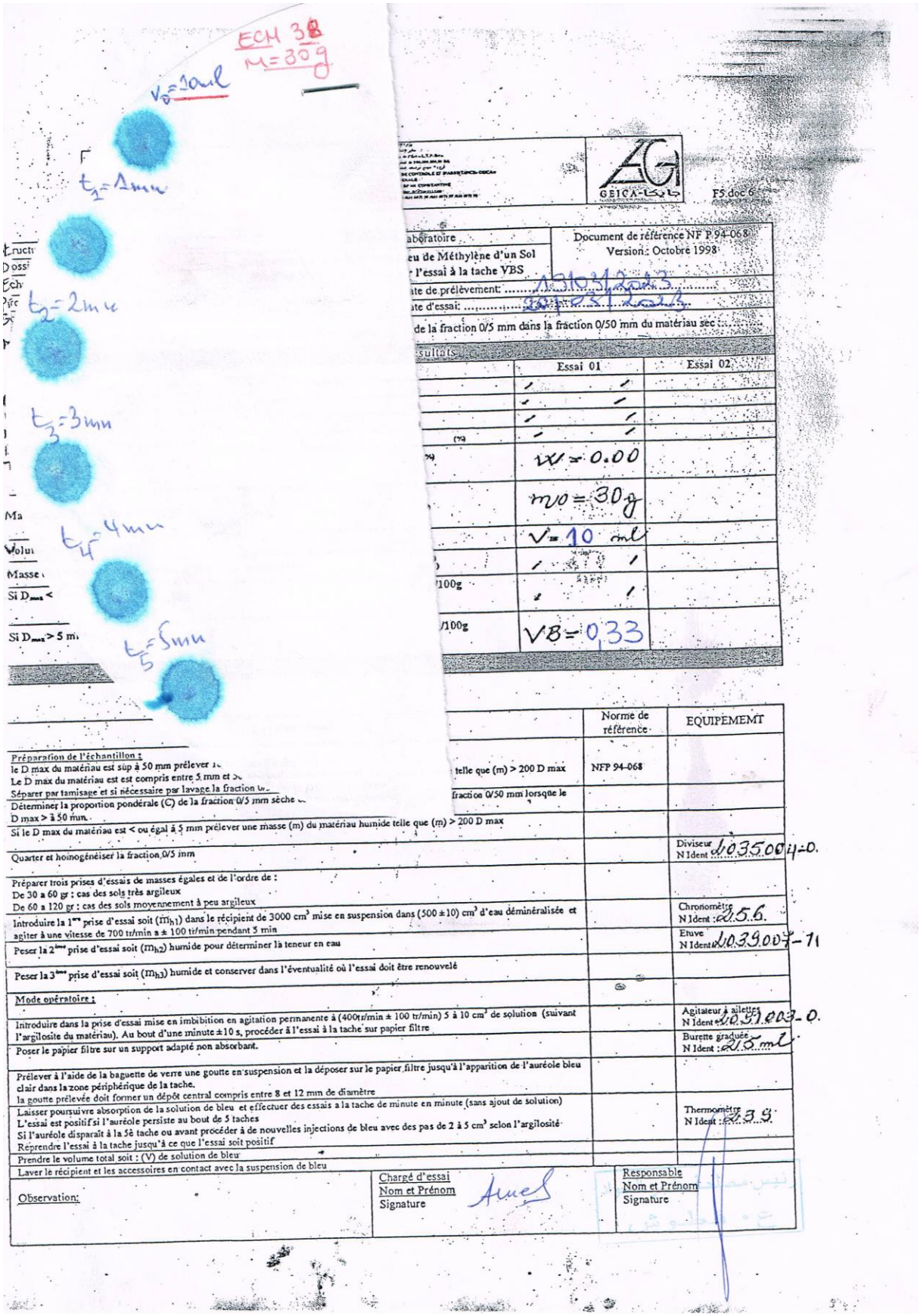
	Essai 01	Essai 02
	/ /	
	/ /	
	/ /	
(%)	/ /	
(%)	W = 0.00	
(g)	m0 = 30 g	
(cm³)	V = 35 ml	
(cm³)	/ /	
g/100g	/ /	
g/100g	VB = 1,17	

Mode operatoire

DESIGNATION	Norme de référence	EQUIPEMEMT
Préparati le D max Le D max Séparer p Détermin D max > a 50 mm.	0 Kg de sa fraction 0/50 mm e 5 mm et 50 mm, prélever une masse (m) du matériau humide telle que (m) > 200 D max e par lavage la fraction 0/5mm contenu dans cet échantillon pondérale (C) de la fraction 0/5 mm sèche contenu dans le matériau ou dans sa fraction 0/50 mm lorsque le	NFP 94-068	
Si le D max du matériau est < ou égal à 5 mm prélever une masse (m) du matériau humide telle que (m) > 200 D max			
Quarter et homogénéiser la fraction 0/5 mm			Diviseur N Ident 1035004-0.
Préparer trois prises d'essais de masses égales et de l'ordre de : De 30 a 60 gr : cas des sols très argileux De 60 a 120 gr : cas des sols moyennement à peu argileux			
Introduire la 1ère prise d'essai soit (m_{h1}) dans le récipient de 3000 cm³ mise en suspension dans (500 ± 10) cm³ d'eau déminéralisée et agiter à une vitesse de 700 tr/min a ± 100 tr/min pendant 5 min			Chronomètre N Ident : 20.5.6.
Peser la 2ème prise d'essai soit (m_{h2}) humide pour déterminer la teneur en eau			Etuve N Ident 1039007-71
Peser la 3ème prise d'essai soit (m_{h3}) humide et conserver dans l'éventualité où l'essai doit être renouvelé			
Mode opératoire :			
Introduire dans la prise d'essai mise en imbibition en agitation permanente à (400tr/min ± 100 tr/min) 5 à 10 cm³ de solution (suivant l'argilosite du matériau). Au bout d'une minute ±10 s, procéder à l'essai à la tache sur papier filtre			Agitateur à ailettes N Ident 1035003-0.
Poser le papier filtre sur un support adapté non absorbant.			Burette graduée N Ident : 20.5 ml
Prélever à l'aide de la baguette de verre une goutte en suspension et la déposer sur le papier filtre jusqu'à l'apparition de l'auréole bleu clair dans la zone périphérique de la tache. la goutte prélevée doit former un dépôt central compris entre 8 et 12 mm de diamètre			
Laisser poursuivre absorption de la solution de bleu et effectuer des essais a la tache de minute en minute (sans ajout de solution) L'essai est positif si l'auréole persiste au bout de 5 taches Si l'auréole disparaît à la 5è tache ou avant procéder à de nouvelles injections de bleu avec des pas de 2 à 5 cm³ selon l'argilosité Reprendre l'essai à la tache jusqu'à ce que l'essai soit positif			Thermomètre N Ident : 23.3.
Prendre le volume total soit : (V) de solution de bleu			
Laver le récipient et les accessoires en contact avec la suspension de bleu			

Observation:	Chargé d'essai Nom et Prénom Signature	Responsable Nom et Prénom Signature
	Aues	

Annexes



ECH 38
M=30g
V_0=10ml
t_1=1mn
t_2=2mn
t_3=3mn
t_4=4mn
t_5=5mn

GEICA-ECA

F5 doc 6

Document de référence NF P 94-068
Version : Octobre 1998

Essai à la tache VBS

Date de prélèvement : 13/03/2023

Date d'essai : 23/03/2023

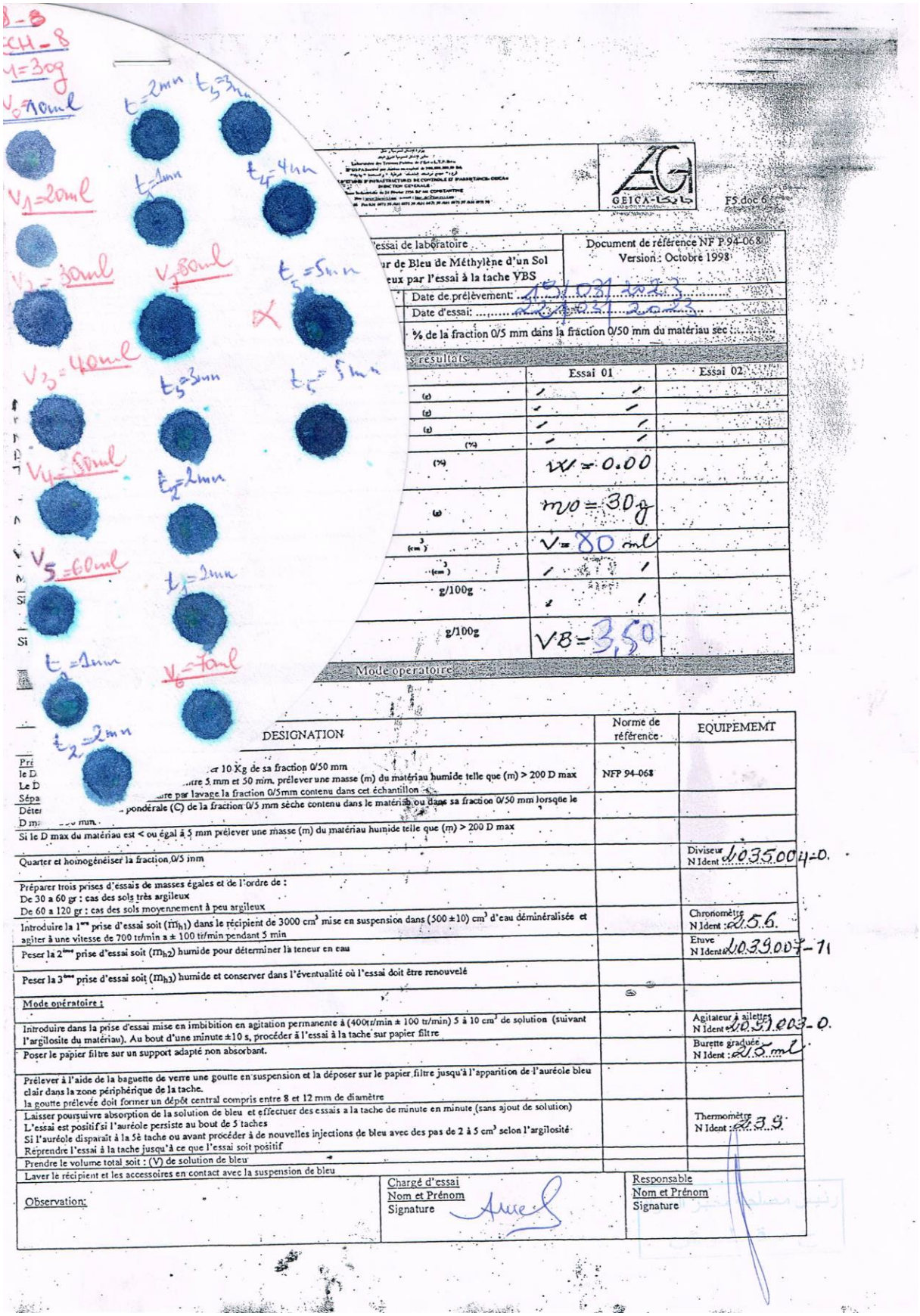
de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm du matériau sec

Résultats	Essai 01	Essai 02
	/	/
	/	/
	/	/
(%)	/	/
	VV = 0.00	
	mo = 30g	
	V = 10 ml	
	/	/
/100g	/	/
/100g	V8 = 0,33	

	Norme de référence	EQUIPEMEMT
Préparation de l'échantillon :		
le D max du matériau est sup à 50 mm prélever l…		
Le D max du matériau est est compris entre 5 mm et 5…		
Séparer par tamisage et si nécessaire par lavage la fraction 0…		
Déterminer la proportion pondérale (C) de la fraction 0/5 mm sèche …		
D max > à 50 mm.		
Si le D max du matériau est < ou égal à 5 mm prélever une masse (m) du matériau humide telle que (m) > 200 D max	telle que (m) > 200 D max	NFP 94-068
Quarter et homogénéiser la fraction 0/5 mm	fraction 0/50 mm lorsque le	Diviseur N Ident : 0.03500 i-0.
Préparer trois prises d'essais de masses égales et de l'ordre de : De 30 a 60 gr : cas des sols très argileux De 60 a 120 gr : cas des sols moyennement à peu argileux		
Introduire la 1ère prise d'essai soit (m_{h1}) dans le récipient de 3000 cm³ mise en suspension dans (500 ± 10) cm³ d'eau déminéralisée et agiter à une vitesse de 700 tr/min a ± 100 tr/min pendant 5 min		Chronomètre N Ident : 0.5.6.
Peser la 2ème prise d'essai soit (m_{h2}) humide pour déterminer la teneur en eau		Etuve N Ident : 0.39007-71
Peser la 3ème prise d'essai soit (m_{h3}) humide et conserver dans l'éventualité où l'essai doit être renouvelé		
Mode opératoire :		
Introduire dans la prise d'essai mise en imbibition en agitation permanente à (400tr/min ± 100 tr/min) 5 à 10 cm³ de solution (suivant l'argilosite du matériau). Au bout d'une minute ±10 s, procéder à l'essai à la tache sur papier filtre		Agitateur à ailettes N Ident : 0.31.003-0.
Poser le papier filtre sur un support adapté non absorbant.		Burette graduée N Ident : 25 ml
Prélever à l'aide de la baguette de verre une goutte en suspension et la déposer sur le papier filtre jusqu'à l'apparition de l'auréole bleu clair dans la zone périphérique de la tache. la goutte prélevée doit former un dépôt central compris entre 8 et 12 mm de diamètre		
Laisser poursuivre absorption de la solution de bleu et effectuer des essais a la tache de minute en minute (sans ajout de solution) L'essai est positif si l'auréole persiste au bout de 5 taches Si l'auréole disparaît à la 5è tache ou avant procéder à de nouvelles injections de bleu avec des pas de 2 à 5 cm³ selon l'argilosité Reprendre l'essai à la tache jusqu'à ce que l'essai soit positif		Thermomètre N Ident : 0.3.3.
Prendre le volume total soit : (V) de solution de bleu		
Laver le récipient et les accessoires en contact avec la suspension de bleu		

Observation:	Chargé d'essai Nom et Prénom Signature	Responsable Nom et Prénom Signature
	Anes	

Annexes



GEICA-جايكا

F5.doc 6

essai de laboratoire

Document de référence NF P 94-068
Version : Octobre 1998

ur de Bleu de Méthylène d'un Sol
eux par l'essai à la tache VBS

Date de prélèvement : 13/03/2023

Date d'essai : 22/03/2023

% de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm du matériau sec :

résultats

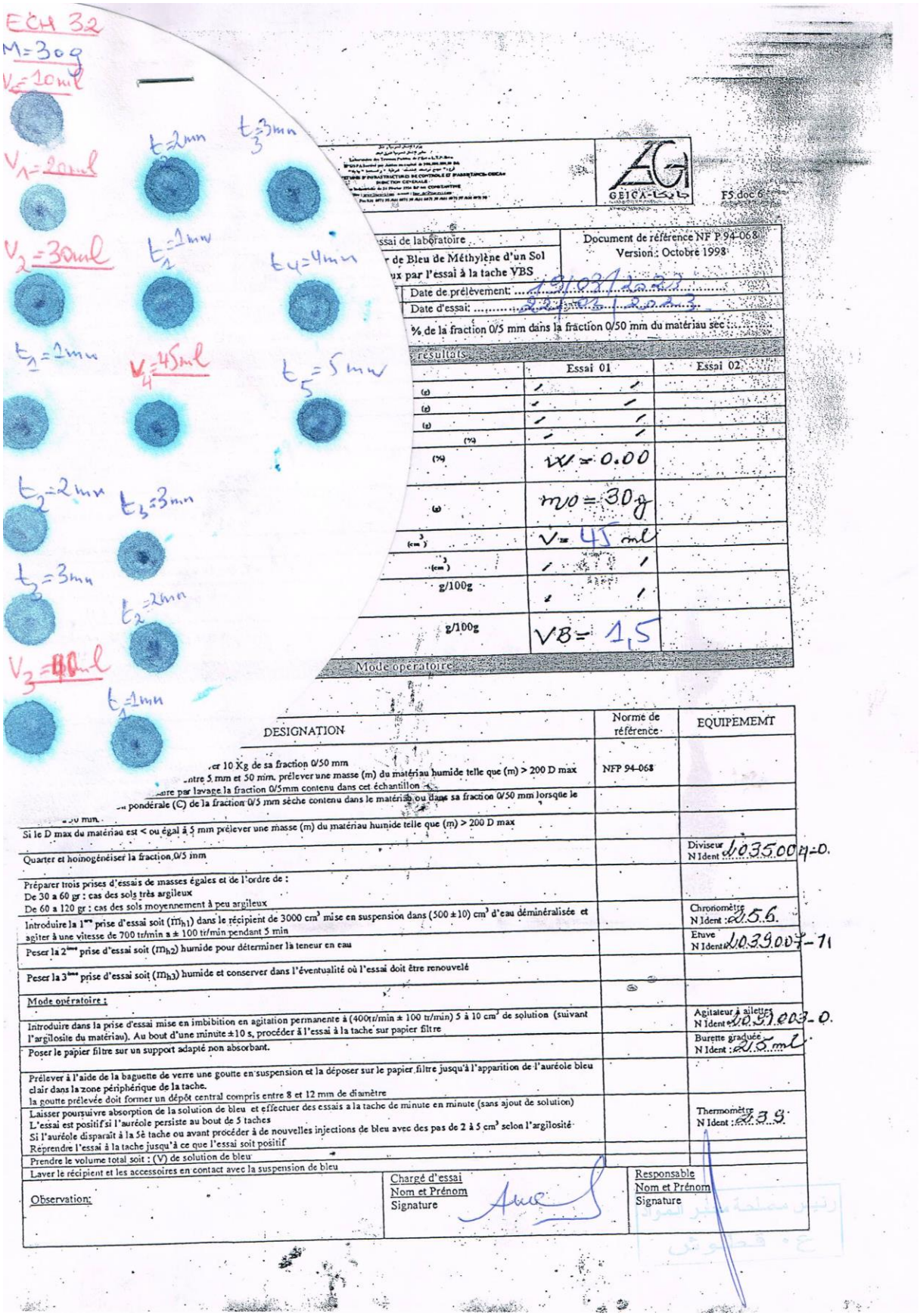
	Essai 01	Essai 02
(g)	/	
(g)	/	
(g)	/	
(%)	/	
(%)	VV = 0.00	
(g)	mo = 30 g	
(cm^3)	V = 80 ml	
(cm^3)	/	
g/100g	/	
g/100g	VB = 3,50	

Mode operatoire

DESIGNATION	Norme de référence	EQUIPEMEMT
...r 10 Kg de sa fraction 0/50 mm ...tre 5 mm et 50 mm, prélever une masse (m) du matériau humide telle que (m) > 200 D max	NFP 94-068	
...ure par lavage la fraction 0/5mm contenu dans cet échantillon ...pondérale (C) de la fraction 0/5 mm sèche contenu dans le matériau ou dans sa fraction 0/50 mm lorsque le		
Si le D max du matériau est < ou égal à 5 mm prélever une masse (m) du matériau humide telle que (m) > 200 D max		
Quarter et homogénéiser la fraction 0/5 mm		Diviseur N Ident : 1035.001-0.
Préparer trois prises d'essais de masses égales et de l'ordre de : De 30 a 60 gr : cas des sols très argileux De 60 a 120 gr : cas des sols moyennement à peu argileux		
Introduire la 1ère prise d'essai soit (m_{h1}) dans le récipient de 3000 cm^3 mise en suspension dans (500 ± 10) cm^3 d'eau déminéralisée et agiter à une vitesse de 700 tr/min a ± 100 tr/min pendant 5 min		Chronomètre N Ident : 2.5.6.
Peser la 2ème prise d'essai soit (m_{h2}) humide pour déterminer la teneur en eau		Etuve N Ident : 1039.007-1
Peser la 3ème prise d'essai soit (m_{h3}) humide et conserver dans l'éventualité où l'essai doit être renouvelé		
Mode opératoire :		
Introduire dans la prise d'essai mise en imbibition en agitation permanente à (400tr/min ± 100 tr/min) 5 à 10 cm^3 de solution (suivant l'argilosite du matériau). Au bout d'une minute ±10 s, procéder à l'essai à la tache sur papier filtre		Agitateur à ailettes N Ident : 1039.003-0.
Poser le papier filtre sur un support adapté non absorbant.		Burette graduée N Ident : 25 ml
Prélever à l'aide de la baguette de verre une goutte en suspension et la déposer sur le papier filtre jusqu'à l'apparition de l'auréole bleu clair dans la zone périphérique de la tache. la goutte prélevée doit former un dépôt central compris entre 8 et 12 mm de diamètre		
Laisser poursuivre absorption de la solution de bleu et effectuer des essais a la tache de minute en minute (sans ajout de solution) L'essai est positif si l'auréole persiste au bout de 5 taches Si l'auréole disparaît à la 5è tache ou avant procéder à de nouvelles injections de bleu avec des pas de 2 à 5 cm^3 selon l'argilosité Réprendre l'essai à la tache jusqu'à ce que l'essai soit positif		Thermomètre N Ident : 2.3.9.
Prendre le volume total soit : (V) de solution de bleu		
Laver le récipient et les accessoires en contact avec la suspension de bleu		

Observation:	Chargé d'essai Nom et Prénom Signature	Responsable Nom et Prénom Signature

Annexes



ECH 32
M=30g
V=10ml
V1=20ml
V2=30ml
V3=40ml
V4=45ml
t1=1mn
t2=2mn
t3=3mn
t4=4mn
t5=5mn

GEICA

F5 doc 6

Document de référence NF P 94-068
Version : Octobre 1998

...ssai de laboratoire
...r de Bleu de Méthylène d'un Sol
...ux par l'essai à la tache VBS

Date de prélèvement : 19/02/2021
Date d'essai : 22/02/2021

...% de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm du matériau sec :

...résultats

	Essai 01	Essai 02
(g)	/	/
(g)	/	/
(g)	/	/
(%)	/	/
(%)	VV = 0.00	
(g)	mo = 30g	
(cm^3)	V = 45 ml	
(cm^3)	/	/
g/100g	/	/
g/100g	VB = 1,5	

Mode opératoire

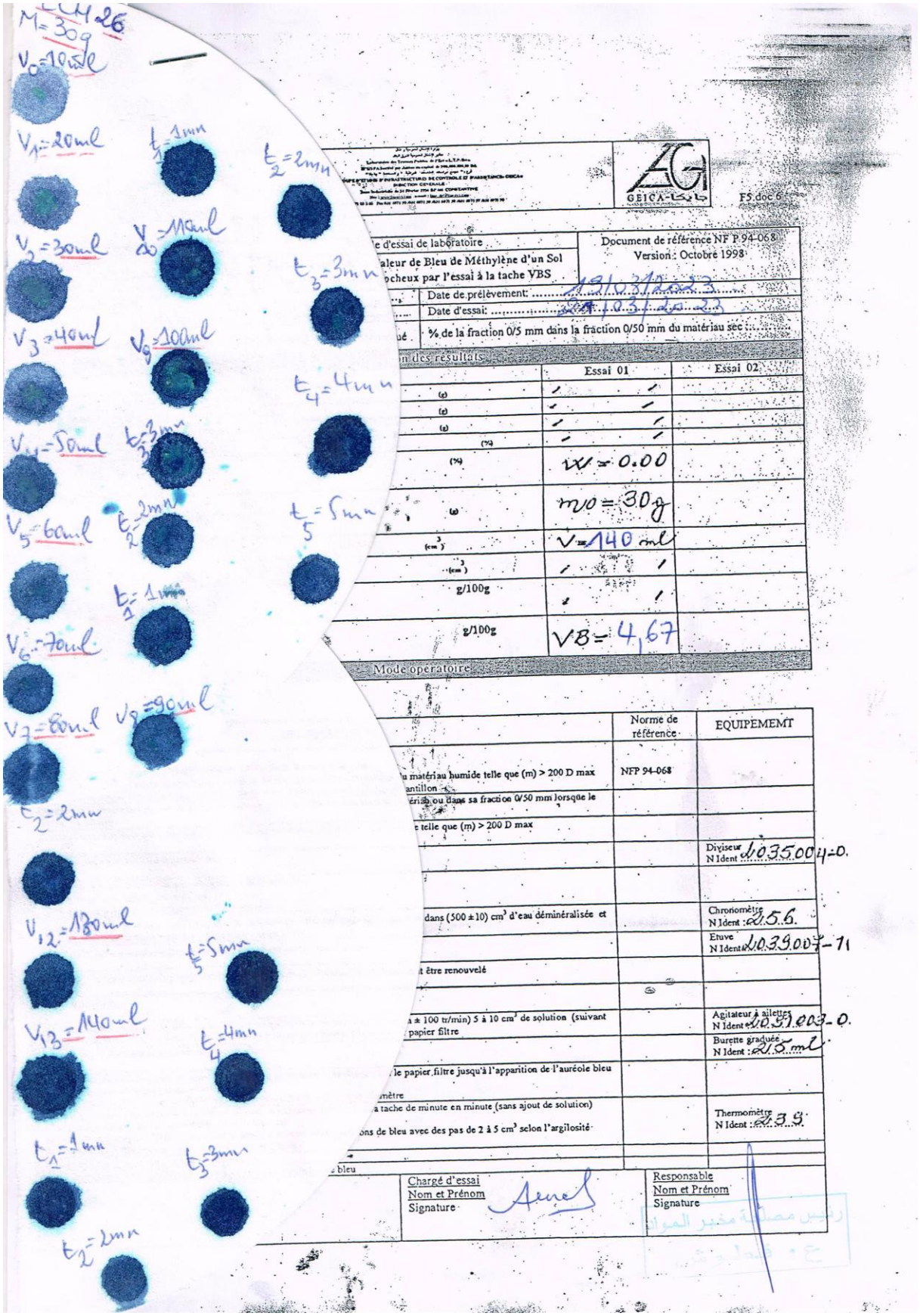
DESIGNATION	Norme de référence	EQUIPEMEMT
...er 10 Kg de sa fraction 0/50 mm ...ntre 5 mm et 50 mm, prélever une masse (m) du matériau humide telle que (m) > 200 D max ...are par lavage la fraction 0/5mm contenu dans cet échantillon ...n pondérale (C) de la fraction 0/5 mm sèche contenu dans le matériau ou dans sa fraction 0/50 mm lorsqu'le	NFP 94-068	
...50 mm. Si le D max du matériau est < ou égal à 5 mm prélever une masse (m) du matériau humide telle que (m) > 200 D max		
Quarter et homogénéiser la fraction 0/5 mm		Diviseur N Ident 1035004-0.
Préparer trois prises d'essais de masses égales et de l'ordre de : De 30 a 60 gr : cas des sols très argileux De 60 a 120 gr : cas des sols moyennement à peu argileux		
Introduire la 1ère prise d'essai soit (m_{h1}) dans le récipient de 3000 cm^3 mise en suspension dans (500 ± 10) cm^3 d'eau déminéralisée et agiter à une vitesse de 700 tr/min a ± 100 tr/min pendant 5 min		Chronomètre N Ident : 2056.
Peser la 2ème prise d'essai soit (m_{h2}) humide pour déterminer la teneur en eau		Etuve N Ident 1039007-1
Peser la 3ème prise d'essai soit (m_{h3}) humide et conserver dans l'éventualité où l'essai doit être renouvelé		
Mode opératoire :		
Introduire dans la prise d'essai mise en imbibition en agitation permanente à (400tr/min ± 100 tr/min) 5 à 10 cm^3 de solution (suivant l'argilosite du matériau). Au bout d'une minute ±10 s, procéder à l'essai à la tache sur papier filtre		Agitateur à ailettes N Ident 1035003-0.
Poser le papier filtre sur un support adapté non absorbant.		Burette graduée N Ident : 25 ml
Prélever à l'aide de la baguette de verre une goutte en suspension et la déposer sur le papier filtre jusqu'à l'apparition de l'auréole bleu clair dans la zone périphérique de la tache. la goutte prélevée doit former un dépôt central compris entre 8 et 12 mm de diamètre		
Laisser poursuivre absorption de la solution de bleu et effectuer des essais a la tache de minute en minute (sans ajout de solution) L'essai est positif si l'auréole persiste au bout de 5 taches Si l'auréole disparaît à la 5è tache ou avant procéder à de nouvelles injections de bleu avec des pas de 2 à 5 cm^3 selon l'argilosité Reprendre l'essai à la tache jusqu'à ce que l'essai soit positif		Thermomètre N Ident : 233
Prendre le volume total soit : (V) de solution de bleu		
Laver le récipient et les accessoires en contact avec la suspension de bleu		

Observation:

Chargé d'essai
Nom et Prénom
Signature

Responsable
Nom et Prénom
Signature

Annexes



M = 30g
V_0 = 10 ml
V_1 = 20 ml
V_2 = 30 ml
V_3 = 40 ml
V_4 = 50 ml
V_5 = 60 ml
V_6 = 70 ml
V_7 = 80 ml
V_8 = 90 ml
V_9 = 100 ml
V_{10} = 110 ml
V_{12} = 120 ml
V_{13} = 140 ml
t_1 = 1 mn
t_2 = 2 mn
t_3 = 3 mn
t_4 = 4 mn
t_5 = 5 mn

GEICA-جيكا

F5.doc 6

e d'essai de laboratoire

aleur de Bleu de Méthylène d'un Sol
ocheux par l'essai à la tache VBS

Document de référence NF P 94-068
Version : Octobre 1993

Date de prélèvement: 19/03/2023
Date d'essai: 20/03/2023

é : % de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm du matériau sec : ....

n des résultats

	Essai 01	Essai 02
(g)	/	/
(g)	/	/
(g)	/	/
(%)	/	/
(%)	W = 0.00	
(g)	mo = 30g	
(cm^3)	V = 140 ml	
(cm^3)	/	/
g/100g	/	/
g/100g	VB = 4,67	

Mode opératoire

	Norme de référence	EQUIPEMENT
u matériau humide telle que (m) > 200 D max	NFP 94-068	
antillon ériau ou dans sa fraction 0/50 mm lorsque le		
e telle que (m) > 200 D max		
		Diviseur N Ident 4035004=0.
dans (500 ± 10) cm^3 d'eau déminéralisée et		Chronomètre N Ident : 2.5.6.
		Etuve N Ident 4039007-71
t être renouvelé		
a ± 100 tr/min) 5 à 10 cm^3 de solution (suivant papier filtre		Agitateur à ailettes N Ident 4051003-0. Burette graduée N Ident : 2.5 ml
le papier filtre jusqu'à l'apparition de l'auréole bleu		
mètre a tache de minute en minute (sans ajout de solution) ons de bleu avec des pas de 2 à 5 cm^3 selon l'argilosité		Thermomètre N Ident : 2.3.9.
bleu		

Chargé d'essai
Nom et Prénom
Signature

Responsable
Nom et Prénom
Signature

Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

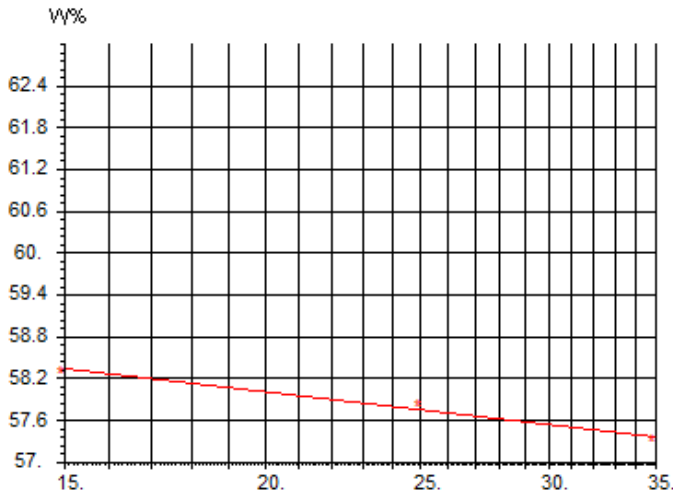
No de l'echantillon : ECHANTILLON 01

Résultats

WL=57.743

WP=32.177

IP=25.567



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	58.3	57.82	57.31	

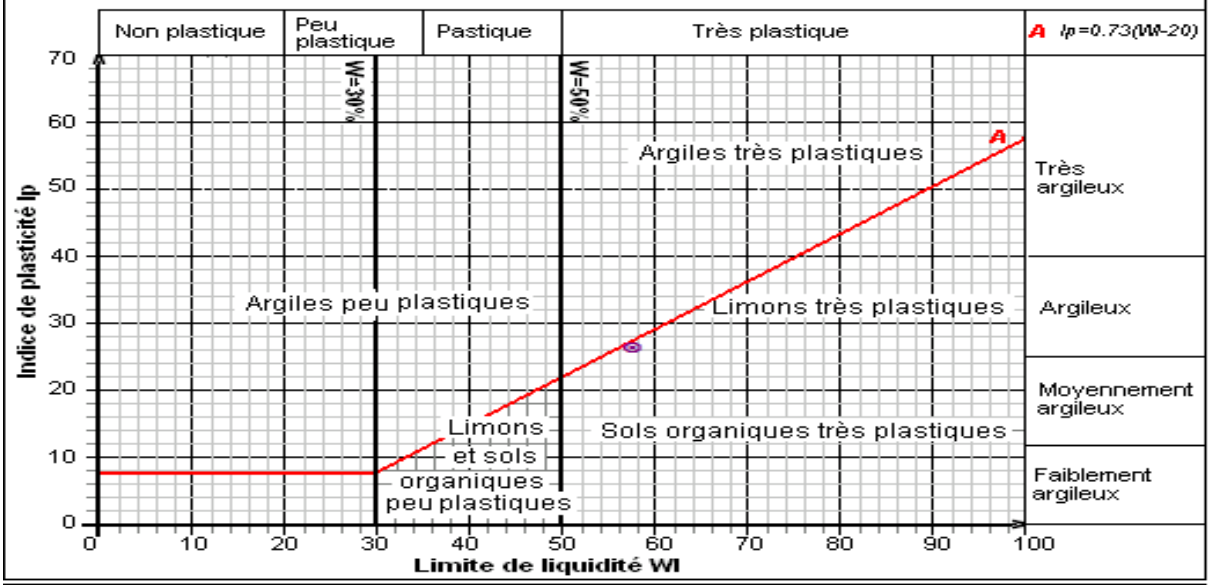
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	31.4	32.95	32.18	

$wl = a \times \text{Log}(25) + b$

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 01



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
⊙			Limons très plastiques-Lt	57.743	25.567

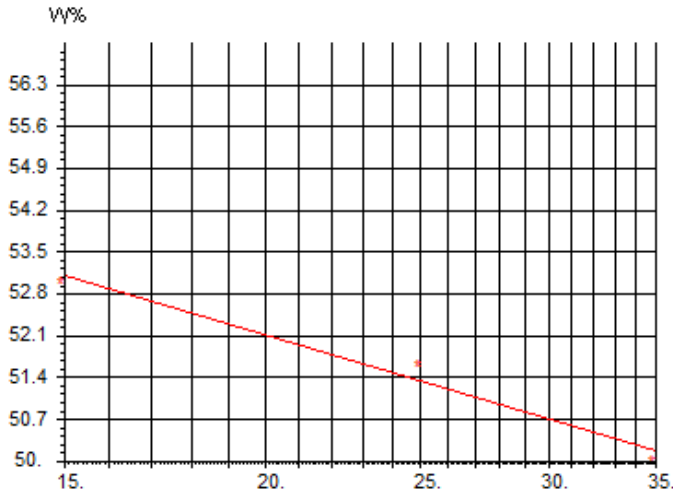
Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

No de l'echantillon : ECHANTILLON 02

Résultats
WL=51.336
WP=30.267
IP=21.069



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	52.99	51.61	50.01	

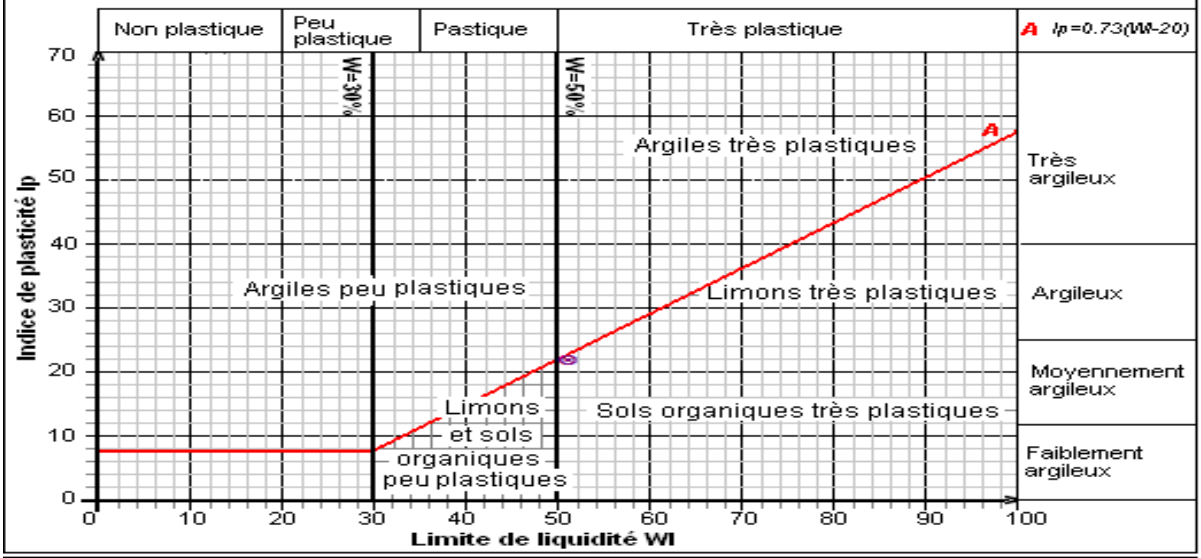
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	30.23	30.68	29.89	

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 02



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
⊙			Limons très plastiques-Lt	51.336	21.069

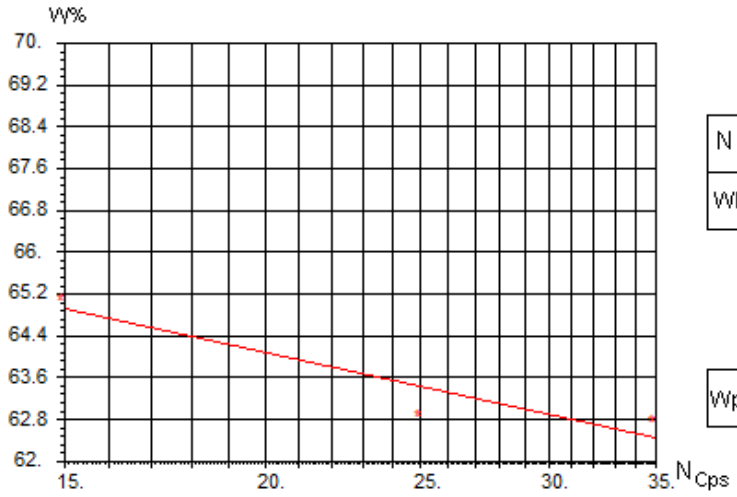
Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

No de l'echantillon : ECHANTILLON 03

Résultats
WL=63.421
WP=22.623
IP=40.798



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	65.12	62.88	62.77	

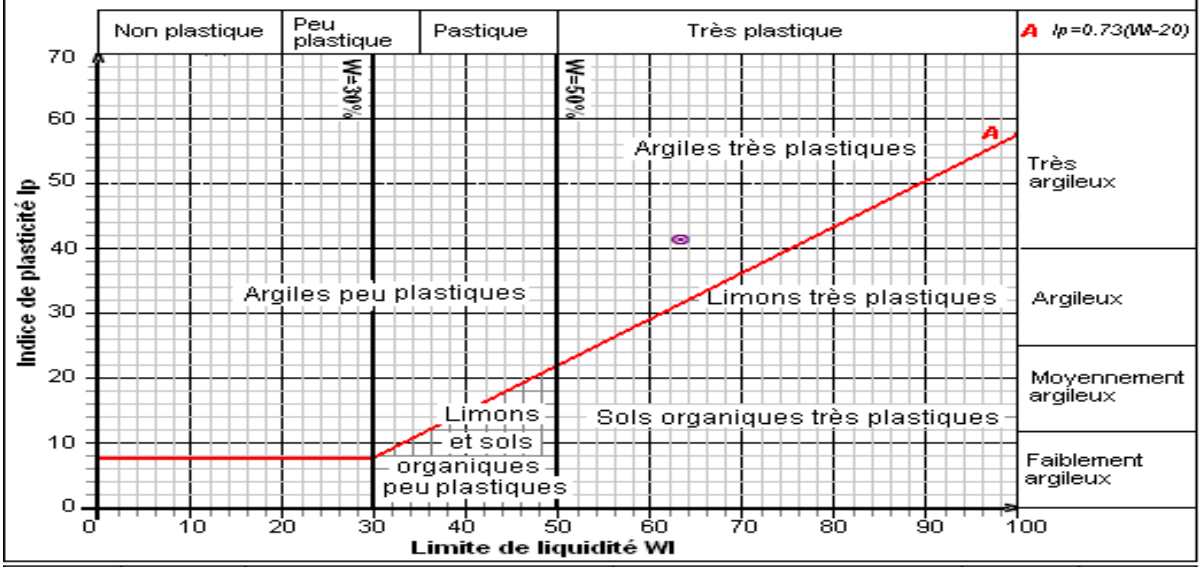
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	25.58	20.45	21.84	

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

**Essai N° ** : ECHANTILLON 03



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
⊙			Argiles très plastiques-At	63.421	40.798

Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

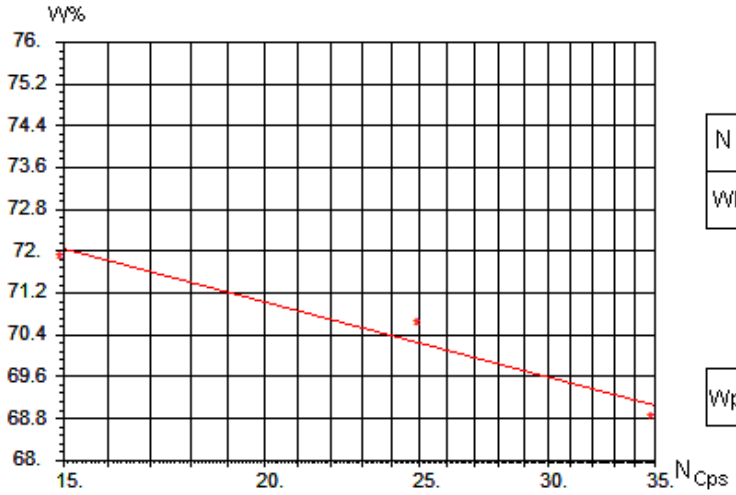
No de l'echantillon : ECHANTILLON 04

Résultats

WL=70.242

WP=30.267

IP=39.975



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	71.89	70.62	68.83	

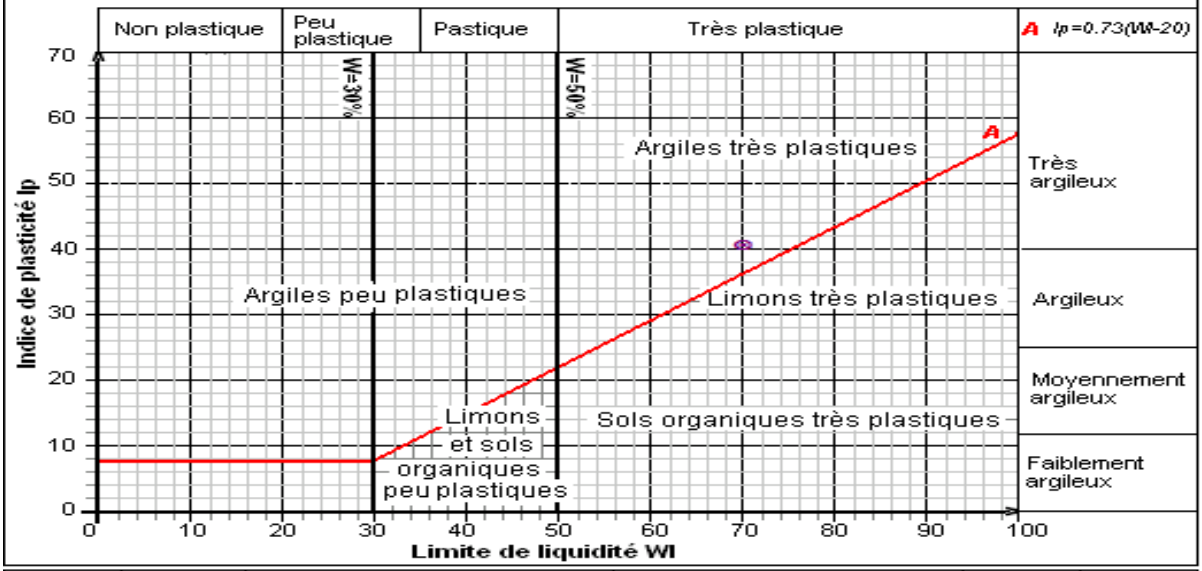
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	30.23	30.68	29.89	

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 04



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
			Argiles très plastiques-At	70.242	39.975

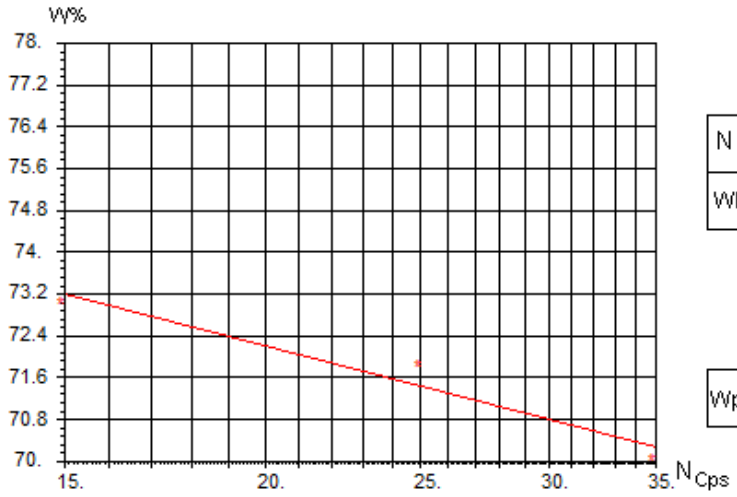
Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

No de l'echantillon : ECHANTILLON 05

Résultats
WL=71.439
WP=32.563
IP=38.876



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	73.05	71.83	70.04	

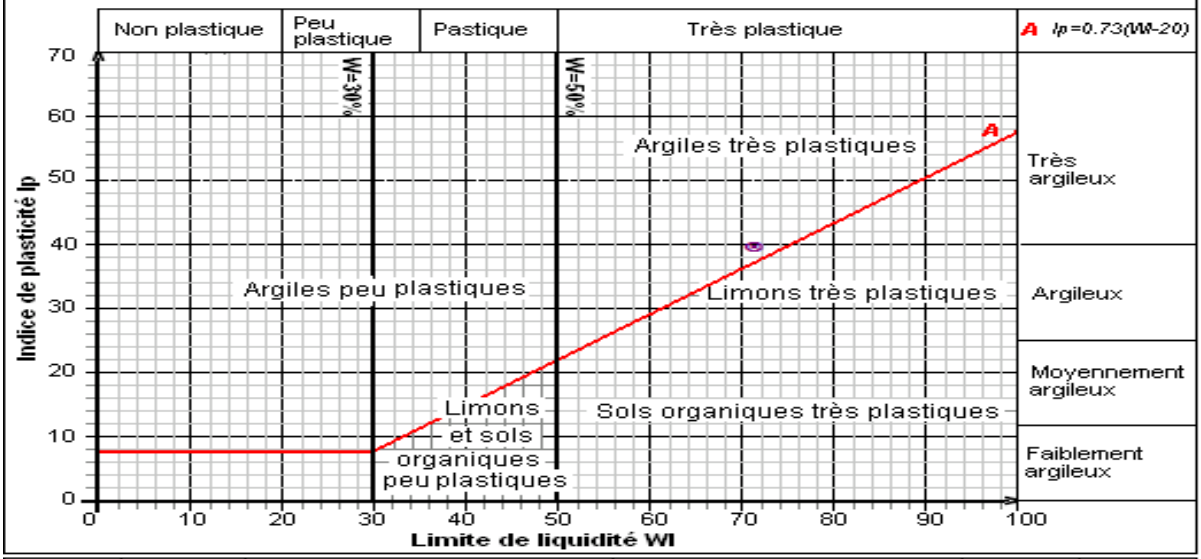
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	32.56	32.95	32.18	

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° " : ECHANTILLON 05



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
⊙			Argiles très plastiques-At	71.439	38.876

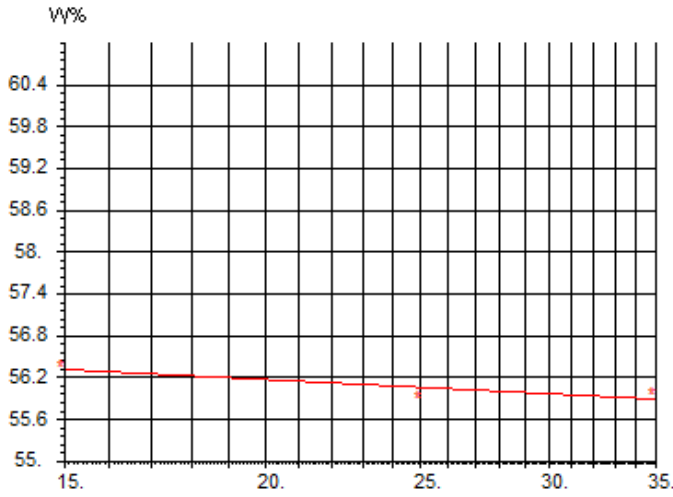
Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

No de l'echantillon : ECHANTILLON 6-1

Résultats
WL=56.067
WP=27.593
IP=28.474



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	56.38	55.93	55.98	

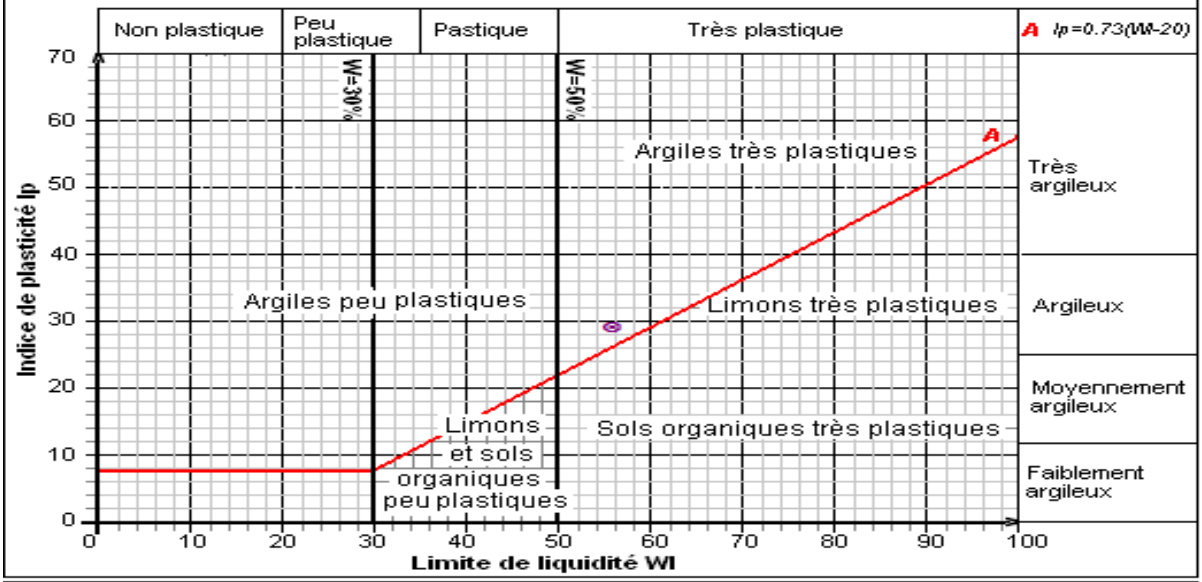
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	29.07	27.27	26.44	

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 6-1



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
⊙			Argiles très plastiques-At	56.067	28.474

Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

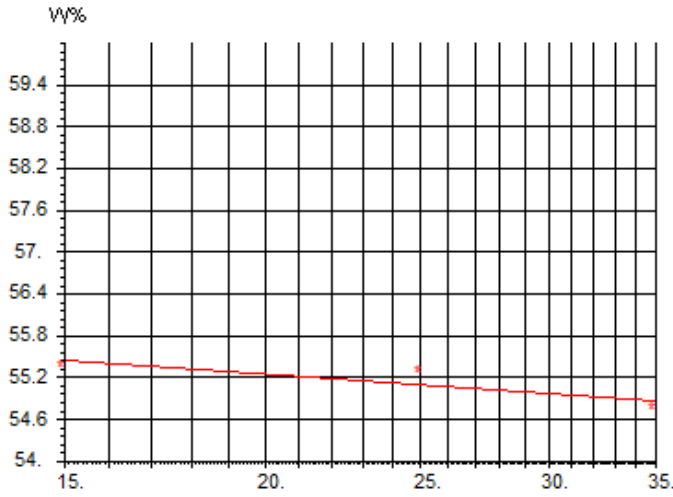
No de l'echantillon : ECHANTILLON 7

Résultats

WL=55.110

WP=29.133

IP=25.977



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	55.39	55.29	54.77	

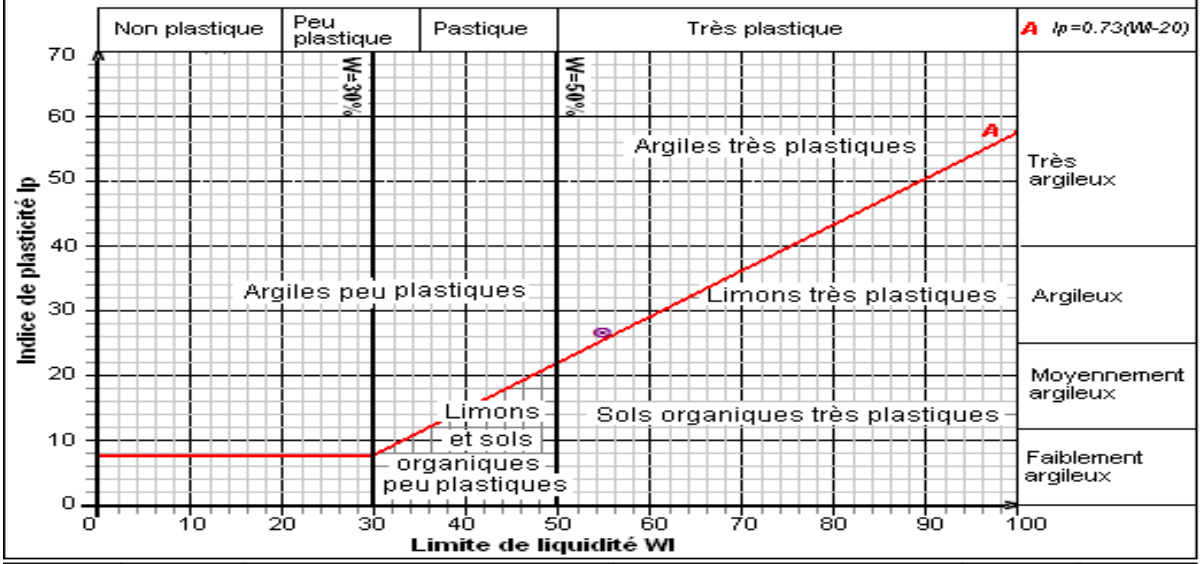
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	31.4	28.41	27.59	

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 07



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
			Argiles très plastiques-At	55.110	25.977

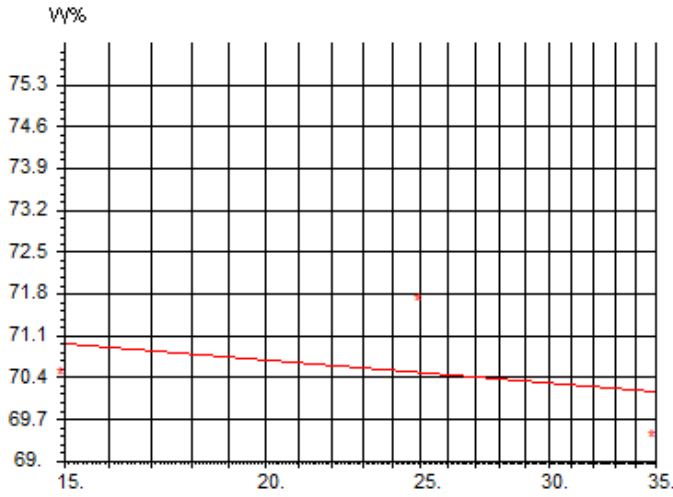
Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

No de l'echantillon : ECHANTILLON 08

Résultats
WL=70.491
WP=34.087
IP=36.404



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	70.49	71.73	69.42	

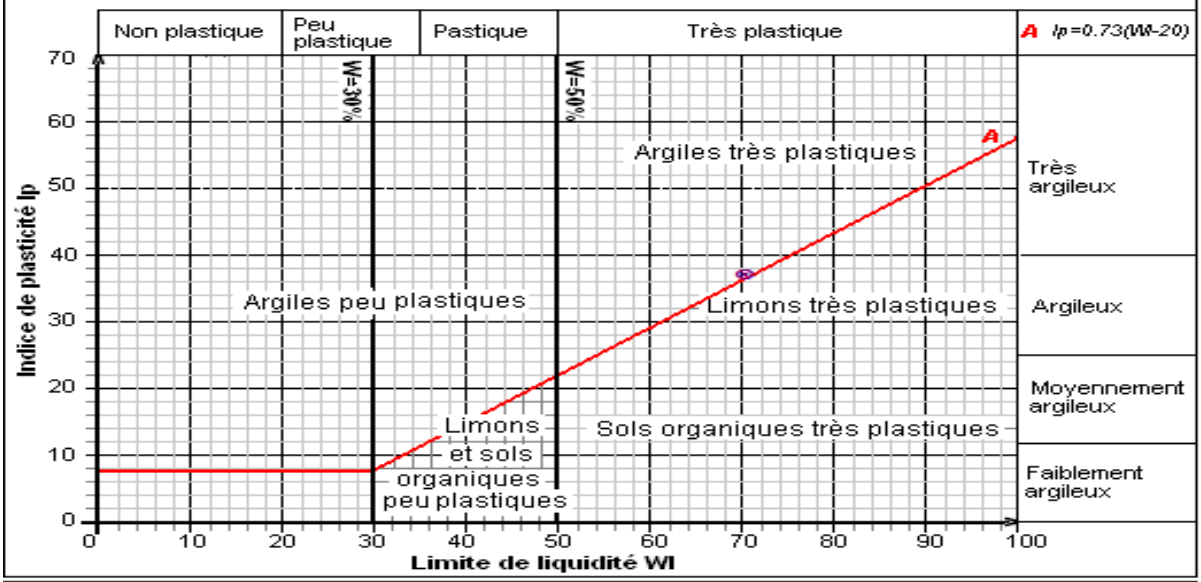
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	33.72	36.36	32.18	

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° :ECHANTILLON 08



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
				70.491	36.404

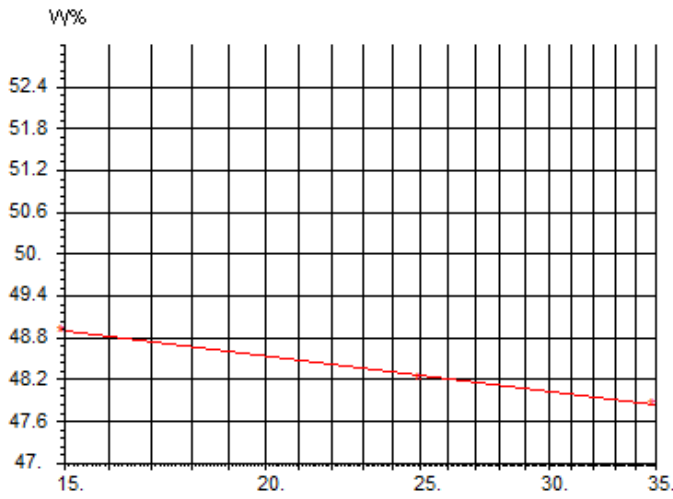
Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

No de l'echantillon : ECHANTILLON 09

Résultats
WL=48.256
WP=23.767
IP=24.489



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	48.92	48.22	47.85	

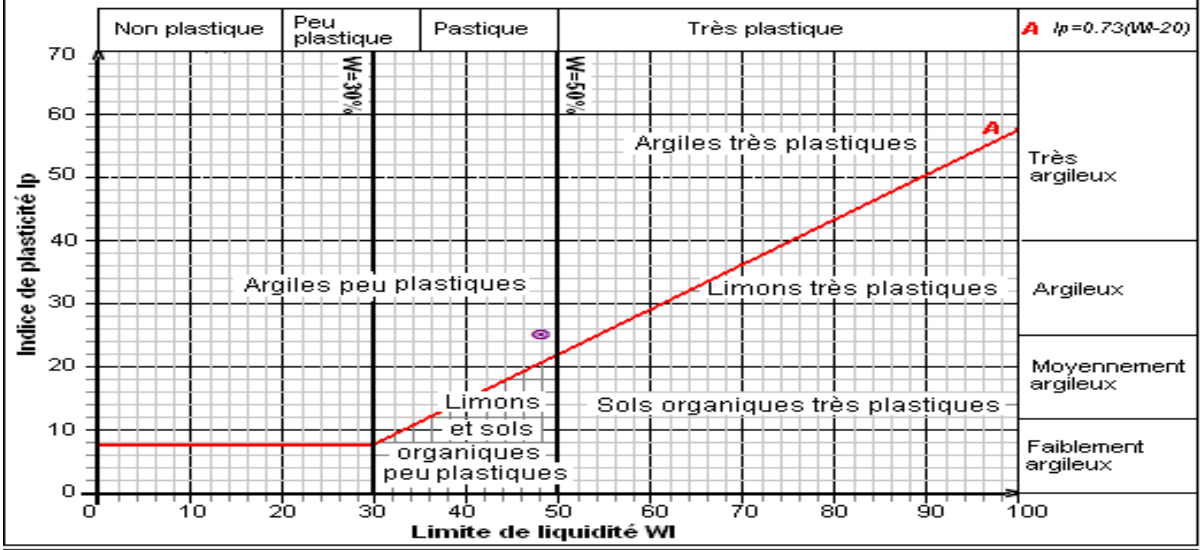
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	25.58	22.73	22.99	

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 09



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
⊙			Argiles peu plastiques-Ap	48.256	24.489

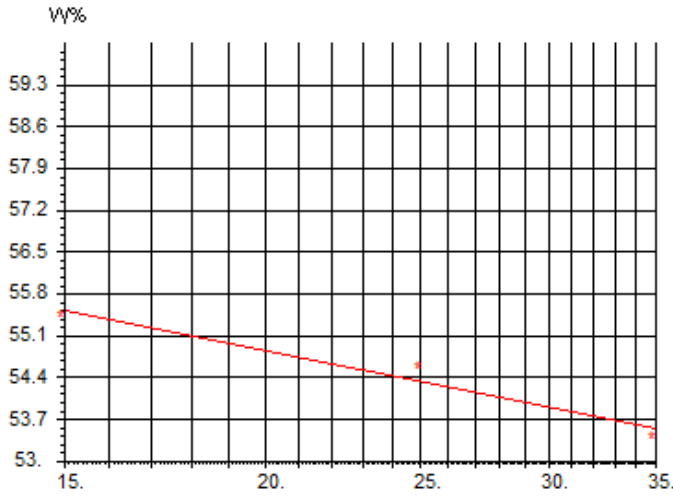
Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

No de l'echantillon : ECHANTILLON11

Résultats
WL=54.338
WP=29.877
IP=24.462



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	55.43	54.58	53.41	

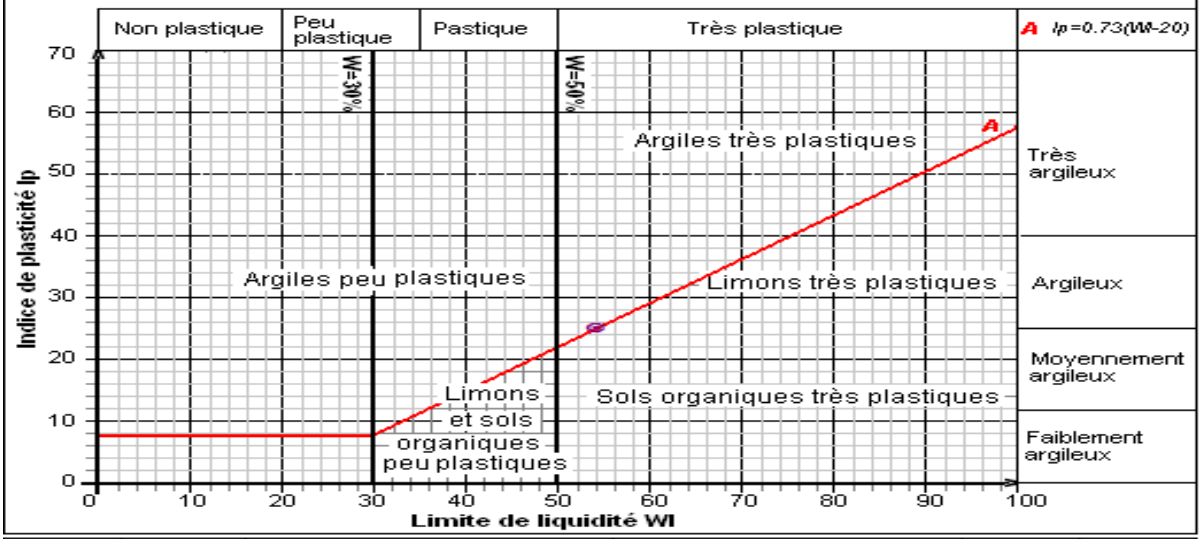
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	30.3	29.03	30.3	29.03

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 11



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
		Argiles	Argiles très plastiques-At	54.338	24.462

Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

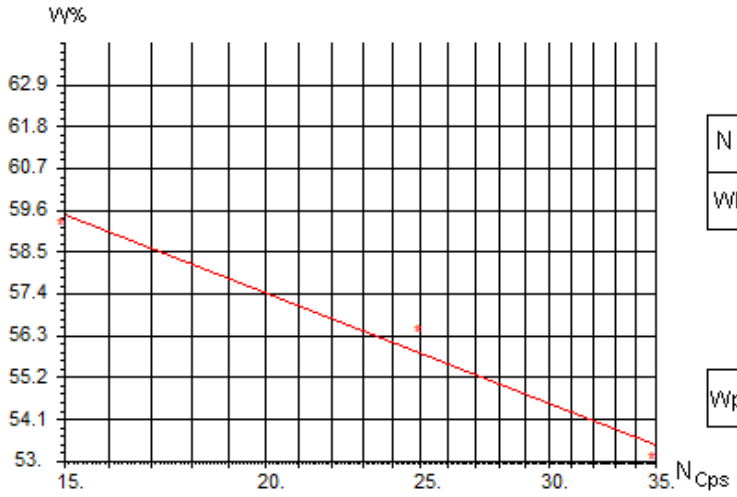
No de l'echantillon : ECHANTILLON 12

Résultats

WL=55.840

WP=24.520

IP=31.320



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	59.24	56.43	53.09	

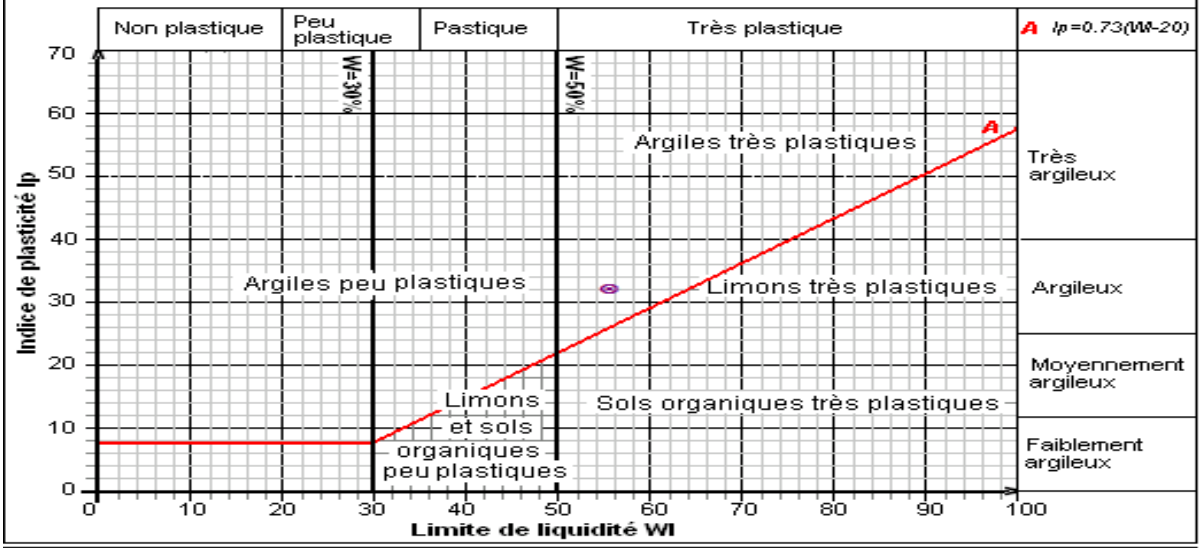
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	24.42	25.	24.14	

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 12



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
			Argiles très plastiques-At	55.840	31.320

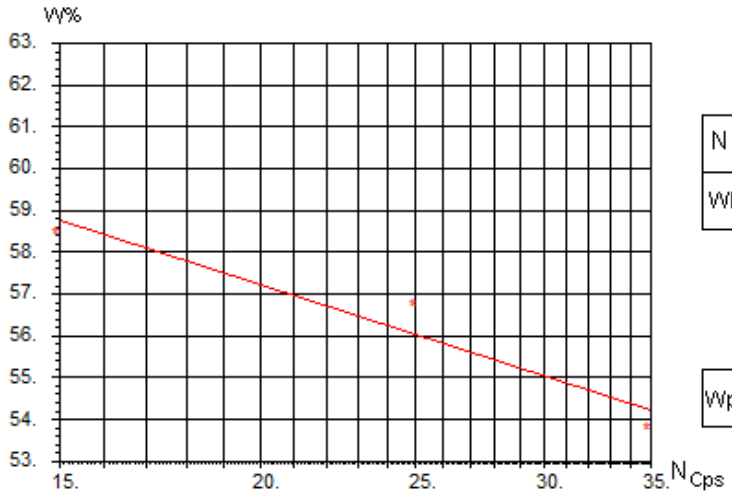
Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

No de l'echantillon : ECHANTILLON 18-2

Résultats
WL=56.035
WP=21.943
IP=34.092



Limite de liquidité

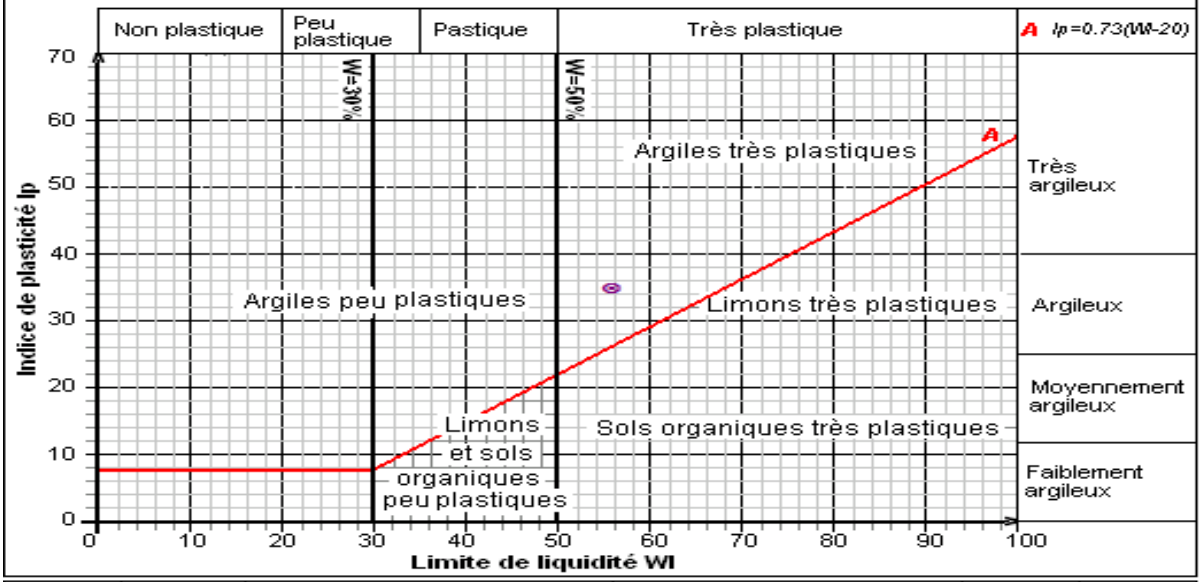
	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	58.49	56.75	53.8	

Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	22.64	20.27	22.92	22.54

$wl = a \times \text{Log}(25) + b$

Essai N° : ECHANTILLON 18-2



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
⊙			Argiles très plastiques-At	56.035	34.092

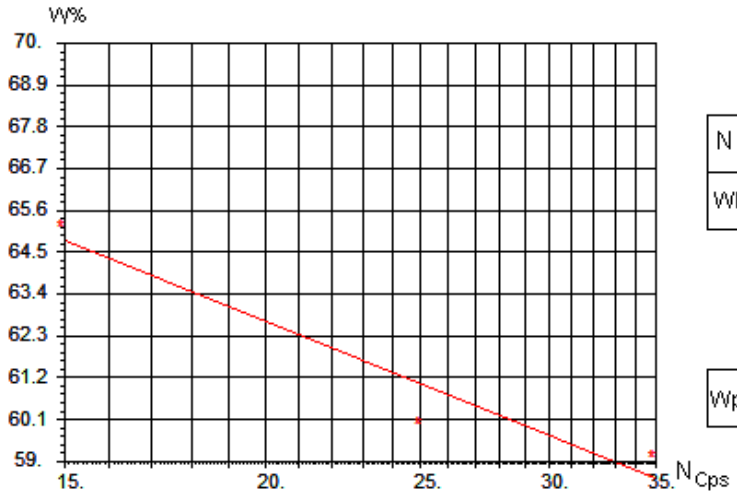
Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP 94 051

No de l'echantillon : ECHANTILLON 21

Résultats
WL=61.029
WP=31.390
IP=29.639



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	65.22	60.01	59.15	

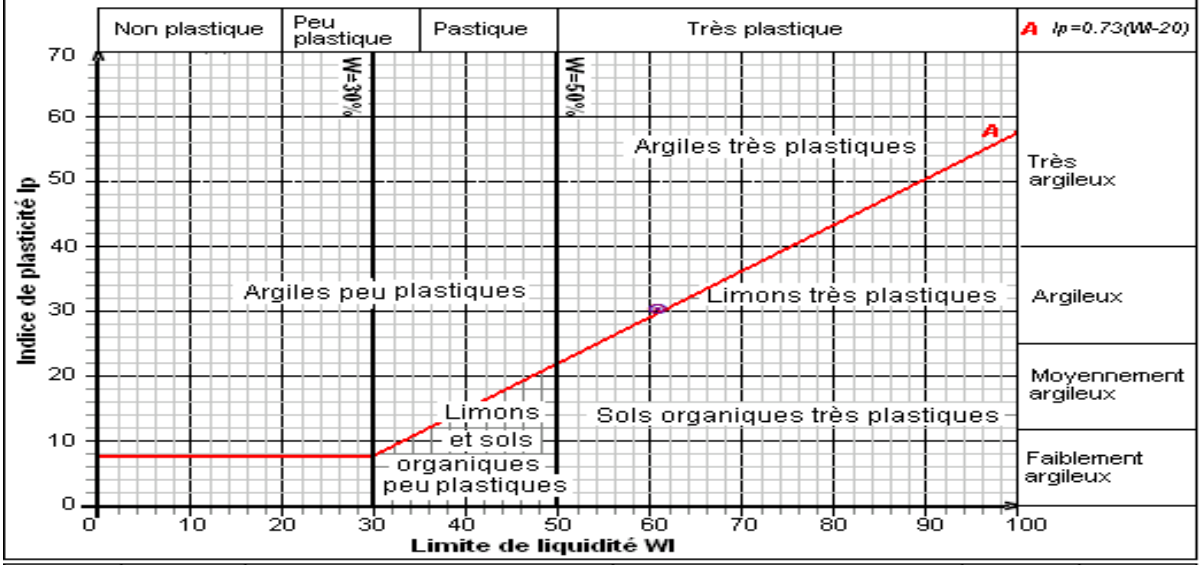
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	32.	32.05	30.12	30.26

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 21



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
			Argiles très plastiques-At	61.029	29.639

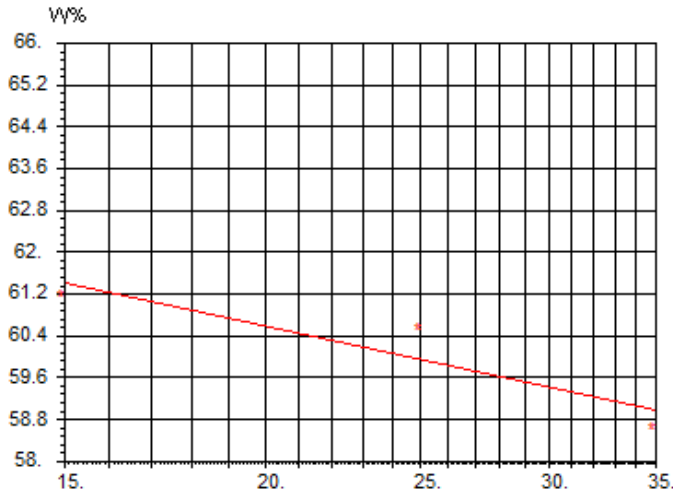
Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP 94 051

No de l'echantillon : ECHANTILLON 20-1

Résultats
WL=59.956
WP=29.373
IP=30.583



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	61.19	60.55	58.63	

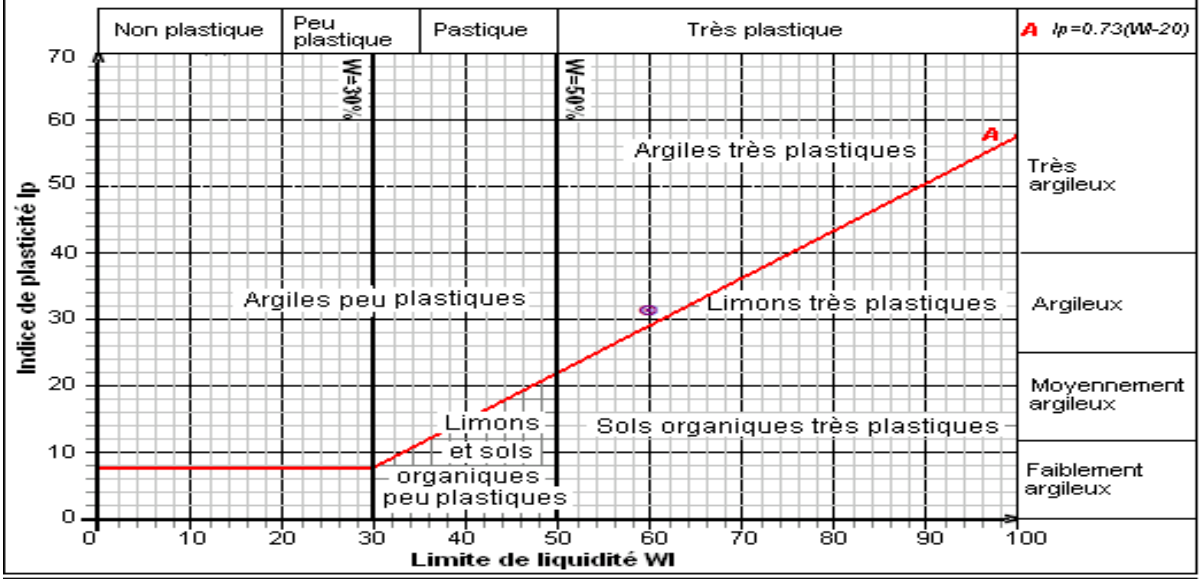
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	28.33	30.	29.79	29.17

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 20-1



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
⊙			Argiles très plastiques-At	59.956	30.583

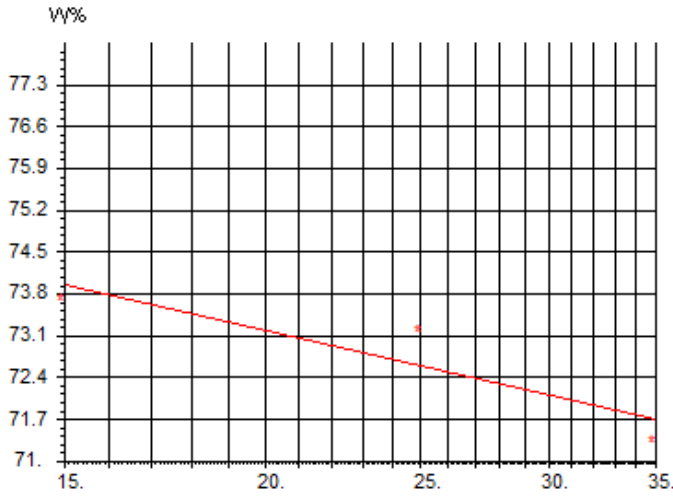
Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

No de l'echantillon : ECHANTILLON 22

Résultats
WL=72.605
WP=34.170
IP=38.435



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	73.73	73.2	71.35	

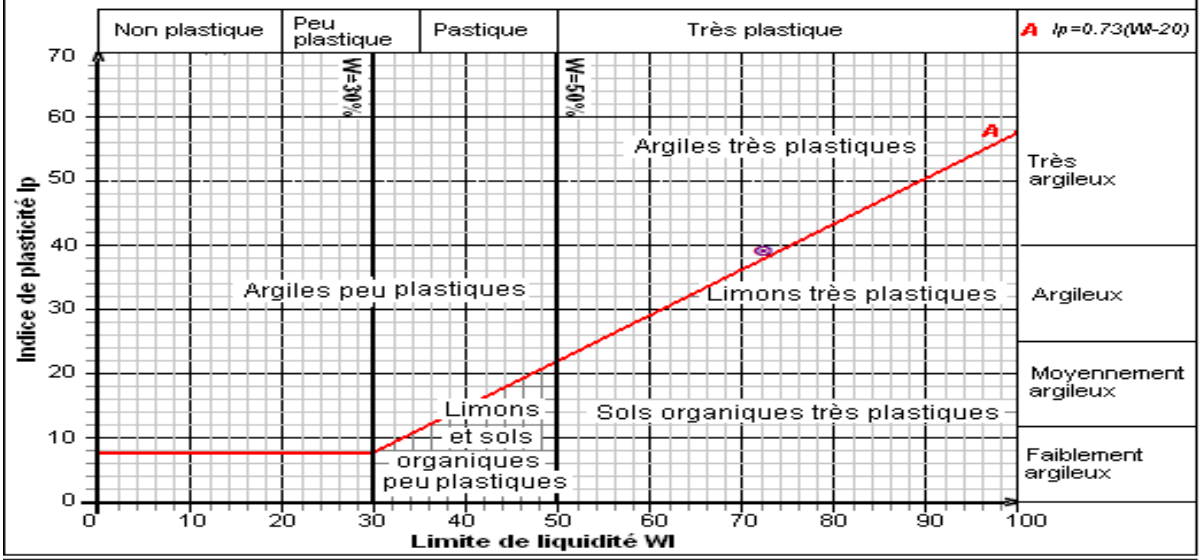
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	33.33	32.14	37.04	

$wl = a \times \text{Log}(25) + b$

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 22



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
⊙			Argiles très plastiques-At	72.605	38.435

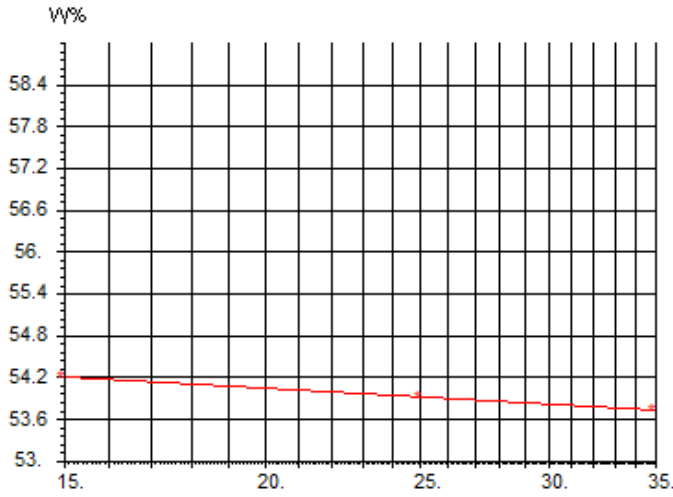
Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

No de l'echantillon : ECHANTILLON 23

Résultats
WL=53.926
WP=29.737
IP=24.190



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	54.22	53.93	53.73	

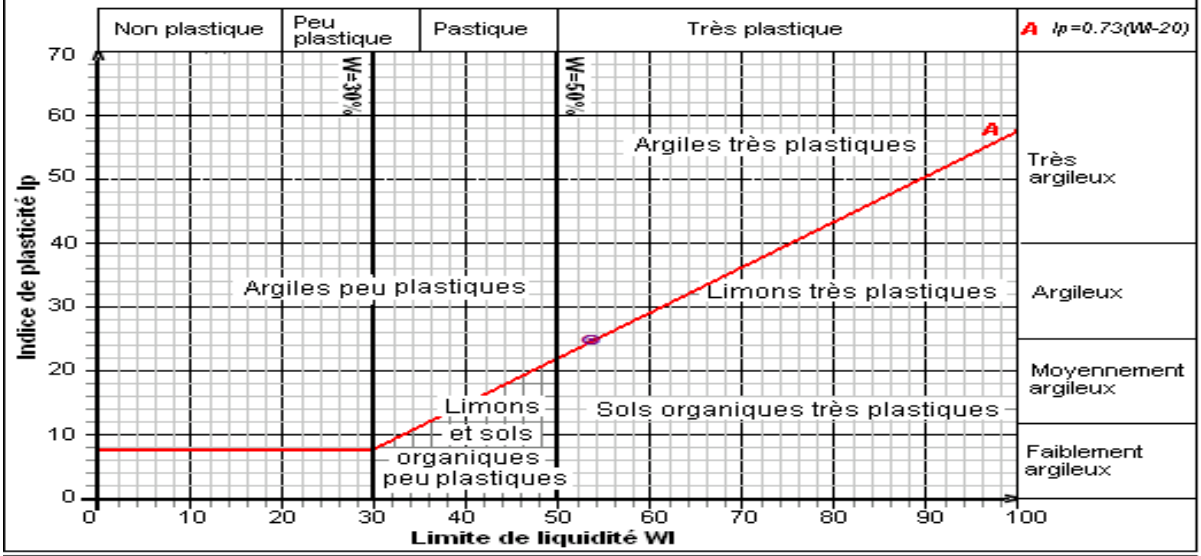
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	29.27	31.37	28.57	28.

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 23



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
			Argiles très plastiques-At	53.926	24.190

Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

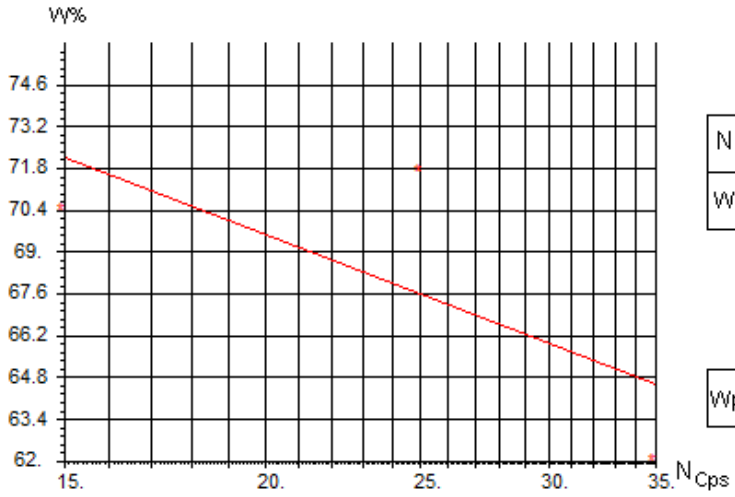
No de l'echantillon : ECHANTILLON 24

Résultats

WL=67.566

WP=31.857

IP=35.709



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	70.49	71.73	62.04	

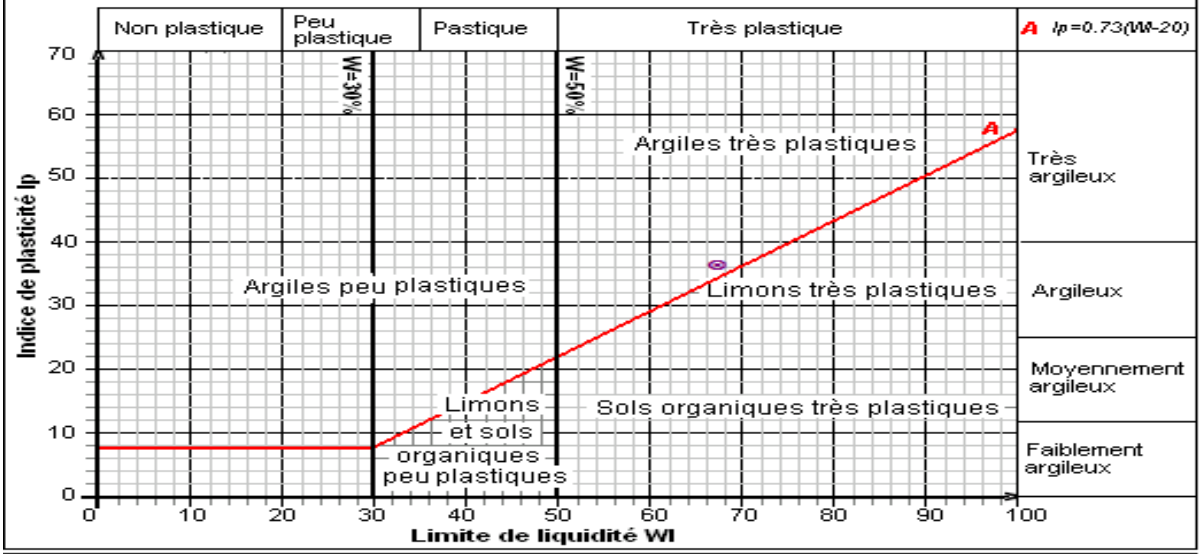
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	39.53	23.86	32.18	

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 24



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
SC04	2.40-2.60m			67.566	35.709

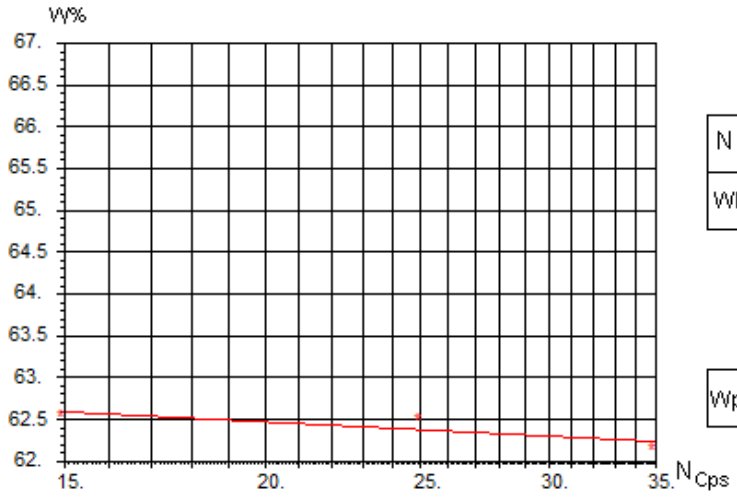
Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

No de l'echantillon : ECHANTILLON 25

Résultats
WL=62.378
WP=23.383
IP=38.995



Limite de liquidité

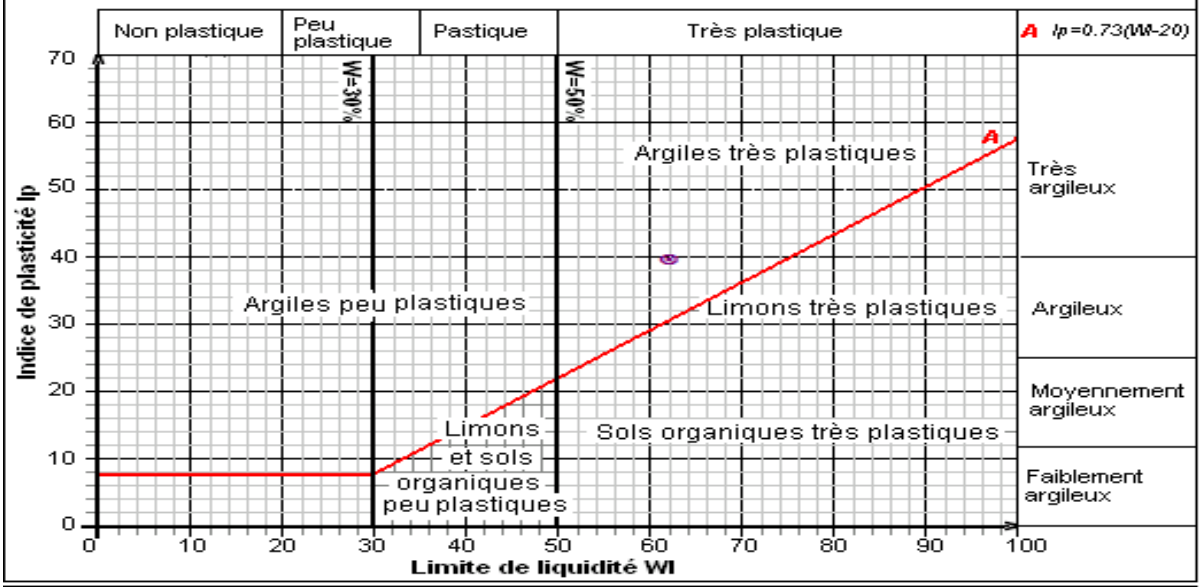
	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	62.55	62.5	62.16	

Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	24.42	21.59	24.14	

wl = a x Log (25) + b

Essai N° : ECHANTILLON 25



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
				62.378	38.995

Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

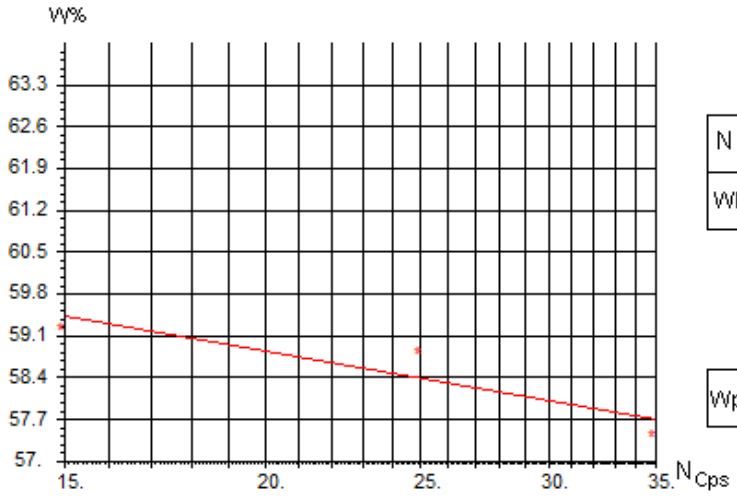
No de l'echantillon : ECHANTILLON 26

Résultats

WL=58.378

WP=27.967

IP=30.412



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	59.24	58.83	57.42	

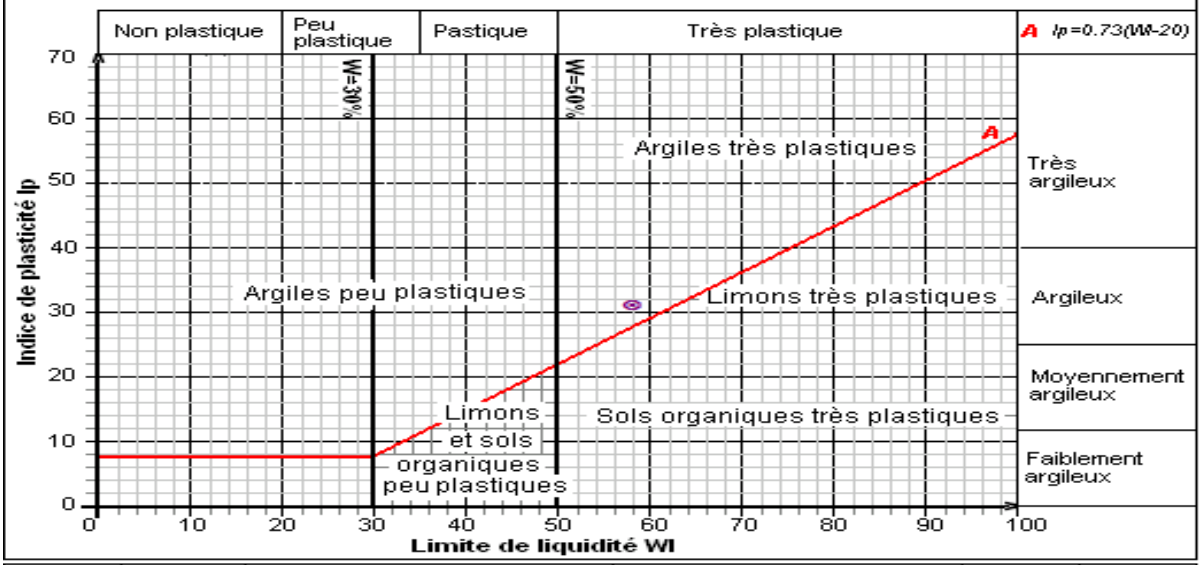
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	27.91	29.55	26.44	

$wl = a \times \mathrm{Log}(25) + b$

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 26



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
⊙			Argiles très plastiques-At	58.378	30.412

Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

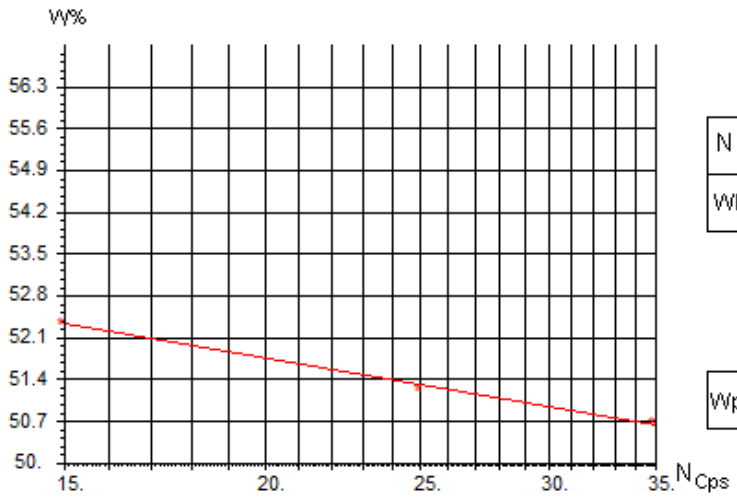
No de l'echantillon : ECHANTILLON 29

Résultats

WL=51.303

WP=27.973

IP=23.330



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	52.36	51.23	50.67	

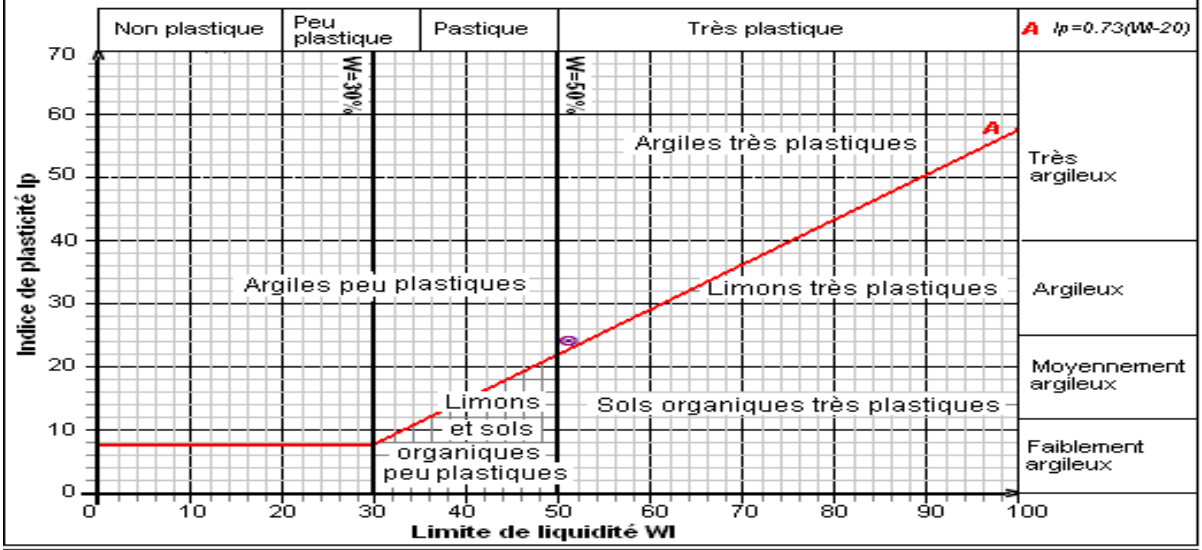
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	30.23	29.55	24.14	

$wl = a \times \text{Log}(25) + b$

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° " : ECHANTILLON 29



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
⊙			Argiles très plastiques-At	51.303	23.330

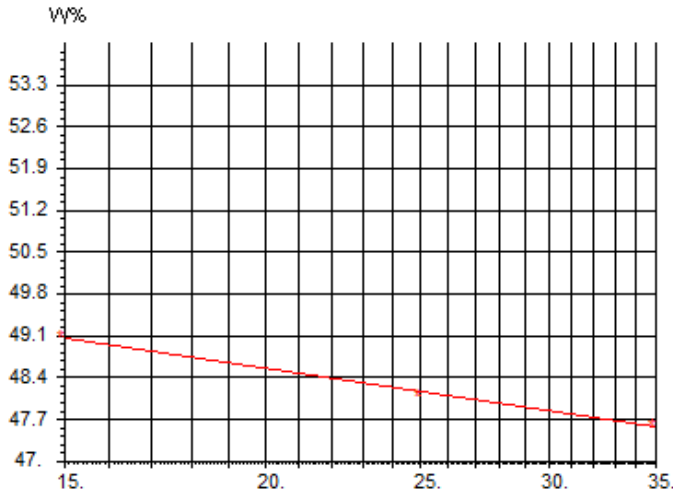
Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

No de l'echantillon : ECHANTILLON 31

Résultats
WL=48.171
WP=26.827
IP=21.344



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	49.09	48.12	47.61	

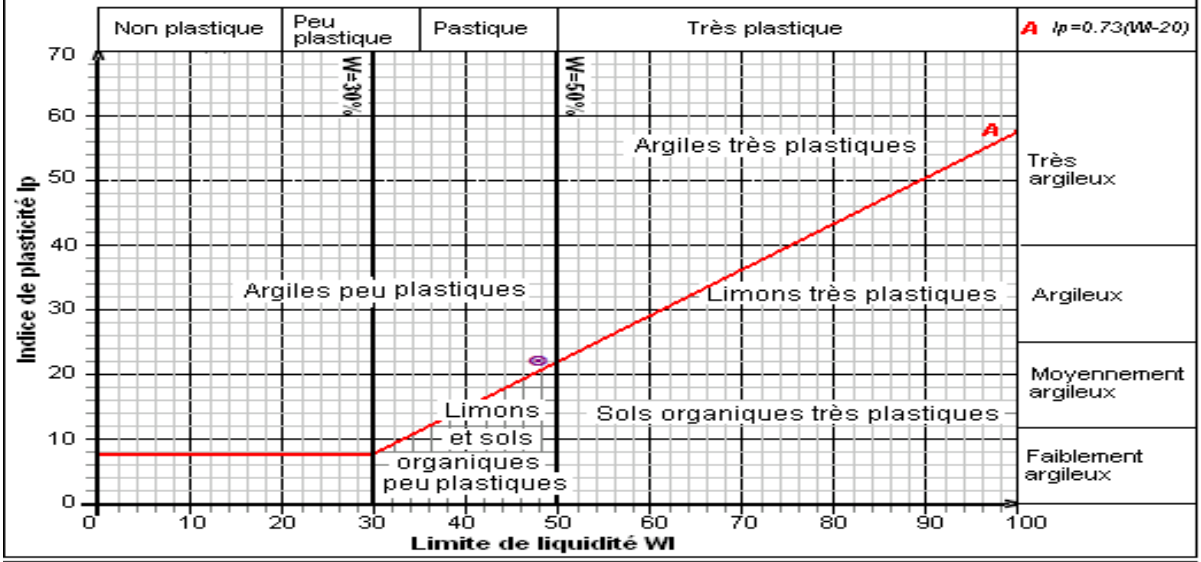
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	29.07	27.27	24.14	

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 31



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
⊙			Argiles peu plastiques-Ap	48.171	21.344

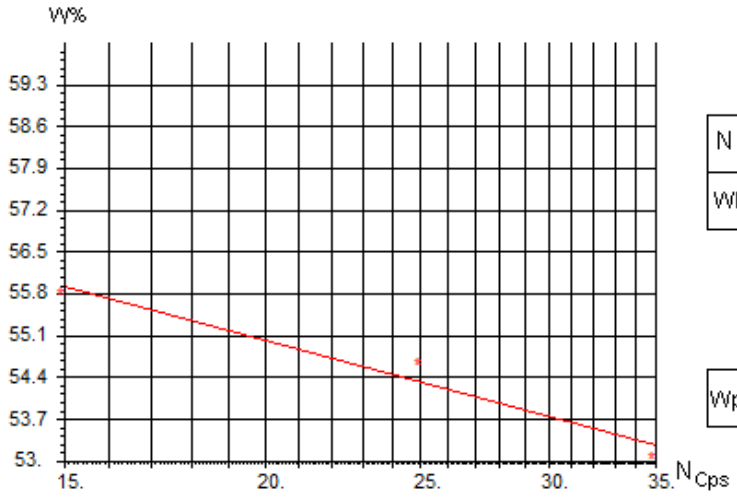
Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

No de l'echantillon : ECHANTILLON 32

Résultats
WL=54.324
WP=25.683
IP=28.641



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	55.8	54.65	53.07	

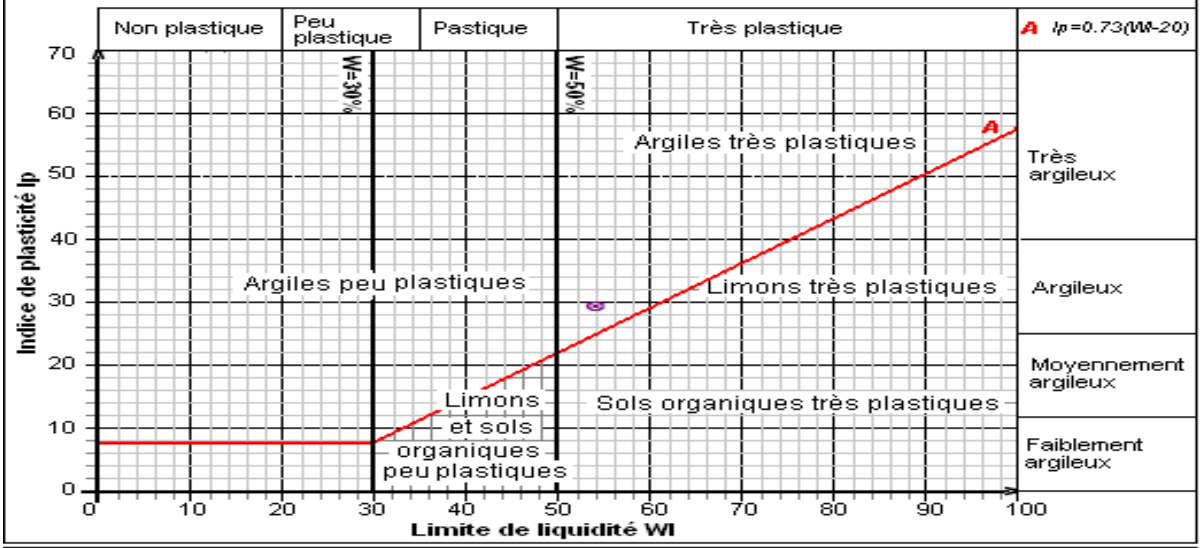
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	27.91	25.	24.14	

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 32



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
SC04	2.40-2.60m		Argiles très plastiques-At	54.324	28.641

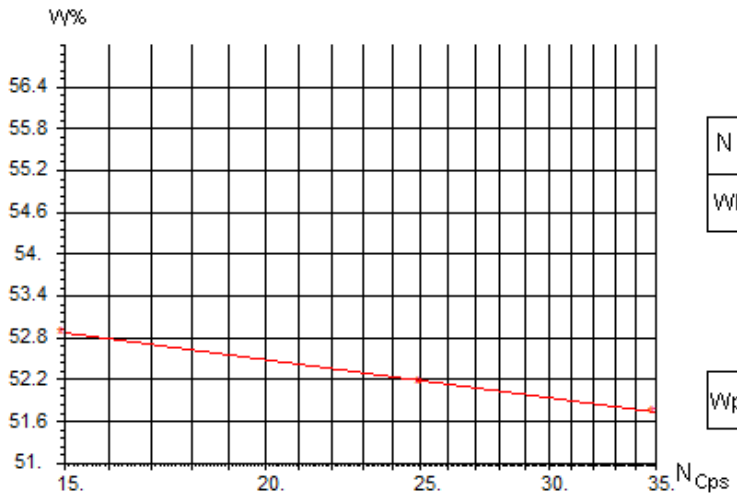
Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

No de l'echantillon : ECHANTILLON 36

Résultats
WL=52.188
WP=24.907
IP=27.281



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	52.89	52.17	51.74	

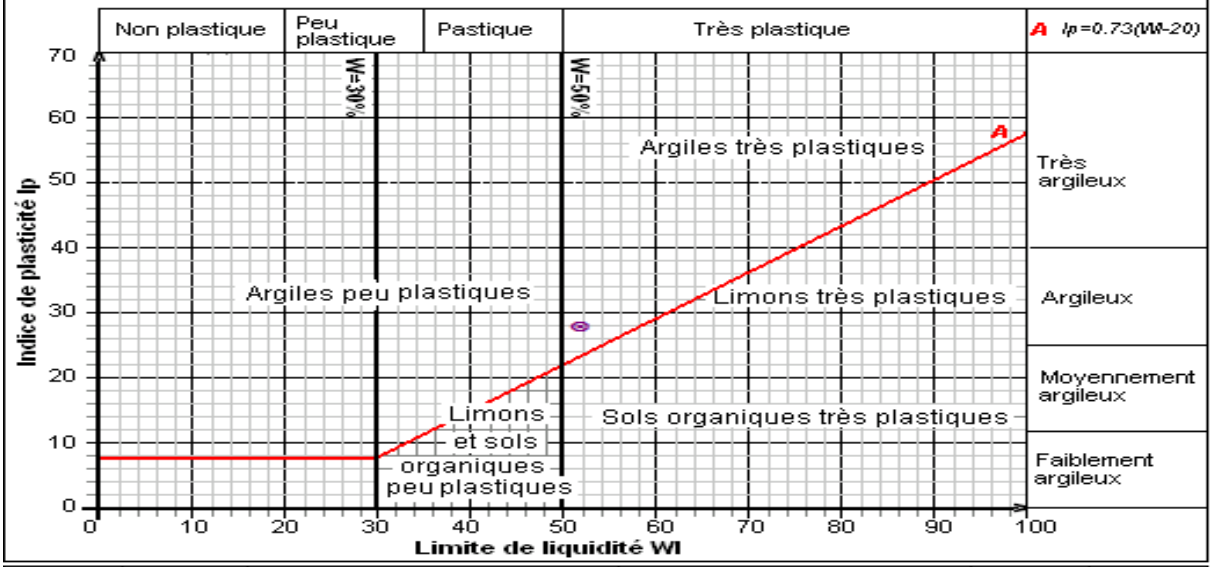
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	25.58	25.	24.14	

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 36



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
SC04	2.40-2.60m		Argiles très plastiques-At	52.188	27.281

Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

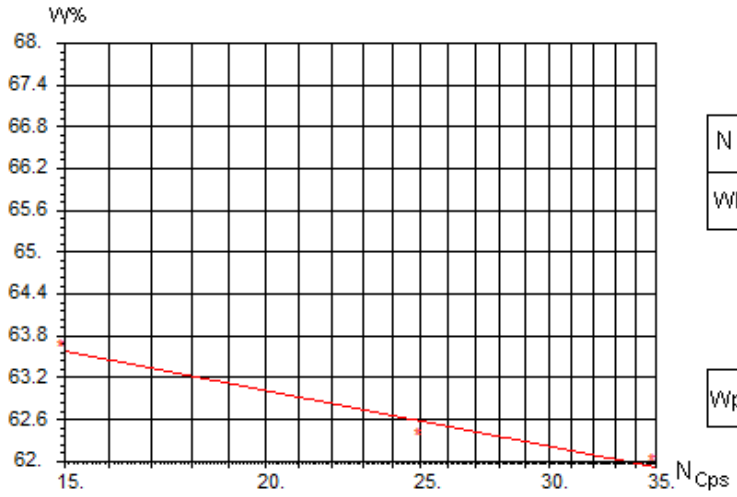
No de l'echantillon : ECHANTILLON 37

Résultats

WL=62.585

WP=29.507

IP=33.079



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	63.67	62.39	62.04	

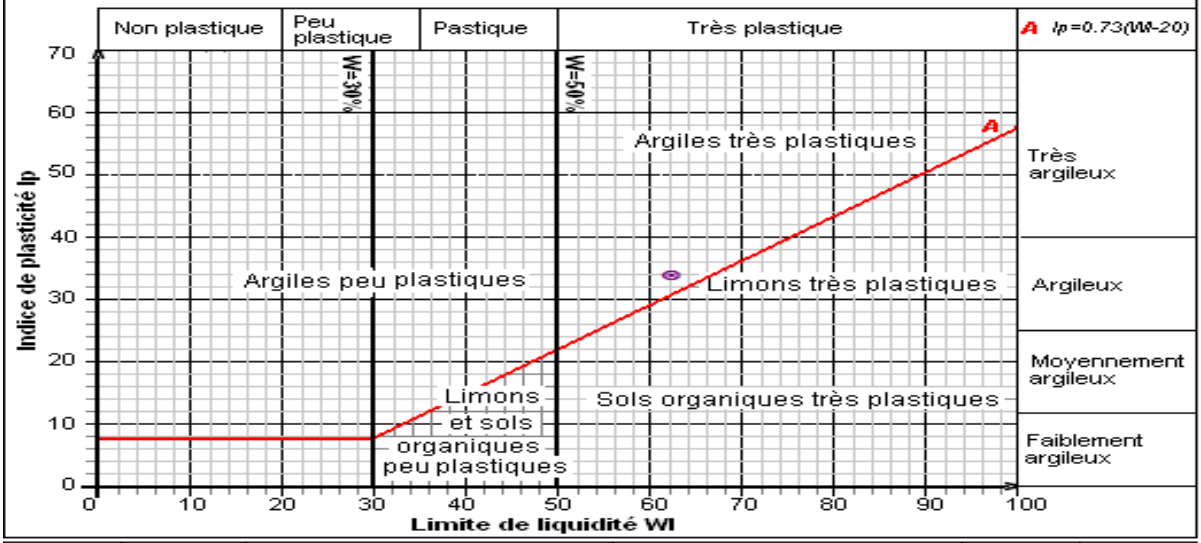
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	31.4	30.68	26.44	

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 37



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
SC04	2.40-2.60m		Argiles très plastiques-At	62.585	33.079

Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

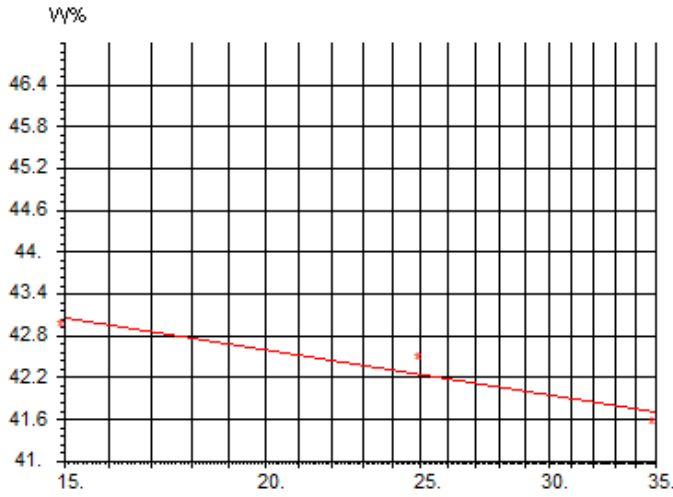
No de l'echantillon : ECHANTILLON 38

Résultats

WL=42.243

WP=23.370

IP=18.873



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	42.97	42.49	41.55	

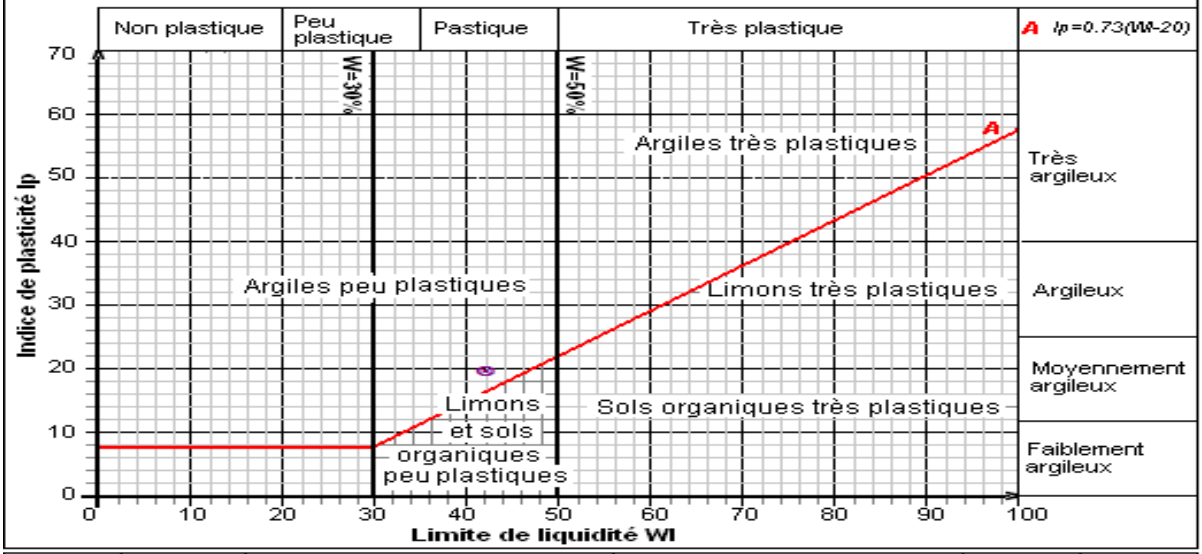
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	24.42	25.	20.69	

wl = a x Log (25) + b

CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 38



N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
				42.243	18.873

Annexes

LIMITES D'ATTERBERG

Norme : NFP-94 -051

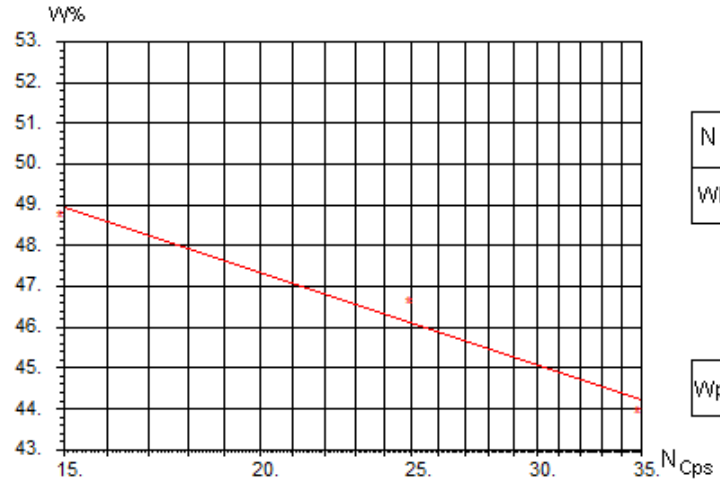
No de l'echantillon : ECHANTILLON 30

Résultats

WL=46.105

WP=21.657

IP=24.449



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	48.73	46.61	43.94	

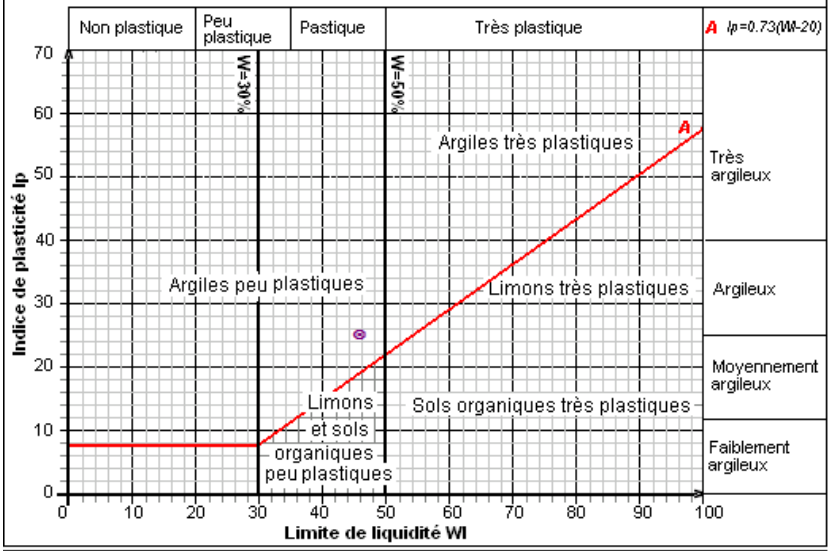
Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	22.22	20.75	22.	21.57

$wl = a \times Log(25) + b$

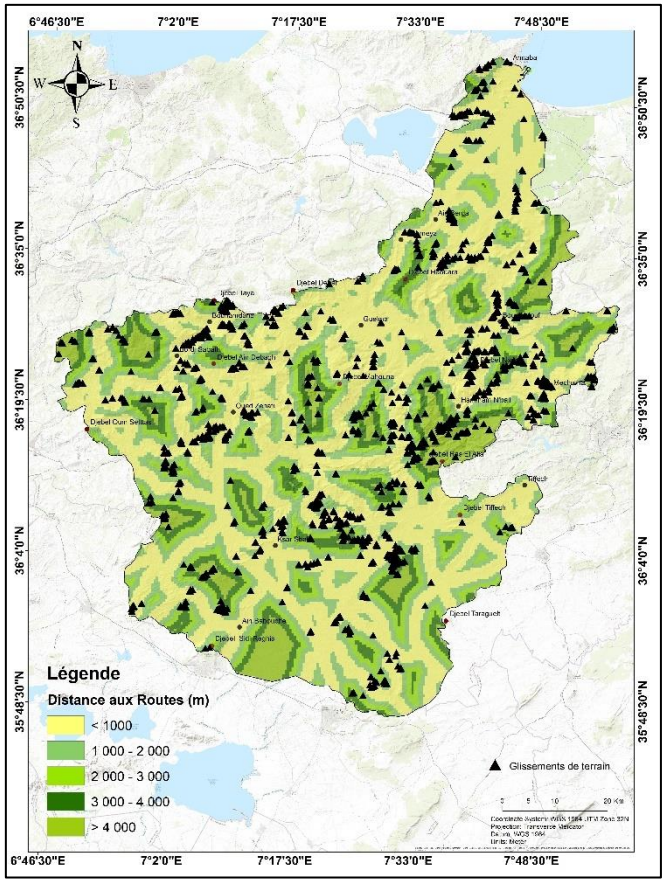
CLASSIFICATION DES SOLS FINS SELON LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Essai N° : ECHANTILLON 30

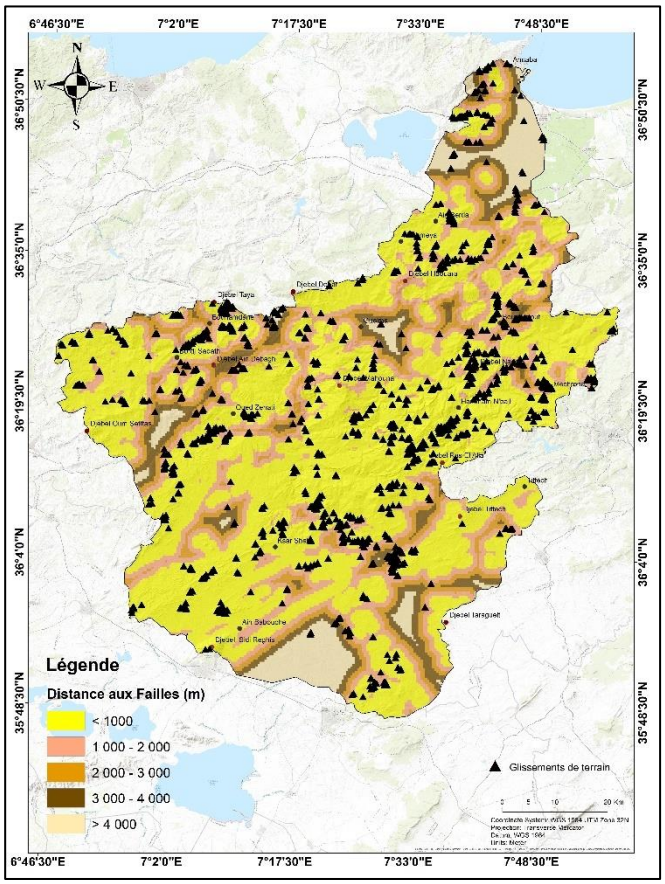


N°	H m	Sol	Classe LPC	Wl %	Ip
⊙			Argiles peu plastiques-Ap	46.105	24.449

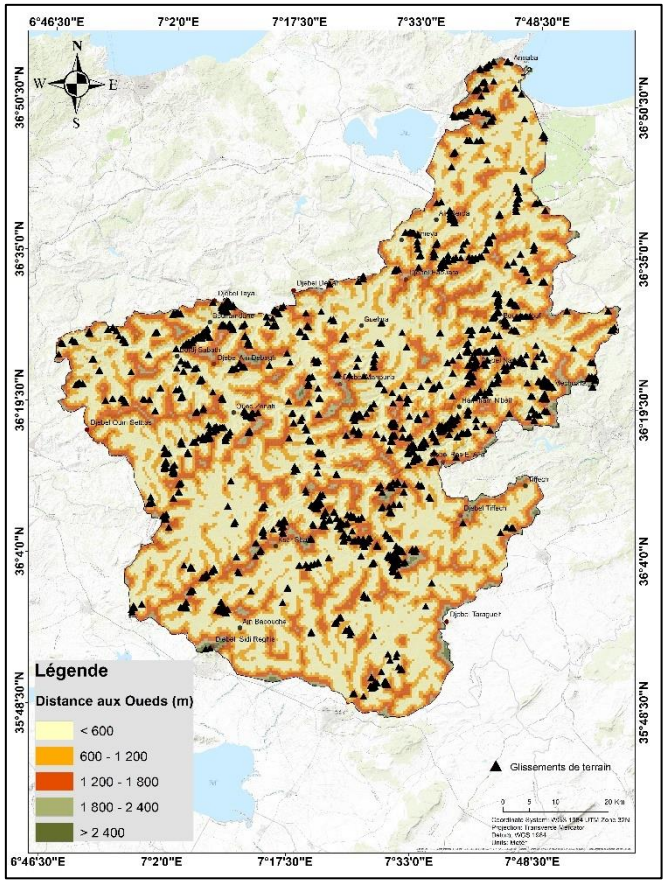
Annexes



La répartition spatiale des glissements de terrain pour chaque classe de distance au réseau routier.

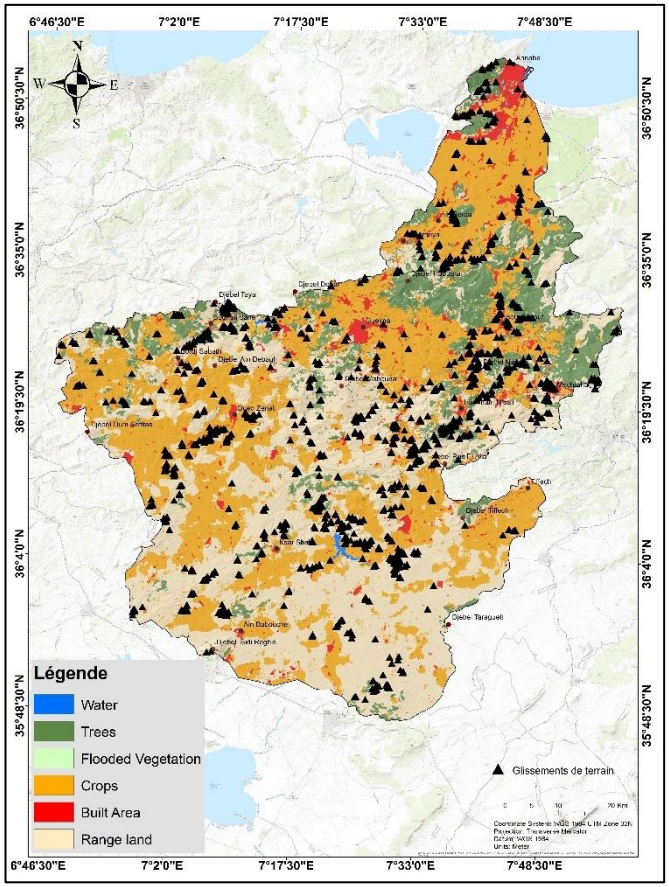


La répartition spatiale des glissements de terrain pour chaque classe de distance aux failles.

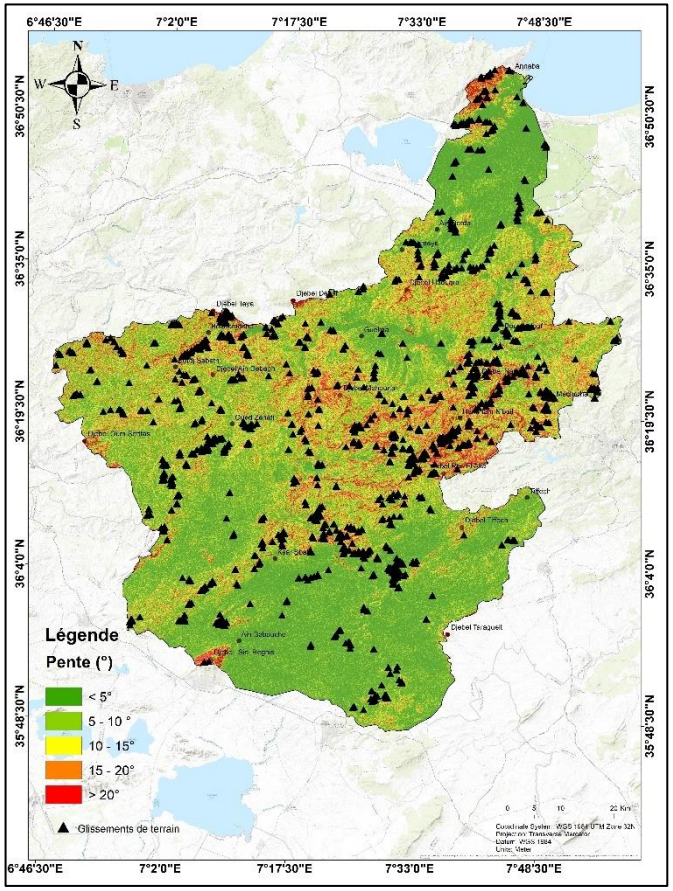


La répartition spatiale des glissements de terrain pour chaque classe de distance au réseau hydrographique.

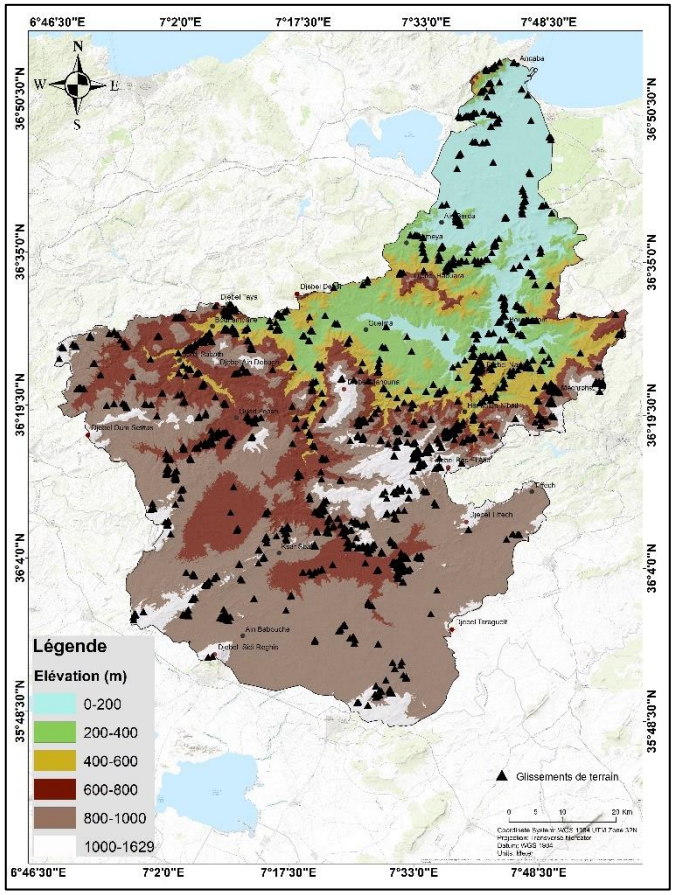
Annexes



La répartition spatiale des glissements de terrain pour chaque classe d'occupation du sol.

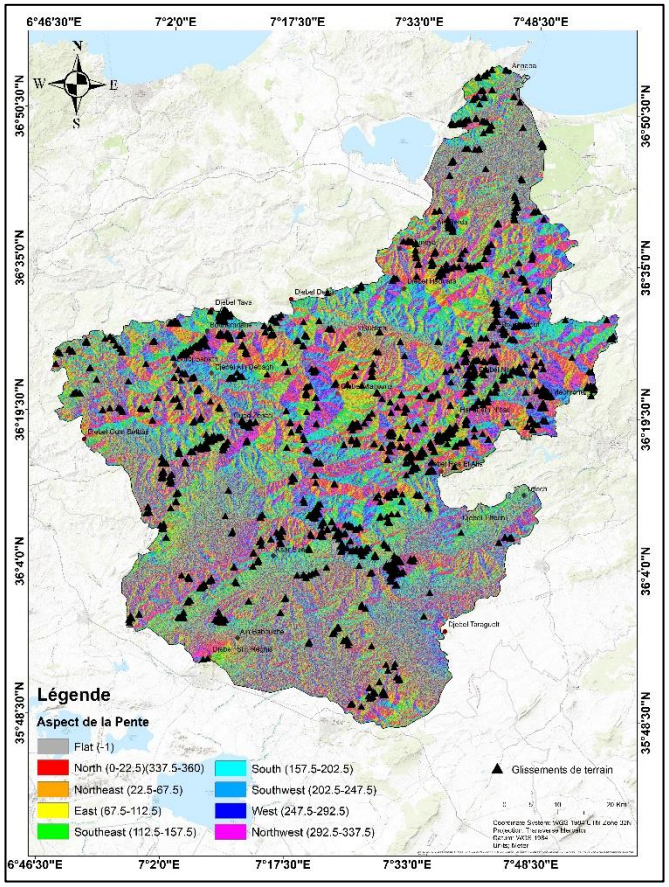


La répartition spatiale des glissements de terrain pour chaque classe de pente.

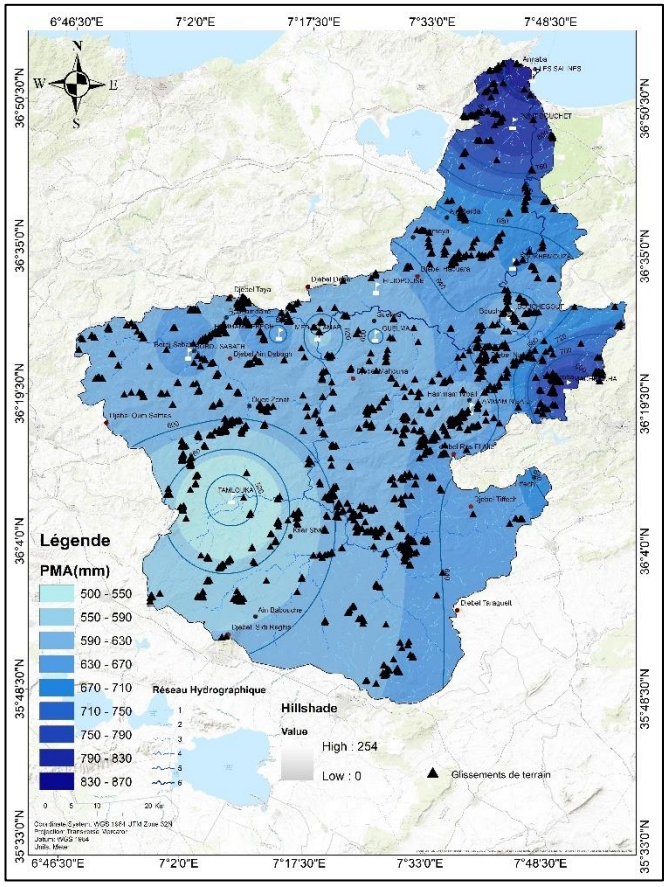


La répartition spatiale des glissements de terrain pour chaque classe d'altitude.

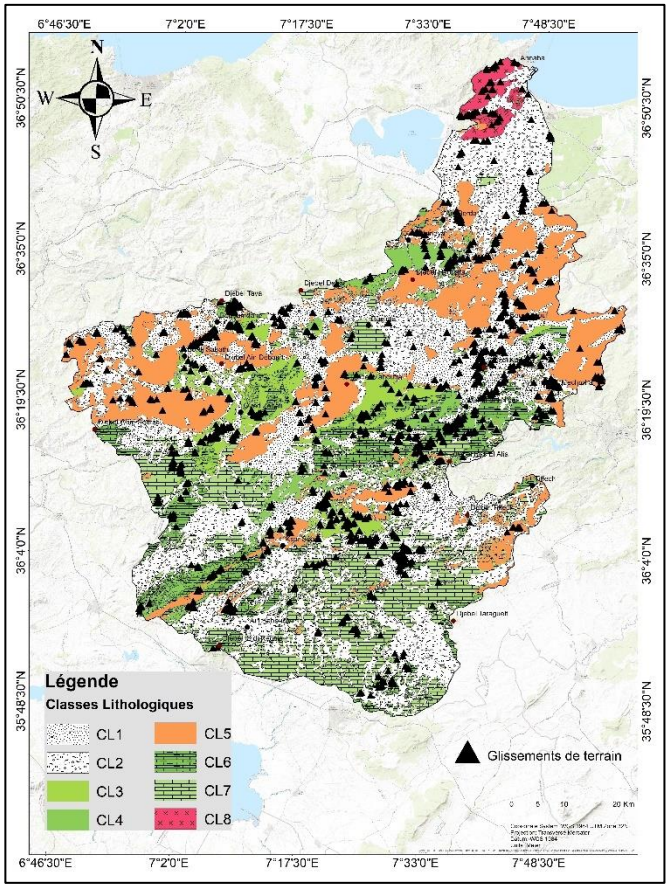
Annexes



La répartition spatiale des glissements de terrain pour chaque classe d'aspect.

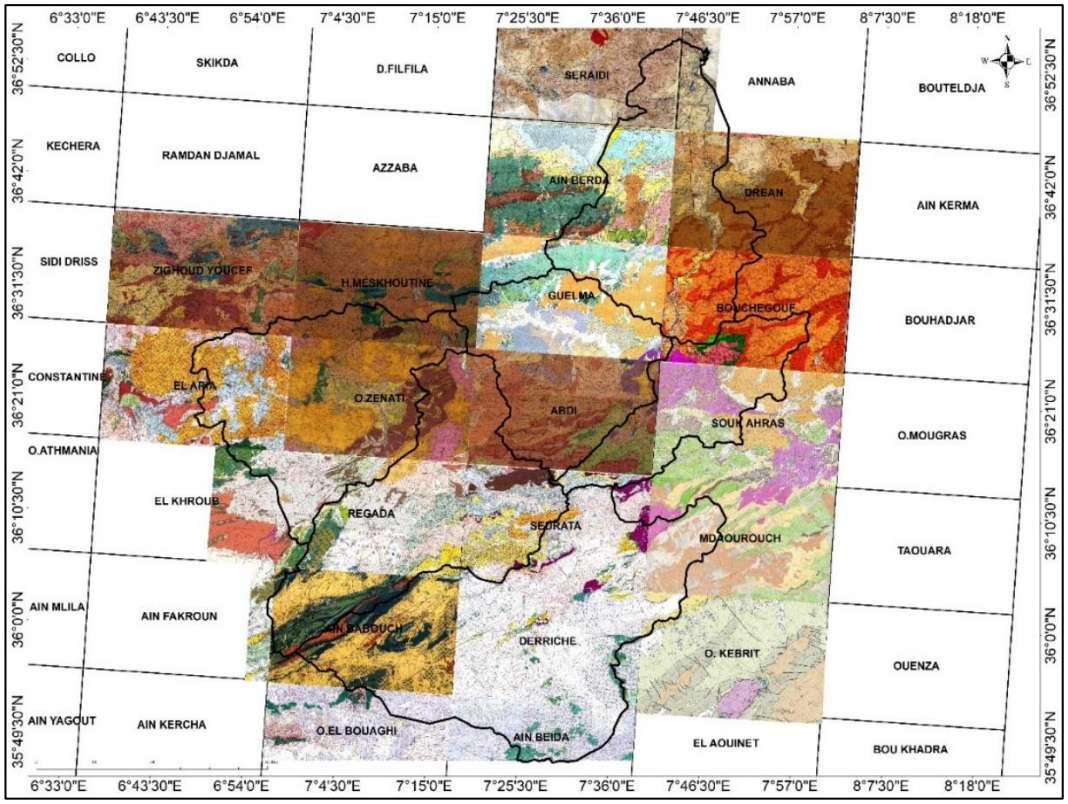


La répartition spatiale des glissements de terrain pour chaque classe des précipitations.



La répartition spatiale des glissements de terrain pour chaque classe lithologique.

Annexes


6°33'0"E
6°43'30"E
6°54'0"E
7°4'30"E
7°15'0"E
7°25'30"E
7°36'0"E
7°46'30"E
7°57'0"E
8°7'30"E
8°18'0"E
36°52'30"N
36°42'0"N
36°31'30"N
36°21'0"N
36°10'30"N
36°0'0"N
35°49'30"N
COLLO
SKIKDA
D.FILFILA
SERAIDI
ANNABA
BOUTELDJA
KECHERA
RAMDAN DJAMAL
AZZABA
AIN BERDA
DREAN
AIN KERMA
SIDI DRISS
ZIGHOUD YOUCEF
H.MESKHOUTINE
GUELMA
BOUCHEGOUF
BOUHADJAR
CONSTANTINE
EL ARIA
O.ZENATI
ABDI
SOUK AHRAS
O.MOUGRAS
O.ATHMANIA
EL KHROUB
REGADA
SEDRATA
MDAOUROUCH
TAOUARA
AIN MLILA
AIN FAKROUN
AIN TABOUCH
DERRICHE
O. KEBRIT
OUENZA
AIN YAGOUT
AIN KERCHA
O.EL BOUAGHI
AIN BEIDA
EL AOUINET
BOU KHADRA

Annexes

Quelques photos prises lors de la mission de terrain :









Annexes









Annexes









Annexes









Annexes









Annexes







Annexes



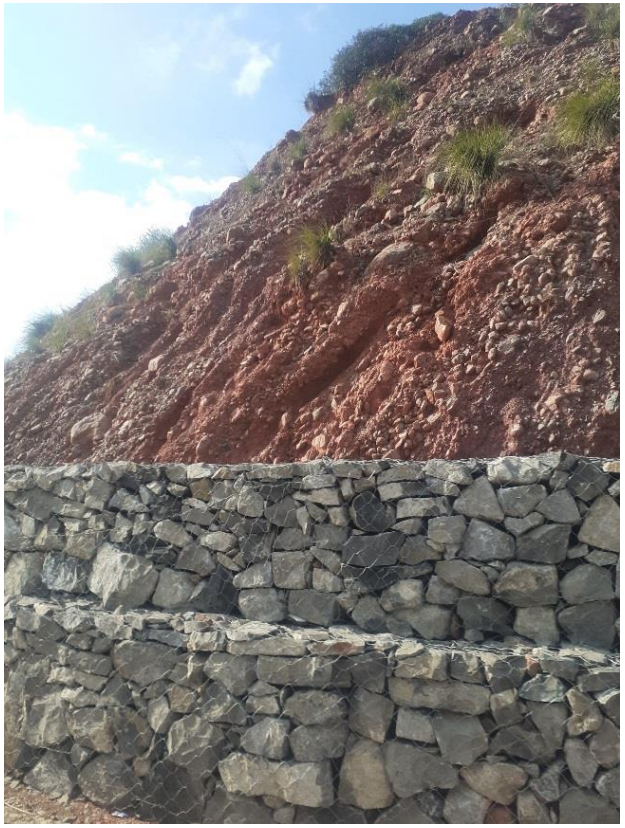


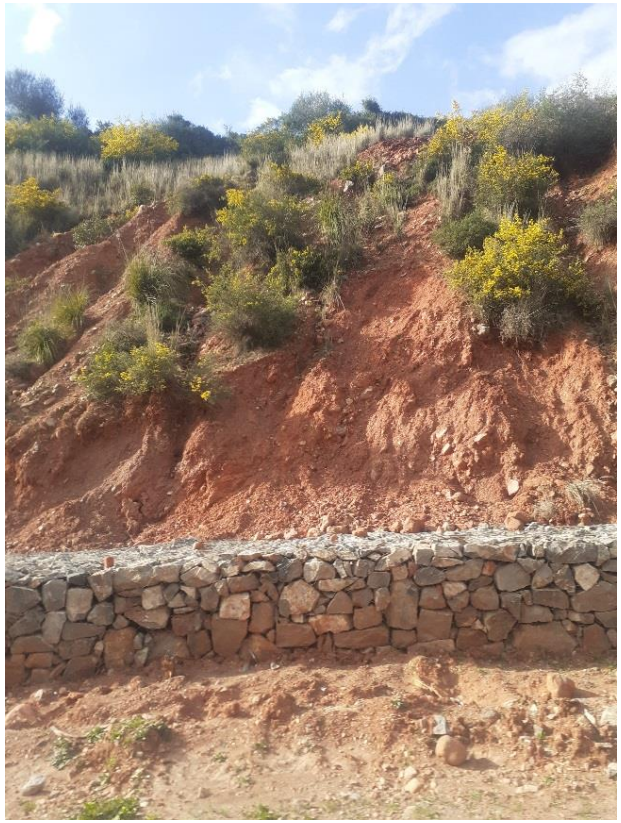




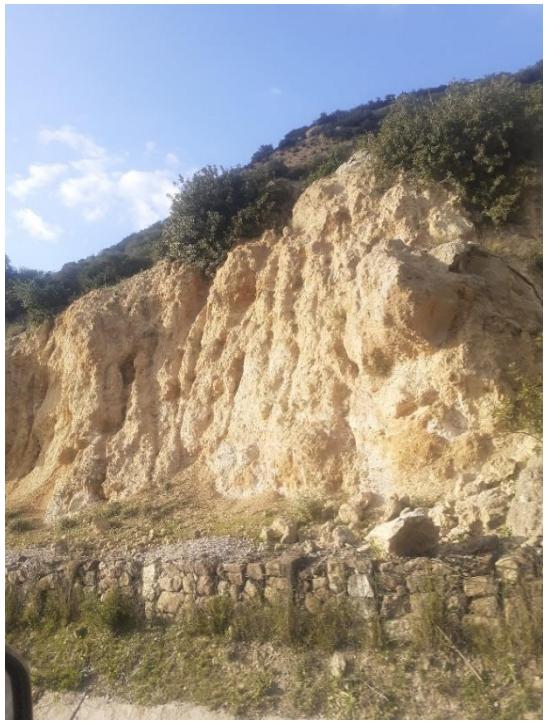
Annexes

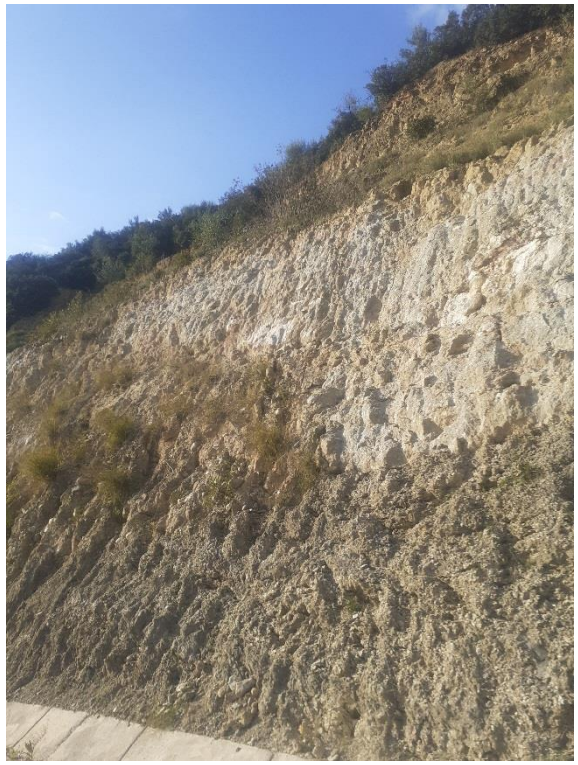






Annexes







Annexes







Annexes







Annexes









Annexes

N°	Glissement	X	Y	N°	Glissement	X	Y	N°	Glissement	X	Y	N°	Glissement	X	Y
0	Glissement	370467	4047600	31	Glissement	388950	4037970	62	Glissement	385797	4057650	93	Glissement	383844	4052780
1	Glissement	379830	4035520	32	Glissement	388913	4037980	63	Glissement	373777	4051950	94	Glissement	383871	4052760
2	Glissement	379991	4035520	33	Glissement	389018	4037930	64	Glissement	373801	4051970	95	Glissement	383866	4052710
3	Glissement	380272	4035520	34	Glissement	389008	4037930	65	Glissement	373648	4051800	96	Glissement	383894	4052790
4	Glissement	380287	4035520	35	Glissement	388991	4037930	66	Glissement	373890	4052090	97	Glissement	383861	4052800
5	Glissement	380310	4035520	36	Glissement	388978	4037930	67	Glissement	373988	4052270	98	Glissement	383904	4052770
6	Glissement	380542	4035580	37	Glissement	388964	4037930	68	Glissement	377241	4056040	99	Glissement	383900	4052770
7	Glissement	380609	4035630	38	Glissement	389034	4037940	69	Glissement	377250	4056060	100	Glissement	388990	4035430
8	Glissement	380564	4035600	39	Glissement	389067	4037940	70	Glissement	377249	4056040	101	Glissement	388868	4035560
9	Glissement	380570	4035610	40	Glissement	389122	4037960	71	Glissement	377308	4056040	102	Glissement	388585	4035700
10	Glissement	374734	4047560	41	Glissement	389157	4037970	72	Glissement	377326	4056040	103	Glissement	388105	4035670
11	Glissement	394339	4044770	42	Glissement	389192	4037990	73	Glissement	377232	4056510	104	Glissement	386966	4036490
12	Glissement	394120	4044830	43	Glissement	389090	4037950	74	Glissement	377230	4056540	105	Glissement	386875	4036890
13	Glissement	393790	4044690	44	Glissement	388990	4037940	75	Glissement	377224	4056550	106	Glissement	386801	4036970
14	Glissement	391389	4044970	45	Glissement	389656	4038180	76	Glissement	377250	4056650	107	Glissement	386807	4036960
15	Glissement	390847	4046490	46	Glissement	389003	4058210	77	Glissement	377136	4057020	108	Glissement	386812	4036950
16	Glissement	390890	4046500	47	Glissement	388975	4058210	78	Glissement	383575	4052130	109	Glissement	386666	4037640
17	Glissement	390900	4046480	48	Glissement	388864	4058450	79	Glissement	383582	4052130	110	Glissement	386849	4037500
18	Glissement	390641	4047130	49	Glissement	388854	4058910	80	Glissement	383597	4052140	111	Glissement	386852	4037490
19	Glissement	390362	4047160	50	Glissement	389055	4059660	81	Glissement	383830	4052190	112	Glissement	386814	4037560
20	Glissement	390146	4047250	51	Glissement	389066	4059640	82	Glissement	383807	4052190	113	Glissement	386796	4037580
21	Glissement	359901	4045830	52	Glissement	389078	4059630	83	Glissement	383845	4052190	114	Glissement	386801	4037570
22	Glissement	359911	4045830	53	Glissement	389167	4060530	84	Glissement	383921	4052290	115	Glissement	386827	4037550
23	Glissement	360005	4045880	54	Glissement	389202	4060560	85	Glissement	383788	4052610	116	Glissement	386968	4037350
24	Glissement	359990	4045880	55	Glissement	389246	4060590	86	Glissement	383792	4052610	117	Glissement	386972	4037340
25	Glissement	374740	4059950	56	Glissement	389379	4060650	87	Glissement	383776	4052630	118	Glissement	386956	4037340
26	Glissement	388984	4038000	57	Glissement	389391	4060660	88	Glissement	383778	4052630	119	Glissement	386984	4037340
27	Glissement	388974	4038010	58	Glissement	389468	4060700	89	Glissement	383780	4052780	120	Glissement	386964	4037340
28	Glissement	389012	4038010	59	Glissement	389526	4060730	90	Glissement	383733	4052770	121	Glissement	386974	4037330
29	Glissement	388939	4037980	60	Glissement	389337	4061770	91	Glissement	383739	4052780	122	Glissement	387249	4036990
30	Glissement	388926	4037990	61	Glissement	385768	4057640	92	Glissement	383852	4052830	123	Glissement	393949	4072570
124	Glissement	393974	4072560	155	Glissement	378074	4076270	186	Glissement	379313	4076410	217	Glissement	393381	4059850

Annexes

125	Glissement	394121	4072540	156	Glissement	378239	4076290	187	Glissement	379331	4076440	218	Glissement	392523	4059640
126	Glissement	394095	4072560	157	Glissement	378256	4076300	188	Glissement	378883	4076350	219	Glissement	394469	4058360
127	Glissement	394156	4072550	158	Glissement	378319	4076370	189	Glissement	387292	4047960	220	Glissement	388884	4040220
128	Glissement	394294	4072510	159	Glissement	378329	4076370	190	Glissement	387247	4047960	221	Glissement	389023	4040270
129	Glissement	394325	4072500	160	Glissement	378323	4076380	191	Glissement	387280	4047960	222	Glissement	389039	4040210
130	Glissement	394296	4072080	161	Glissement	378515	4076340	192	Glissement	387276	4047970	223	Glissement	388631	4040350
131	Glissement	394305	4072080	162	Glissement	378505	4076350	193	Glissement	387273	4047980	224	Glissement	388754	4040440
132	Glissement	394331	4072090	163	Glissement	378508	4076330	194	Glissement	387308	4047960	225	Glissement	379396	4076670
133	Glissement	394295	4072100	164	Glissement	378504	4076330	195	Glissement	385592	4040320	226	Glissement	379772	4077040
134	Glissement	394280	4072070	165	Glissement	378464	4076340	196	Glissement	385620	4040540	227	Glissement	379795	4077060
135	Glissement	389960	4080450	166	Glissement	378460	4076350	197	Glissement	385588	4041770	228	Glissement	379888	4077090
136	Glissement	388854	4081490	167	Glissement	378660	4076300	198	Glissement	385594	4041780	229	Glissement	380321	4077070
137	Glissement	388813	4081550	168	Glissement	378740	4076350	199	Glissement	385582	4041750	230	Glissement	381751	4077290
138	Glissement	381294	4049320	169	Glissement	378757	4076310	200	Glissement	385588	4041510	231	Glissement	381771	4077250
139	Glissement	381258	4049300	170	Glissement	378762	4076310	201	Glissement	385561	4041460	232	Glissement	381699	4077450
140	Glissement	382388	4049590	171	Glissement	378776	4076330	202	Glissement	385553	4041450	233	Glissement	383844	4086060
141	Glissement	382394	4049670	172	Glissement	378838	4076340	203	Glissement	385510	4041370	234	Glissement	378403	4076580
142	Glissement	382395	4049670	173	Glissement	378875	4076330	204	Glissement	385568	4041400	235	Glissement	382649	4082620
143	Glissement	382396	4049660	174	Glissement	378953	4076340	205	Glissement	385478	4041410	236	Glissement	382590	4082630
144	Glissement	382394	4049650	175	Glissement	379043	4076360	206	Glissement	385479	4041420	237	Glissement	387315	4086510
145	Glissement	382395	4049650	176	Glissement	379093	4076340	207	Glissement	385543	4041410	238	Glissement	387307	4086520
146	Glissement	383224	4050890	177	Glissement	379131	4076340	208	Glissement	385461	4041180	239	Glissement	387294	4086540
147	Glissement	383227	4050900	178	Glissement	379244	4076520	209	Glissement	385445	4041180	240	Glissement	387282	4086550
148	Glissement	383231	4050900	179	Glissement	379355	4076430	210	Glissement	388020	4040770	241	Glissement	387444	4086480
149	Glissement	383896	4052760	180	Glissement	379263	4076430	211	Glissement	387875	4041080	242	Glissement	387442	4086490
150	Glissement	383866	4052870	181	Glissement	379250	4076440	212	Glissement	387884	4041090	243	Glissement	376960	4076500
151	Glissement	384542	4053570	182	Glissement	379234	4076420	213	Glissement	387937	4041220	244	Glissement	377315	4076340
152	Glissement	384529	4053560	183	Glissement	379278	4076430	214	Glissement	382346	4080040	245	Glissement	377319	4076130
153	Glissement	383055	4074610	184	Glissement	379283	4076440	215	Glissement	382842	4076830	246	Glissement	384330	4075230
154	Glissement	377267	4076230	185	Glissement	379337	4076410	216	Glissement	392821	4059760	247	Glissement	383917	4075180
248	Glissement	384244	4075570	279	Glissement	366847	4002620	310	Glissement	339511	3995190	341	Glissement	363621	4002210
249	Glissement	384603	4076030	280	Glissement	365689	4002600	311	Glissement	339657	3995310	342	Glissement	346604	4019970
250	Glissement	384567	4075970	281	Glissement	364845	4002160	312	Glissement	349029	4005360	343	Glissement	346479	4019900

Annexes

251	Glissement	383210	4076850	282	Glissement	365329	4000980	313	Glissement	349186	4004830	344	Glissement	346483	4019860
252	Glissement	383728	4076710	283	Glissement	362765	4005690	314	Glissement	351356	4008510	345	Glissement	354853	4008360
253	Glissement	381140	4080990	284	Glissement	363261	4006200	315	Glissement	351230	4009900	346	Glissement	356060	3998980
254	Glissement	381372	4081260	285	Glissement	364832	4006120	316	Glissement	346793	4008810	347	Glissement	351502	4019710
255	Glissement	381859	4081510	286	Glissement	365014	4006150	317	Glissement	344760	3999300	348	Glissement	351702	4022790
256	Glissement	381878	4081500	287	Glissement	365627	4006830	318	Glissement	344829	3999370	349	Glissement	351693	4022710
257	Glissement	383200	4081530	288	Glissement	364926	4001120	319	Glissement	344645	3998900	350	Glissement	351567	4022780
258	Glissement	383212	4081320	289	Glissement	363431	4001910	320	Glissement	344886	3998380	351	Glissement	351398	4024650
259	Glissement	367966	4054230	290	Glissement	372937	3987720	321	Glissement	344784	3997070	352	Glissement	356704	4015700
260	Glissement	368793	4054190	291	Glissement	330928	3975320	322	Glissement	344797	3997180	353	Glissement	350512	4002300
261	Glissement	368833	4054180	292	Glissement	327694	3986280	323	Glissement	342909	3997860	354	Glissement	351171	4001790
262	Glissement	368893	4054150	293	Glissement	364045	3969010	324	Glissement	344403	3998910	355	Glissement	350835	4002090
263	Glissement	368931	4054140	294	Glissement	364227	3968490	325	Glissement	344655	3997440	356	Glissement	350904	4001970
264	Glissement	368958	4054120	295	Glissement	364575	3968370	326	Glissement	323105	3998250	357	Glissement	351508	4002560
265	Glissement	368963	4054120	296	Glissement	363396	3970880	327	Glissement	349540	4025160	358	Glissement	351924	4002690
266	Glissement	370853	4049900	297	Glissement	365029	3973060	328	Glissement	349562	4025680	359	Glissement	351674	4004140
267	Glissement	370402	4006340	298	Glissement	364653	3974180	329	Glissement	349533	4025480	360	Glissement	352220	4004420
268	Glissement	385705	4057410	299	Glissement	366205	3973680	330	Glissement	349514	4026570	361	Glissement	351061	4003000
269	Glissement	385701	4057400	300	Glissement	366360	3974330	331	Glissement	349799	4026740	362	Glissement	350882	4002580
270	Glissement	367736	4006370	301	Glissement	351391	3991710	332	Glissement	350300	4026850	363	Glissement	351129	4003190
271	Glissement	365321	4005800	302	Glissement	341087	3996670	333	Glissement	351128	4029400	364	Glissement	350891	4002900
272	Glissement	363556	4004910	303	Glissement	340952	3997300	334	Glissement	351003	4029600	365	Glissement	351312	4002450
273	Glissement	367584	4004930	304	Glissement	340951	3997630	335	Glissement	351392	4029820	366	Glissement	360346	3995310
274	Glissement	367699	4004940	305	Glissement	340824	3997390	336	Glissement	351293	4029760	367	Glissement	360406	3995340
275	Glissement	366168	4006320	306	Glissement	340840	3997440	337	Glissement	350619	4030060	368	Glissement	360437	3995310
276	Glissement	366469	4006760	307	Glissement	340813	3997470	338	Glissement	346124	4029550	369	Glissement	352181	4012300
277	Glissement	346759	4018070	308	Glissement	339508	3992760	339	Glissement	345891	4015190	370	Glissement	349230	4016690
278	Glissement	348368	4019080	309	Glissement	340594	3993870	340	Glissement	338702	3986160	371	Glissement	348996	4017250
372	Glissement	349659	4021890	394	Glissement	336403	3989620	416	Glissement	345632	3986830	438	Glissement	362625	3994770
373	Glissement	341033	3997750	395	Glissement	370643	4049710	417	Glissement	345542	3986580	439	Glissement	362561	3994950
374	Glissement	344000	3999160	396	Glissement	370651	4049700	418	Glissement	345557	3986610	440	Glissement	362634	3994600
375	Glissement	352172	3998520	397	Glissement	370349	4051080	419	Glissement	333258	3983400	441	Glissement	364450	3996770
376	Glissement	352572	3999370	398	Glissement	370356	4051060	420	Glissement	333287	3983450	442	Glissement	372727	4003700

Annexes

377	Glissement	353537	3999740	399	Glissement	370368	4051070	421	Glissement	332973	3982550	443	Glissement	372469	4004110
378	Glissement	378860	3999090	400	Glissement	370338	4051030	422	Glissement	332881	3982460	444	Glissement	371017	4006220
379	Glissement	350159	3995890	401	Glissement	370341	4051020	423	Glissement	333027	3982890	445	Glissement	370897	4006080
380	Glissement	352678	3998450	402	Glissement	370431	4051060	424	Glissement	332890	3982270	446	Glissement	370863	4006130
381	Glissement	352708	4001000	403	Glissement	370439	4051060	425	Glissement	333011	3984160	447	Glissement	369756	3993790
382	Glissement	352427	4000480	404	Glissement	350058	3995970	426	Glissement	344703	3983980	448	Glissement	369952	3994200
383	Glissement	354996	3999940	405	Glissement	340403	3993670	427	Glissement	359958	3995100	449	Glissement	369338	3993910
384	Glissement	354995	4000000	406	Glissement	350562	3998560	428	Glissement	360187	3995320	450	Glissement	369262	3994050
385	Glissement	354903	3999960	407	Glissement	350384	3998900	429	Glissement	360062	3995890	451	Glissement	369266	3994140
386	Glissement	356962	4000610	408	Glissement	354389	4001220	430	Glissement	359992	3995570	452	Glissement	351404	3991640
387	Glissement	357613	4000680	409	Glissement	354499	4001120	431	Glissement	360019	3995540	453	Glissement	351463	3991510
388	Glissement	357699	4000300	410	Glissement	346974	4009780	432	Glissement	359987	3995020	454	Glissement	350715	3991320
389	Glissement	357774	4000290	411	Glissement	346930	4009740	433	Glissement	360233	3994660	455	Glissement	349546	3990630
390	Glissement	357973	4000130	412	Glissement	347244	4009260	434	Glissement	359913	3996030	456	Glissement	349090	3991140
391	Glissement	357982	4000190	413	Glissement	347411	4009200	435	Glissement	359930	3995980	457	Glissement	349105	3991140
392	Glissement	359712	4000140	414	Glissement	353411	3992540	436	Glissement	360830	3995640	458	Glissement	349118	3991140
393	Glissement	336159	3989910	415	Glissement	350093	3991140	437	Glissement	362610	3994830	459	Glissement	347827	3991060
460	Glissement	347889	3991030	470	Glissement	359143	3995950	480	Glissement	359013	3995640	490	Glissement	367199	3971480
461	Glissement	366801	3994180	471	Glissement	359028	3996010	481	Glissement	357313	3996230	491	Glissement	367077	3971300
462	Glissement	366822	3994160	472	Glissement	359142	3995850	482	Glissement	357238	3996210	492	Glissement	367133	3971290
463	Glissement	366966	3994030	473	Glissement	359134	3995620	483	Glissement	371794	3983270	493	Glissement	365403	3992860
464	Glissement	367148	3993890	474	Glissement	358401	3995750	484	Glissement	366625	3989160	494	Glissement	365569	3992500
465	Glissement	367425	3993630	475	Glissement	358413	3995710	485	Glissement	366628	3989320	495	Glissement	365606	3992600
466	Glissement	364558	3996660	476	Glissement	358422	3995760	486	Glissement	366611	3989270	496	Glissement	364916	3992570
467	Glissement	365040	3996180	477	Glissement	358462	3995620	487	Glissement	366482	3989220	497	Glissement	364624	3992860
468	Glissement	359130	3995790	478	Glissement	358058	3995620	488	Glissement	366667	3971800	498	Glissement	364636	3992830
469	Glissement	359304	3995650	479	Glissement	359007	3995670	489	Glissement	367210	3971470	499	Glissement	364743	3993020
500	Glissement	365062	3992920	529	Glissement	364331	3968550	558	Glissement	359556	3992840	587	Glissement	329846	3988870
501	Glissement	365078	3992950	530	Glissement	361361	3968250	559	Glissement	331604	3990420	588	Glissement	329922	3988970
502	Glissement	365750	3992470	531	Glissement	361900	3967920	560	Glissement	331607	3990410	589	Glissement	330057	3989160
503	Glissement	365919	3991900	532	Glissement	357993	3966660	561	Glissement	331611	3990410	590	Glissement	330061	3989170
504	Glissement	365900	3991920	533	Glissement	358241	3966800	562	Glissement	331703	3990360	591	Glissement	330065	3989170
505	Glissement	365811	3991940	534	Glissement	360024	3966210	563	Glissement	331707	3990360	592	Glissement	330075	3989190

Annexes

506	Glissement	365745	3992070	535	Glissement	361618	3967720	564	Glissement	330286	3989190	593	Glissement	330122	3989250
507	Glissement	365696	3992100	536	Glissement	361572	3967700	565	Glissement	330266	3989170	594	Glissement	330090	3989210
508	Glissement	365535	3992160	537	Glissement	362189	3968150	566	Glissement	330299	3989200	595	Glissement	330087	3989200
509	Glissement	366122	3991820	538	Glissement	362603	3968770	567	Glissement	330260	3989150	596	Glissement	329804	3988860
510	Glissement	365615	3992150	539	Glissement	362236	3969030	568	Glissement	330334	3989280	597	Glissement	329804	3988860
511	Glissement	366053	3991830	540	Glissement	338695	3986140	569	Glissement	330276	3989300	598	Glissement	329795	3988800
512	Glissement	366579	3992390	541	Glissement	333366	3983490	570	Glissement	330288	3989280	599	Glissement	329796	3988810
513	Glissement	366471	3992510	542	Glissement	332736	3982840	571	Glissement	330290	3989250	600	Glissement	329797	3988820
514	Glissement	367508	3991390	543	Glissement	332297	3982590	572	Glissement	330295	3989250	601	Glissement	329802	3988840
515	Glissement	367903	3991710	544	Glissement	332432	3982650	573	Glissement	330301	3989240	602	Glissement	329785	3988760
516	Glissement	349650	4014910	545	Glissement	332370	3982620	574	Glissement	330208	3989260	603	Glissement	329653	3988670
517	Glissement	350017	4014600	546	Glissement	350124	3978410	575	Glissement	330145	3989310	604	Glissement	329652	3988670
518	Glissement	349978	4014640	547	Glissement	350132	3978400	576	Glissement	330145	3989300	605	Glissement	329668	3988690
519	Glissement	364180	3968560	548	Glissement	350141	3978380	577	Glissement	330126	3989270	606	Glissement	329661	3988680
520	Glissement	364176	3968640	549	Glissement	350117	3978420	578	Glissement	330142	3989300	607	Glissement	329625	3988630
521	Glissement	364178	3968660	550	Glissement	350109	3978430	579	Glissement	330174	3989330	608	Glissement	329622	3988630
522	Glissement	364012	3968990	551	Glissement	350102	3978440	580	Glissement	330182	3989330	609	Glissement	329695	3988670
523	Glissement	364010	3968950	552	Glissement	350060	3978110	581	Glissement	330187	3989330	610	Glissement	329648	3988620
524	Glissement	364014	3968900	553	Glissement	362005	3991550	582	Glissement	330199	3989340	611	Glissement	329446	3988700
525	Glissement	364024	3968880	554	Glissement	361997	3991560	583	Glissement	330208	3989340	612	Glissement	331148	3989840
526	Glissement	364067	3969030	555	Glissement	361855	3991580	584	Glissement	329965	3989010	613	Glissement	331661	3990250
527	Glissement	364231	3969060	556	Glissement	361687	3991370	585	Glissement	329969	3989010	614	Glissement	331579	3990160
528	Glissement	364455	3968440	557	Glissement	361663	3991380	586	Glissement	329812	3988880	615	Glissement	331673	3990190
616	Glissement	331720	3990190	641	Glissement	316390	3983250	666	Glissement	340944	4002000	691	Glissement	323972	4003800
617	Glissement	331712	3990220	642	Glissement	316437	3983240	667	Glissement	340958	4001980	692	Glissement	345810	4022090
618	Glissement	327303	3986360	643	Glissement	335961	3992570	668	Glissement	340961	4001980	693	Glissement	345822	4022090
619	Glissement	327235	3986020	644	Glissement	335955	3992560	669	Glissement	340963	4001970	694	Glissement	345847	4022100
620	Glissement	327240	3986020	645	Glissement	335958	3992550	670	Glissement	340968	4001960	695	Glissement	390410	4065740
621	Glissement	327159	3986040	646	Glissement	335965	3992540	671	Glissement	340971	4001940	696	Glissement	390212	4066040
622	Glissement	327114	3986010	647	Glissement	316414	3983180	672	Glissement	334868	4007090	697	Glissement	390559	4075670
623	Glissement	327111	3986000	648	Glissement	316439	3983170	673	Glissement	327517	3990520	698	Glissement	390571	4075660
624	Glissement	327137	3986090	649	Glissement	316459	3983140	674	Glissement	327439	3990510	699	Glissement	382300	4071660
625	Glissement	335461	3998920	650	Glissement	316493	3983150	675	Glissement	327486	3990450	700	Glissement	382293	4071650

Annexes

626	Glissement	335601	3999250	651	Glissement	316446	3983140	676	Glissement	327504	3990450	701	Glissement	382141	4071550
627	Glissement	335603	3999260	652	Glissement	316540	3983180	677	Glissement	327480	3990440	702	Glissement	381492	4071500
628	Glissement	335651	3999290	653	Glissement	316496	3983020	678	Glissement	327306	3990540	703	Glissement	380014	4071630
629	Glissement	335662	3999310	654	Glissement	316486	3983030	679	Glissement	327269	3990690	704	Glissement	380069	4071610
630	Glissement	334292	4002250	655	Glissement	316520	3982970	680	Glissement	327270	3990770	705	Glissement	380215	4071620
631	Glissement	325027	4006440	656	Glissement	316519	3982980	681	Glissement	327268	3990770	706	Glissement	389009	4059870
632	Glissement	325034	4006480	657	Glissement	318012	3983700	682	Glissement	327261	3990780	707	Glissement	389080	4059700
633	Glissement	335941	3992640	658	Glissement	317989	3983700	683	Glissement	327249	3990780	708	Glissement	389043	4059750
634	Glissement	335933	3992670	659	Glissement	341289	4002500	684	Glissement	325991	3991060	709	Glissement	370288	4053740
635	Glissement	316150	3982170	660	Glissement	340869	4002120	685	Glissement	325430	4006660	710	Glissement	370421	4053690
636	Glissement	316056	3982720	661	Glissement	340860	4002120	686	Glissement	325145	4006580	711	Glissement	370218	4052520
637	Glissement	316351	3983300	662	Glissement	340853	4002120	687	Glissement	325065	4006560	712	Glissement	370223	4051770
638	Glissement	316350	3983280	663	Glissement	340872	4002110	688	Glissement	324973	4005080	713	Glissement	384801	4038240
639	Glissement	316344	3983270	664	Glissement	340897	4002080	689	Glissement	324983	4005040	714	Glissement	384677	4038110
640	Glissement	316371	3983260	665	Glissement	340901	4002070	690	Glissement	324997	4004880	715	Glissement	384632	4038130
716	Glissement	384810	4038260	750	Glissement	380661	4049010	784	Glissement	383828	4085840	818	Glissement	385586	4041790
717	Glissement	384887	4038330	751	Glissement	380464	4049020	785	Glissement	383331	4085490	819	Glissement	385580	4041850
718	Glissement	384517	4037900	752	Glissement	381155	4049240	786	Glissement	383366	4085450	820	Glissement	385606	4041860
719	Glissement	384438	4037900	753	Glissement	381988	4049580	787	Glissement	383402	4085430	821	Glissement	385592	4041870
720	Glissement	385323	4039030	754	Glissement	381998	4049580	788	Glissement	383121	4085380	822	Glissement	385577	4042540
721	Glissement	385326	4039030	755	Glissement	380605	4049370	789	Glissement	383709	4085940	823	Glissement	385086	4042550
722	Glissement	385335	4039060	756	Glissement	377012	4049050	790	Glissement	384687	4086600	824	Glissement	385008	4042520
723	Glissement	385308	4038990	757	Glissement	377447	4049320	791	Glissement	384653	4086580	825	Glissement	384978	4042540
724	Glissement	385311	4039000	758	Glissement	377569	4049360	792	Glissement	382822	4082580	826	Glissement	384996	4042520
725	Glissement	385293	4038950	759	Glissement	377585	4049370	793	Glissement	382995	4082770	827	Glissement	384987	4042510
726	Glissement	385284	4038920	760	Glissement	378677	4050880	794	Glissement	382187	4085050	828	Glissement	385000	4042510
727	Glissement	385301	4038970	761	Glissement	378976	4051920	795	Glissement	378772	4076610	829	Glissement	385005	4042510
728	Glissement	385325	4039080	762	Glissement	379605	4052470	796	Glissement	387706	4040970	830	Glissement	384999	4042530
729	Glissement	385373	4039210	763	Glissement	392333	4051730	797	Glissement	387729	4040990	831	Glissement	384958	4042530
730	Glissement	385386	4039240	764	Glissement	392388	4051170	798	Glissement	387848	4041010	832	Glissement	385001	4042520
731	Glissement	385407	4039280	765	Glissement	392224	4050750	799	Glissement	385670	4040390	833	Glissement	385009	4042520
732	Glissement	385670	4039020	766	Glissement	389760	4050070	800	Glissement	385656	4040390	834	Glissement	387315	4047950
733	Glissement	385676	4039020	767	Glissement	388497	4048520	801	Glissement	385668	4040370	835	Glissement	387315	4047950

Annexes

734	Glissement	385687	4039030	768	Glissement	383568	4035890	802	Glissement	385648	4040410	836	Glissement	387313	4047960
735	Glissement	391055	4025620	769	Glissement	388364	3998160	803	Glissement	385619	4040330	837	Glissement	387314	4047960
736	Glissement	391063	4025630	770	Glissement	388276	3998080	804	Glissement	385626	4040380	838	Glissement	387303	4047960
737	Glissement	369055	4054090	771	Glissement	388196	3998010	805	Glissement	385668	4040320	839	Glissement	387270	4047950
738	Glissement	369005	4054110	772	Glissement	388142	3998050	806	Glissement	385668	4040350	840	Glissement	387291	4047950
739	Glissement	369102	4054080	773	Glissement	388165	3998050	807	Glissement	385458	4040990	841	Glissement	387350	4047950
740	Glissement	369295	4054070	774	Glissement	388174	3998070	808	Glissement	385464	4040970	842	Glissement	387361	4047940
741	Glissement	369416	4054050	775	Glissement	388007	3998110	809	Glissement	385481	4040940	843	Glissement	387350	4047940
742	Glissement	369594	4054030	776	Glissement	387088	3998220	810	Glissement	385491	4040910	844	Glissement	373259	4049540
743	Glissement	378457	4049310	777	Glissement	387209	3998190	811	Glissement	385463	4041150	845	Glissement	373467	4049970
744	Glissement	380010	4049550	778	Glissement	385987	3997240	812	Glissement	385375	4041210	846	Glissement	373361	4049990
745	Glissement	380617	4048930	779	Glissement	382111	4085320	813	Glissement	385488	4041260	847	Glissement	373575	4049940
746	Glissement	380588	4048910	780	Glissement	384705	4082820	814	Glissement	385500	4041290	848	Glissement	373257	4050540
747	Glissement	380558	4048900	781	Glissement	382677	4082560	815	Glissement	385589	4041800	849	Glissement	373282	4050540
748	Glissement	380522	4048890	782	Glissement	383823	4085950	816	Glissement	385588	4041810	850	Glissement	373302	4050550
749	Glissement	380640	4048990	783	Glissement	383817	4085930	817	Glissement	385588	4041810	851	Glissement	377087	4057040
852	Glissement	377075	4057030	858	Glissement	376494	4056640	864	Glissement	376373	4058290	870	Glissement	389019	4062420
853	Glissement	377059	4057020	859	Glissement	376507	4056720	865	Glissement	376386	4058310	871	Glissement	388966	4062880
854	Glissement	377049	4057010	860	Glissement	376479	4057160	866	Glissement	376388	4058300	872	Glissement	383481	4067870
855	Glissement	377066	4057090	861	Glissement	376480	4057260	867	Glissement	376361	4058380	873	Glissement	376704	4066640
856	Glissement	376503	4056660	862	Glissement	376477	4057260	868	Glissement	385933	4057490	874	Glissement	373896	4059800
857	Glissement	376505	4056680	863	Glissement	376444	4057680	869	Glissement	389012	4062480	875	Glissement	376993	4069080
876	Glissement	377122	4069280	910	Glissement	322464	4000100	944	Glissement	341825	4037020	978	Glissement	334754	4040610
877	Glissement	377309	4069430	911	Glissement	322549	4000580	945	Glissement	341699	4038160	979	Glissement	334729	4040620
878	Glissement	377317	4069450	912	Glissement	322553	4000540	946	Glissement	341626	4038230	980	Glissement	334639	4040610
879	Glissement	377322	4069450	913	Glissement	322631	4000740	947	Glissement	334121	4041280	981	Glissement	334602	4040570
880	Glissement	377333	4069480	914	Glissement	322556	4000510	948	Glissement	334134	4041060	982	Glissement	334551	4040640
881	Glissement	377340	4069500	915	Glissement	333691	4036510	949	Glissement	334146	4040990	983	Glissement	334609	4040690
882	Glissement	377266	4069380	916	Glissement	333676	4036590	950	Glissement	334164	4040960	984	Glissement	334611	4040720
883	Glissement	377269	4069380	917	Glissement	333665	4036460	951	Glissement	334110	4041090	985	Glissement	334695	4040710
884	Glissement	379610	4071680	918	Glissement	333671	4036480	952	Glissement	334083	4041030	986	Glissement	334575	4040780
885	Glissement	388247	4040790	919	Glissement	333616	4036480	953	Glissement	334090	4041010	987	Glissement	334577	4040790
886	Glissement	389710	4038200	920	Glissement	333507	4036360	954	Glissement	334099	4040950	988	Glissement	334573	4040810

Annexes

887	Glissement	389762	4038240	921	Glissement	333351	4036400	955	Glissement	334054	4041110	989	Glissement	334617	4040870
888	Glissement	389756	4038240	922	Glissement	333377	4036440	956	Glissement	334111	4040940	990	Glissement	334629	4040800
889	Glissement	390064	4038260	923	Glissement	333389	4036460	957	Glissement	334154	4040810	991	Glissement	334576	4040850
890	Glissement	390678	4038180	924	Glissement	333273	4036540	958	Glissement	334135	4040750	992	Glissement	334593	4040920
891	Glissement	390667	4038180	925	Glissement	333184	4036540	959	Glissement	333924	4040740	993	Glissement	334243	4041120
892	Glissement	390740	4038200	926	Glissement	333224	4036540	960	Glissement	333922	4040760	994	Glissement	334254	4041100
893	Glissement	390763	4038200	927	Glissement	333224	4036530	961	Glissement	333932	4040820	995	Glissement	334412	4041090
894	Glissement	391004	4038200	928	Glissement	333245	4036530	962	Glissement	334009	4040650	996	Glissement	334355	4041070
895	Glissement	391582	4038260	929	Glissement	333124	4036520	963	Glissement	334137	4040700	997	Glissement	334324	4040900
896	Glissement	391584	4038250	930	Glissement	333129	4036550	964	Glissement	334274	4040530	998	Glissement	334322	4040940
897	Glissement	322035	4000460	931	Glissement	333107	4036490	965	Glissement	334505	4040370	999	Glissement	334295	4040970
898	Glissement	322028	4000480	932	Glissement	333117	4036510	966	Glissement	334541	4040330	1000	Glissement	333766	4040590
899	Glissement	322402	3999910	933	Glissement	333118	4036520	967	Glissement	334563	4040390	1001	Glissement	333798	4040470
900	Glissement	322454	3999820	934	Glissement	333090	4036490	968	Glissement	334490	4040250	1002	Glissement	335304	4040420
901	Glissement	322462	3999830	935	Glissement	333049	4036460	969	Glissement	334463	4040190	1003	Glissement	335109	4040080
902	Glissement	322459	3999840	936	Glissement	333085	4036510	970	Glissement	334452	4040280	1004	Glissement	335104	4040050
903	Glissement	322372	4000050	937	Glissement	333092	4036520	971	Glissement	334382	4040040	1005	Glissement	335105	4040030
904	Glissement	322433	3999920	938	Glissement	333049	4036500	972	Glissement	334322	4040090	1006	Glissement	335080	4040020
905	Glissement	322392	4000060	939	Glissement	333093	4036620	973	Glissement	334364	4040270	1007	Glissement	334116	4039350
906	Glissement	322485	3999900	940	Glissement	333137	4036620	974	Glissement	334454	4040430	1008	Glissement	334147	4039300
907	Glissement	322465	4000010	941	Glissement	333157	4036640	975	Glissement	334476	4040430	1009	Glissement	334112	4039000
908	Glissement	322415	4000090	942	Glissement	333364	4036790	976	Glissement	334536	4040590	1010	Glissement	333355	4039500
909	Glissement	322495	3999870	943	Glissement	333366	4036800	977	Glissement	334769	4040660	1011	Glissement	333287	4039510
1012	Glissement	333412	4039310	1055	Glissement	343023	4036590	1098	Glissement	331757	4017180	1141	Glissement	337491	4020280
1013	Glissement	333389	4039320	1056	Glissement	342877	4036440	1099	Glissement	331723	4017180	1142	Glissement	337512	4020270
1014	Glissement	333267	4039420	1057	Glissement	342941	4036410	1100	Glissement	332108	4017410	1143	Glissement	337434	4020320
1015	Glissement	333255	4039420	1058	Glissement	342954	4036430	1101	Glissement	332126	4017400	1144	Glissement	337391	4020400
1016	Glissement	333257	4039400	1059	Glissement	343211	4036440	1102	Glissement	332799	4017180	1145	Glissement	337368	4020280
1017	Glissement	333270	4039430	1060	Glissement	343424	4036620	1103	Glissement	332861	4017120	1146	Glissement	337383	4020270
1018	Glissement	333221	4039420	1061	Glissement	342861	4036530	1104	Glissement	332875	4017120	1147	Glissement	337440	4020400
1019	Glissement	333317	4039620	1062	Glissement	342772	4037850	1105	Glissement	332899	4017100	1148	Glissement	337564	4020240
1020	Glissement	333207	4040080	1063	Glissement	349075	4034410	1106	Glissement	332990	4017100	1149	Glissement	337905	4019480
1021	Glissement	333240	4040060	1064	Glissement	348937	4034480	1107	Glissement	333013	4017090	1150	Glissement	337919	4019330

Annexes

1022	Glissement	333091	4040240	1065	Glissement	319852	4002950	1108	Glissement	333051	4017080	1151	Glissement	338035	4019390
1023	Glissement	333034	4039830	1066	Glissement	319941	4002920	1109	Glissement	333321	4017250	1152	Glissement	338329	4019380
1024	Glissement	331454	4040950	1067	Glissement	319968	4002920	1110	Glissement	333569	4017240	1153	Glissement	338622	4019390
1025	Glissement	337490	4036850	1068	Glissement	319986	4002920	1111	Glissement	338298	4016260	1154	Glissement	338590	4019430
1026	Glissement	337409	4036680	1069	Glissement	319832	4002970	1112	Glissement	338262	4016180	1155	Glissement	338651	4019350
1027	Glissement	336996	4036390	1070	Glissement	319317	4002760	1113	Glissement	338203	4016330	1156	Glissement	338648	4019370
1028	Glissement	334578	4036780	1071	Glissement	319352	4002770	1114	Glissement	338218	4016340	1157	Glissement	338887	4019030
1029	Glissement	334577	4036760	1072	Glissement	319684	4003980	1115	Glissement	338236	4016340	1158	Glissement	338876	4019040
1030	Glissement	334583	4036700	1073	Glissement	319666	4004010	1116	Glissement	338232	4016390	1159	Glissement	338913	4019020
1031	Glissement	334595	4036690	1074	Glissement	326855	4012210	1117	Glissement	338456	4016500	1160	Glissement	338719	4019100
1032	Glissement	334618	4036680	1075	Glissement	326843	4012200	1118	Glissement	338432	4016520	1161	Glissement	338703	4019250
1033	Glissement	334633	4036700	1076	Glissement	326845	4012250	1119	Glissement	338931	4019780	1162	Glissement	333539	4039160
1034	Glissement	334642	4036700	1077	Glissement	326799	4012350	1120	Glissement	338919	4019780	1163	Glissement	333533	4039180
1035	Glissement	334749	4036800	1078	Glissement	326759	4012290	1121	Glissement	338878	4019790	1164	Glissement	333554	4039200
1036	Glissement	334573	4036660	1079	Glissement	326667	4012500	1122	Glissement	338969	4019810	1165	Glissement	333556	4039400
1037	Glissement	334578	4036820	1080	Glissement	325630	4014040	1123	Glissement	339077	4019840	1166	Glissement	333770	4039840
1038	Glissement	334505	4036730	1081	Glissement	325396	4014120	1124	Glissement	339154	4019830	1167	Glissement	333778	4039820
1039	Glissement	334577	4036620	1082	Glissement	325394	4014580	1125	Glissement	339991	4020040	1168	Glissement	347868	4035420
1040	Glissement	334889	4036160	1083	Glissement	325460	4014680	1126	Glissement	338800	4019860	1169	Glissement	347894	4035360
1041	Glissement	335150	4036250	1084	Glissement	327671	4014360	1127	Glissement	337926	4019520	1170	Glissement	347996	4035320
1042	Glissement	335174	4036280	1085	Glissement	327748	4014390	1128	Glissement	337905	4019520	1171	Glissement	348123	4035350
1043	Glissement	335206	4035790	1086	Glissement	328000	4014340	1129	Glissement	337913	4019530	1172	Glissement	344838	4040230
1044	Glissement	335322	4035690	1087	Glissement	327956	4014340	1130	Glissement	337856	4019540	1173	Glissement	344398	4039850
1045	Glissement	335328	4035690	1088	Glissement	328174	4014360	1131	Glissement	337821	4019580	1174	Glissement	343663	4039140
1046	Glissement	337366	4034350	1089	Glissement	328184	4014380	1132	Glissement	337806	4019720	1175	Glissement	343473	4039240
1047	Glissement	337438	4034450	1090	Glissement	328721	4015140	1133	Glissement	337593	4019990	1176	Glissement	343426	4039300
1048	Glissement	337573	4034590	1091	Glissement	329569	4015480	1134	Glissement	337456	4020080	1177	Glissement	343406	4039310
1049	Glissement	338158	4033550	1092	Glissement	329546	4015500	1135	Glissement	337464	4020110	1178	Glissement	343285	4039420
1050	Glissement	338037	4033010	1093	Glissement	330255	4015700	1136	Glissement	337493	4020050	1179	Glissement	343261	4039430
1051	Glissement	338409	4032820	1094	Glissement	330751	4016270	1137	Glissement	337440	4020130	1180	Glissement	343141	4039460
1052	Glissement	343099	4036490	1095	Glissement	330873	4016340	1138	Glissement	337404	4020190	1181	Glissement	343123	4039470
1053	Glissement	343049	4036460	1096	Glissement	330896	4016370	1139	Glissement	337469	4020290	1182	Glissement	343114	4039470
1054	Glissement	342961	4036610	1097	Glissement	330905	4016390	1140	Glissement	337541	4020260	1183	Glissement	343989	4038800

Annexes

1184	Glissement	329175	4026200	1218	Glissement	324014	4008420	1252	Glissement	328222	4028450	1286	Glissement	337261	4028590
1185	Glissement	329401	4026340	1219	Glissement	323998	4008430	1253	Glissement	328418	4028500	1287	Glissement	337273	4028600
1186	Glissement	329101	4026310	1220	Glissement	323983	4009100	1254	Glissement	322271	4013360	1288	Glissement	337241	4028590
1187	Glissement	329178	4026390	1221	Glissement	323761	4009600	1255	Glissement	322364	4012250	1289	Glissement	337098	4028600
1188	Glissement	329157	4026380	1222	Glissement	323792	4009680	1256	Glissement	322198	4012300	1290	Glissement	336908	4028590
1189	Glissement	328940	4025900	1223	Glissement	323794	4009640	1257	Glissement	330942	4015210	1291	Glissement	335838	4028350
1190	Glissement	328987	4025940	1224	Glissement	324118	4010020	1258	Glissement	330713	4015010	1292	Glissement	335736	4028340
1191	Glissement	331457	4023920	1225	Glissement	324209	4010100	1259	Glissement	330815	4015390	1293	Glissement	335761	4028360
1192	Glissement	328178	4019970	1226	Glissement	319299	4031020	1260	Glissement	330834	4015530	1294	Glissement	335726	4028280
1193	Glissement	328217	4020020	1227	Glissement	324511	4032170	1261	Glissement	330964	4017120	1295	Glissement	335775	4028280
1194	Glissement	328451	4020260	1228	Glissement	305515	4025360	1262	Glissement	330969	4017120	1296	Glissement	335815	4028280
1195	Glissement	329685	4020910	1229	Glissement	305826	4025500	1263	Glissement	330979	4017100	1297	Glissement	335505	4028320
1196	Glissement	329585	4020560	1230	Glissement	305873	4025500	1264	Glissement	330661	4017660	1298	Glissement	335345	4028290
1197	Glissement	333031	4022740	1231	Glissement	305907	4025520	1265	Glissement	312467	4022680	1299	Glissement	335356	4028300
1198	Glissement	333241	4022770	1232	Glissement	306085	4025640	1266	Glissement	311106	4022340	1300	Glissement	335116	4028260
1199	Glissement	333211	4022790	1233	Glissement	306191	4025670	1267	Glissement	314069	4022740	1301	Glissement	334987	4028180
1200	Glissement	333255	4022770	1234	Glissement	306751	4025480	1268	Glissement	314384	4022610	1302	Glissement	335018	4028180
1201	Glissement	333293	4022540	1235	Glissement	306775	4025470	1269	Glissement	314724	4022340	1303	Glissement	335087	4028250
1202	Glissement	333308	4022560	1236	Glissement	306793	4025450	1270	Glissement	314838	4021950	1304	Glissement	335160	4028290
1203	Glissement	321547	4024680	1237	Glissement	306812	4025440	1271	Glissement	314830	4021960	1305	Glissement	319431	4022490
1204	Glissement	321530	4024590	1238	Glissement	306863	4025450	1272	Glissement	314835	4021950	1306	Glissement	318226	4022570
1205	Glissement	321464	4024650	1239	Glissement	320574	4035160	1273	Glissement	314902	4021920	1307	Glissement	318230	4022580
1206	Glissement	324635	4028430	1240	Glissement	320652	4035190	1274	Glissement	314918	4021910	1308	Glissement	318222	4022590
1207	Glissement	325894	4027860	1241	Glissement	320581	4035200	1275	Glissement	314873	4021900	1309	Glissement	318521	4022430
1208	Glissement	313674	4034550	1242	Glissement	320765	4035190	1276	Glissement	320516	4020360	1310	Glissement	324064	4038810
1209	Glissement	314741	4033240	1243	Glissement	320905	4035300	1277	Glissement	320527	4020370	1311	Glissement	324052	4038810
1210	Glissement	323753	4008770	1244	Glissement	325392	4029850	1278	Glissement	336563	4029340	1312	Glissement	324041	4038800
1211	Glissement	323780	4008780	1245	Glissement	326166	4029260	1279	Glissement	336538	4029340	1313	Glissement	324015	4038790
1212	Glissement	323926	4009200	1246	Glissement	326680	4029270	1280	Glissement	336477	4029350	1314	Glissement	323905	4038640
1213	Glissement	324000	4009230	1247	Glissement	326807	4029070	1281	Glissement	337492	4028570	1315	Glissement	323913	4038750
1214	Glissement	324005	4009000	1248	Glissement	326814	4029050	1282	Glissement	337512	4028570	1316	Glissement	324433	4038770
1215	Glissement	324076	4008870	1249	Glissement	326825	4029040	1283	Glissement	337425	4028570	1317	Glissement	324417	4038760
1216	Glissement	324091	4008690	1250	Glissement	327908	4028270	1284	Glissement	337440	4028580	1318	Glissement	324514	4038750

Annexes

1217	Glissement	324091	4008750	1251	Glissement	328207	4028450	1285	Glissement	337430	4028550	1319	Glissement	324564	4038780
1320	Glissement	324591	4038780	1355	Glissement	308625	4030160	1390	Glissement	333941	3982100	1425	Glissement	361549	3969750
1321	Glissement	324837	4038820	1356	Glissement	308838	4030170	1391	Glissement	333913	3982080	1426	Glissement	361565	3969770
1322	Glissement	324935	4038770	1357	Glissement	308767	4030190	1392	Glissement	333851	3982140	1427	Glissement	361576	3969780
1323	Glissement	324944	4038760	1358	Glissement	309914	4028010	1393	Glissement	334208	3982690	1428	Glissement	361456	3969690
1324	Glissement	324950	4038760	1359	Glissement	309960	4028040	1394	Glissement	334209	3982710	1429	Glissement	360114	3985050
1325	Glissement	324993	4038740	1360	Glissement	309967	4028050	1395	Glissement	334219	3982700	1430	Glissement	360100	3985070
1326	Glissement	324978	4038730	1361	Glissement	302664	4033340	1396	Glissement	334218	3982700	1431	Glissement	360065	3985120
1327	Glissement	325017	4038740	1362	Glissement	304857	4033780	1397	Glissement	334216	3982730	1432	Glissement	360066	3985150
1328	Glissement	325027	4038750	1363	Glissement	305407	4033360	1398	Glissement	334217	3982660	1433	Glissement	360783	3984800
1329	Glissement	325066	4038710	1364	Glissement	305429	4033350	1399	Glissement	334231	3982680	1434	Glissement	360069	3985440
1330	Glissement	325379	4038670	1365	Glissement	305280	4033390	1400	Glissement	334240	3982680	1435	Glissement	360066	3985530
1331	Glissement	325349	4038770	1366	Glissement	333614	3982770	1401	Glissement	334261	3982680	1436	Glissement	315979	4027740
1332	Glissement	325337	4038780	1367	Glissement	333638	3982750	1402	Glissement	334265	3982660	1437	Glissement	302939	4033030
1333	Glissement	314845	4033440	1368	Glissement	333691	3982810	1403	Glissement	334286	3982660	1438	Glissement	302979	4033080
1334	Glissement	314370	4033980	1369	Glissement	333578	3982580	1404	Glissement	334285	3982640	1439	Glissement	302998	4033130
1335	Glissement	314526	4033830	1370	Glissement	333536	3982640	1405	Glissement	334255	3982630	1440	Glissement	304682	4033690
1336	Glissement	313138	4035510	1371	Glissement	333548	3982670	1406	Glissement	357295	3978980	1441	Glissement	304729	4033730
1337	Glissement	313175	4035580	1372	Glissement	333635	3982180	1407	Glissement	357313	3978990	1442	Glissement	329093	4034190
1338	Glissement	313174	4035560	1373	Glissement	333590	3982180	1408	Glissement	357317	3978990	1443	Glissement	328973	4034350
1339	Glissement	312505	4036200	1374	Glissement	333587	3982210	1409	Glissement	357223	3978980	1444	Glissement	328968	4034310
1340	Glissement	312489	4036160	1375	Glissement	333585	3982250	1410	Glissement	357229	3978980	1445	Glissement	328985	4034380
1341	Glissement	312466	4036130	1376	Glissement	333582	3982280	1411	Glissement	357182	3978910	1446	Glissement	328933	4034330
1342	Glissement	312458	4036120	1377	Glissement	333585	3982290	1412	Glissement	357183	3978920	1447	Glissement	328913	4034340
1343	Glissement	311582	4035780	1378	Glissement	333664	3982330	1413	Glissement	357199	3978930	1448	Glissement	328798	4034410
1344	Glissement	308047	4035390	1379	Glissement	333648	3982260	1414	Glissement	357170	3978890	1449	Glissement	328730	4034360
1345	Glissement	308059	4035400	1380	Glissement	333806	3982130	1415	Glissement	356641	3978740	1450	Glissement	328579	4034300
1346	Glissement	308027	4035070	1381	Glissement	333791	3982150	1416	Glissement	356665	3978740	1451	Glissement	328631	4034310
1347	Glissement	308035	4035060	1382	Glissement	333900	3982200	1417	Glissement	356674	3978740	1452	Glissement	328706	4034200
1348	Glissement	308079	4035040	1383	Glissement	333848	3982190	1418	Glissement	357633	3978420	1453	Glissement	328666	4034200
1349	Glissement	308053	4035050	1384	Glissement	333893	3982140	1419	Glissement	357481	3977820	1454	Glissement	328731	4034220
1350	Glissement	308094	4035030	1385	Glissement	333869	3982130	1420	Glissement	361935	3977640	1455	Glissement	328654	4034320
1351	Glissement	308151	4034990	1386	Glissement	333876	3982130	1421	Glissement	361926	3977640	1456	Glissement	328809	4034300

Annexes

1352	Glissement	308117	4035020	1387	Glissement	333877	3982190	1422	Glissement	361479	3969730	1457	Glissement	328693	4034180
1353	Glissement	307922	4035240	1388	Glissement	333946	3982100	1423	Glissement	361493	3969740	1458	Glissement	328815	4034240
1354	Glissement	307949	4035190	1389	Glissement	333934	3982100	1424	Glissement	361527	3969740	1459	Glissement	329034	4034470
1460	Glissement	329253	4034500	1485	Glissement	329857	4034990	1510	Glissement	330212	4035440	1535	Glissement	327683	4033870
1461	Glissement	329299	4034530	1486	Glissement	329865	4034890	1511	Glissement	330206	4035720	1536	Glissement	327763	4033800
1462	Glissement	329288	4034560	1487	Glissement	329904	4034900	1512	Glissement	330182	4035690	1537	Glissement	328272	4034120
1463	Glissement	329333	4034580	1488	Glissement	329902	4034970	1513	Glissement	330220	4035690	1538	Glissement	326561	4032710
1464	Glissement	329308	4034550	1489	Glissement	329702	4034710	1514	Glissement	330305	4035790	1539	Glissement	326556	4032730
1465	Glissement	329169	4034500	1490	Glissement	329675	4034840	1515	Glissement	330316	4035830	1540	Glissement	326867	4032820
1466	Glissement	329223	4034510	1491	Glissement	329317	4034740	1516	Glissement	330415	4035880	1541	Glissement	326879	4032860
1467	Glissement	329334	4034620	1492	Glissement	329385	4034790	1517	Glissement	330357	4035860	1542	Glissement	326913	4033180
1468	Glissement	329415	4034630	1493	Glissement	329391	4034800	1518	Glissement	330390	4035890	1543	Glissement	326883	4033190
1469	Glissement	329586	4034650	1494	Glissement	329457	4034830	1519	Glissement	330348	4035830	1544	Glissement	326922	4033210
1470	Glissement	329489	4034650	1495	Glissement	329473	4034850	1520	Glissement	330429	4035930	1545	Glissement	327473	4033330
1471	Glissement	329499	4034640	1496	Glissement	329495	4034860	1521	Glissement	329350	4034080	1546	Glissement	327531	4033360
1472	Glissement	329504	4034650	1497	Glissement	329405	4034780	1522	Glissement	329318	4034170	1547	Glissement	325409	4022880
1473	Glissement	329522	4034650	1498	Glissement	329444	4034800	1523	Glissement	330852	4034300	1548	Glissement	325699	4023010
1474	Glissement	329528	4034640	1499	Glissement	329484	4034900	1524	Glissement	330837	4034280	1549	Glissement	325615	4023300
1475	Glissement	329526	4034670	1500	Glissement	329492	4034930	1525	Glissement	325873	4032690	1550	Glissement	325150	4024510
1476	Glissement	329558	4034680	1501	Glissement	329498	4035020	1526	Glissement	326380	4033130	1551	Glissement	324467	4024300
1477	Glissement	329712	4034750	1502	Glissement	329670	4035220	1527	Glissement	326418	4033150	1552	Glissement	329676	4014880
1478	Glissement	329729	4034770	1503	Glissement	329847	4035280	1528	Glissement	326872	4033310	1553	Glissement	329627	4014840
1479	Glissement	329727	4034710	1504	Glissement	329883	4035310	1529	Glissement	326825	4033310	1554	Glissement	330325	4015510
1480	Glissement	329672	4034700	1505	Glissement	330124	4035350	1530	Glissement	326892	4033350	1555	Glissement	330322	4015320
1481	Glissement	329726	4034860	1506	Glissement	330103	4035300	1531	Glissement	326884	4033330	1556	Glissement	331675	4016320
1482	Glissement	329753	4034920	1507	Glissement	330052	4035180	1532	Glissement	326854	4033320	1557	Glissement	332121	4016850
1483	Glissement	329771	4034900	1508	Glissement	330062	4035200	1533	Glissement	326917	4033350	1558	Glissement	332037	4016740
1484	Glissement	329790	4034910	1509	Glissement	330228	4035360	1534	Glissement	327657	4033760	1559	Glissement	333832	4014820
1560	Glissement	333913	4014690	1638	Glissement	355531	3981140	1716	Glissement	355668	3999410	1794	Glissement	365620	3989900
1561	Glissement	333909	4015150	1639	Glissement	355522	3981080	1717	Glissement	355644	3999430	1795	Glissement	365618	3989990
1562	Glissement	333928	4015440	1640	Glissement	355532	3981100	1718	Glissement	355627	3999480	1796	Glissement	365662	3989960
1563	Glissement	333911	4015350	1641	Glissement	355690	3981210	1719	Glissement	355579	3999270	1797	Glissement	365565	3989980
1564	Glissement	333908	4015360	1642	Glissement	355653	3981180	1720	Glissement	355273	3998530	1798	Glissement	365527	3990010

Annexes

1565	Glissement	333905	4015380	1643	Glissement	355470	3981090	1721	Glissement	355274	3998470	1799	Glissement	365700	3989870
1566	Glissement	333893	4015460	1644	Glissement	355430	3981040	1722	Glissement	355205	3998640	1800	Glissement	365520	3990680
1567	Glissement	334346	4015710	1645	Glissement	355403	3981060	1723	Glissement	355294	3998700	1801	Glissement	365564	3990580
1568	Glissement	334366	4015720	1646	Glissement	355395	3981060	1724	Glissement	355170	3998570	1802	Glissement	365498	3990730
1569	Glissement	334376	4015750	1647	Glissement	355390	3981060	1725	Glissement	355149	3998460	1803	Glissement	365448	3990760
1570	Glissement	334432	4015920	1648	Glissement	355384	3981060	1726	Glissement	355748	3997930	1804	Glissement	365489	3990770
1571	Glissement	334728	4016340	1649	Glissement	355378	3981050	1727	Glissement	356710	3998830	1805	Glissement	365849	3990860
1572	Glissement	334737	4016300	1650	Glissement	355374	3981050	1728	Glissement	356941	3999020	1806	Glissement	365408	3992850
1573	Glissement	322241	4009410	1651	Glissement	355336	3981020	1729	Glissement	359036	3999730	1807	Glissement	365421	3992820
1574	Glissement	322288	4009480	1652	Glissement	354895	3980420	1730	Glissement	359043	3999850	1808	Glissement	365799	3992330
1575	Glissement	322287	4009530	1653	Glissement	354693	3980070	1731	Glissement	357908	3997540	1809	Glissement	365765	3992380
1576	Glissement	322299	4009540	1654	Glissement	354662	3980050	1732	Glissement	356346	3995890	1810	Glissement	365785	3992300
1577	Glissement	322308	4009590	1655	Glissement	354545	3980000	1733	Glissement	356298	3995860	1811	Glissement	365769	3992420
1578	Glissement	322306	4009600	1656	Glissement	354619	3980060	1734	Glissement	356216	3995730	1812	Glissement	365579	3992470
1579	Glissement	322316	4009630	1657	Glissement	344716	3999260	1735	Glissement	356186	3995550	1813	Glissement	366423	3992510
1580	Glissement	322337	4009640	1658	Glissement	345179	3999360	1736	Glissement	356197	3995640	1814	Glissement	366431	3992500
1581	Glissement	322324	4009710	1659	Glissement	345195	3999270	1737	Glissement	356304	3996960	1815	Glissement	366765	3992160
1582	Glissement	322330	4009750	1660	Glissement	345052	3999630	1738	Glissement	356294	3997000	1816	Glissement	366765	3992140
1583	Glissement	322347	4009770	1661	Glissement	344892	3999670	1739	Glissement	356421	3996920	1817	Glissement	366936	3994060
1584	Glissement	322348	4009810	1662	Glissement	344538	3998310	1740	Glissement	356140	3996620	1818	Glissement	367139	3993900
1585	Glissement	322352	4009810	1663	Glissement	366460	4006940	1741	Glissement	356132	3996640	1819	Glissement	367231	3993860
1586	Glissement	322369	4009830	1664	Glissement	366473	4006980	1742	Glissement	356182	3996600	1820	Glissement	367423	3993650
1587	Glissement	322387	4009820	1665	Glissement	348119	4018510	1743	Glissement	356208	3996560	1821	Glissement	367437	3993610
1588	Glissement	322381	4009840	1666	Glissement	345919	4015180	1744	Glissement	356111	3996650	1822	Glissement	367433	3993620
1589	Glissement	322378	4009860	1667	Glissement	349072	3991150	1745	Glissement	356160	3996610	1823	Glissement	367452	3993590
1590	Glissement	322390	4009940	1668	Glissement	349031	3991150	1746	Glissement	362690	3994700	1824	Glissement	369281	3993900
1591	Glissement	322396	4009950	1669	Glissement	352223	4012300	1747	Glissement	362677	3994810	1825	Glissement	369255	3994000
1592	Glissement	322419	4009960	1670	Glissement	352262	4012260	1748	Glissement	362659	3994840	1826	Glissement	369375	3993870
1593	Glissement	322412	4009980	1671	Glissement	352261	4012280	1749	Glissement	364630	3992850	1827	Glissement	369716	3993850
1594	Glissement	322292	4009500	1672	Glissement	351665	4012270	1750	Glissement	364653	3992800	1828	Glissement	369741	3993830
1595	Glissement	322284	4009560	1673	Glissement	351665	4012250	1751	Glissement	364917	3992490	1829	Glissement	369751	3993810
1596	Glissement	322494	4010400	1674	Glissement	351644	4012200	1752	Glissement	365372	3992080	1830	Glissement	369759	3993700
1597	Glissement	322507	4010410	1675	Glissement	351597	4012380	1753	Glissement	365739	3992200	1831	Glissement	369765	3993690

Annexes

1598	Glissement	322455	4010400	1676	Glissement	351585	4012560	1754	Glissement	365713	3992210	1832	Glissement	369769	3993670
1599	Glissement	322513	4010420	1677	Glissement	351380	4012450	1755	Glissement	366103	3991850	1833	Glissement	369788	3993710
1600	Glissement	322476	4010420	1678	Glissement	356948	4000620	1756	Glissement	366025	3991880	1834	Glissement	369972	3994190
1601	Glissement	322424	4010390	1679	Glissement	357642	4000320	1757	Glissement	366002	3991900	1835	Glissement	369975	3994180
1602	Glissement	322401	4010390	1680	Glissement	357733	4000350	1758	Glissement	366127	3991790	1836	Glissement	365071	3996150
1603	Glissement	322383	4010400	1681	Glissement	357664	4000360	1759	Glissement	366130	3991740	1837	Glissement	364226	3997110
1604	Glissement	322310	4010370	1682	Glissement	357773	4000330	1760	Glissement	366116	3991750	1838	Glissement	352275	4004440
1605	Glissement	322609	4010590	1683	Glissement	358201	4000250	1761	Glissement	365822	3991930	1839	Glissement	351694	4004100
1606	Glissement	322609	4010690	1684	Glissement	358198	4000300	1762	Glissement	365690	3991950	1840	Glissement	351754	4004020
1607	Glissement	322589	4010670	1685	Glissement	359629	4000080	1763	Glissement	365691	3991920	1841	Glissement	351803	4004410
1608	Glissement	322538	4010760	1686	Glissement	359636	4000060	1764	Glissement	365697	3991880	1842	Glissement	351327	4003340
1609	Glissement	322538	4010820	1687	Glissement	359719	4000150	1765	Glissement	365850	3992090	1843	Glissement	350970	4003010
1610	Glissement	322515	4010730	1688	Glissement	359050	3995980	1766	Glissement	365878	3992130	1844	Glissement	351799	4002750
1611	Glissement	322750	4012200	1689	Glissement	359150	3995930	1767	Glissement	365959	3992110	1845	Glissement	351890	4002880
1612	Glissement	323118	4012280	1690	Glissement	359238	3995840	1768	Glissement	365976	3992100	1846	Glissement	351221	4001980
1613	Glissement	325352	3983130	1691	Glissement	359234	3995830	1769	Glissement	365934	3991680	1847	Glissement	351252	4001930
1614	Glissement	325547	3983010	1692	Glissement	359208	3995840	1770	Glissement	365931	3991700	1848	Glissement	351214	4002060
1615	Glissement	325556	3982960	1693	Glissement	359153	3995810	1771	Glissement	365935	3991750	1849	Glissement	350845	4002300
1616	Glissement	325572	3982990	1694	Glissement	359189	3995730	1772	Glissement	365947	3991780	1850	Glissement	350864	4002290
1617	Glissement	326275	3982970	1695	Glissement	360029	3995500	1773	Glissement	365937	3991640	1851	Glissement	350874	4002290
1618	Glissement	326456	3982910	1696	Glissement	360159	3995320	1774	Glissement	366342	3991520	1852	Glissement	350893	4002280
1619	Glissement	326450	3982980	1697	Glissement	360389	3995350	1775	Glissement	366343	3991310	1853	Glissement	350473	4002400
1620	Glissement	326469	3982930	1698	Glissement	360399	3995350	1776	Glissement	366362	3991190	1854	Glissement	350453	4002420
1621	Glissement	326384	3983040	1699	Glissement	360483	3995340	1777	Glissement	366506	3991730	1855	Glissement	350192	4002400
1622	Glissement	326399	3983030	1700	Glissement	360874	3995630	1778	Glissement	366368	3991830	1856	Glissement	350059	4002330
1623	Glissement	326362	3983090	1701	Glissement	360886	3995640	1779	Glissement	366422	3991840	1857	Glissement	352671	4001080
1624	Glissement	326369	3983070	1702	Glissement	360950	3996220	1780	Glissement	366399	3991840	1858	Glissement	352696	4001090
1625	Glissement	326352	3983160	1703	Glissement	361033	3996120	1781	Glissement	366279	3991430	1859	Glissement	352707	4001100
1626	Glissement	326329	3983210	1704	Glissement	361251	3996250	1782	Glissement	366296	3991720	1860	Glissement	352720	4001120
1627	Glissement	326328	3983230	1705	Glissement	356006	3998890	1783	Glissement	366178	3991730	1861	Glissement	352731	4001150
1628	Glissement	326331	3983240	1706	Glissement	356038	3998840	1784	Glissement	366237	3991740	1862	Glissement	352796	4001180
1629	Glissement	326266	3983210	1707	Glissement	355735	3998750	1785	Glissement	366297	3991760	1863	Glissement	352824	4001230
1630	Glissement	326341	3983270	1708	Glissement	355752	3998690	1786	Glissement	366326	3991700	1864	Glissement	352621	4001020

Annexes

1631	Glissement	326340	3983290	1709	Glissement	355723	3998710	1787	Glissement	366325	3991720	1865	Glissement	352153	3998560
1632	Glissement	326261	3983430	1710	Glissement	355620	3998780	1788	Glissement	366315	3991480	1866	Glissement	352671	3998410
1633	Glissement	326265	3983460	1711	Glissement	355555	3998830	1789	Glissement	365693	3990050	1867	Glissement	353600	3999820
1634	Glissement	326364	3984000	1712	Glissement	355624	3999080	1790	Glissement	365703	3990030	1868	Glissement	353472	3999590
1635	Glissement	326319	3983970	1713	Glissement	355589	3999140	1791	Glissement	365693	3990010	1869	Glissement	353474	3999600
1636	Glissement	326393	3984050	1714	Glissement	355615	3999220	1792	Glissement	365549	3990000	1870	Glissement	353477	3999640
1637	Glissement	355516	3981130	1715	Glissement	355659	3999380	1793	Glissement	365630	3989890	1871	Glissement	353480	3999650
1872	Glissement	353483	3999670	1913	Glissement	370286	4011370	1954	Glissement	376798	4018720	1995	Glissement	381351	4018710
1873	Glissement	352502	3999410	1914	Glissement	370556	4011450	1955	Glissement	377213	4018560	1996	Glissement	368244	4022790
1874	Glissement	350574	3998530	1915	Glissement	349343	4036500	1956	Glissement	363929	4024370	1997	Glissement	358704	4028790
1875	Glissement	350052	3996160	1916	Glissement	349337	4036360	1957	Glissement	374478	4035140	1998	Glissement	379464	4031620
1876	Glissement	350036	3996190	1917	Glissement	349628	4036220	1958	Glissement	374569	4035160	1999	Glissement	375909	4029490
1877	Glissement	350021	3996200	1918	Glissement	389566	4029880	1959	Glissement	367536	4025220	2000	Glissement	380890	4028460
1878	Glissement	350072	3996150	1919	Glissement	389859	4030470	1960	Glissement	367603	4025160	2001	Glissement	382094	4023790
1879	Glissement	350128	3996040	1920	Glissement	366000	4017980	1961	Glissement	376798	4018720	2002	Glissement	376712	4019020
1880	Glissement	350142	3996020	1921	Glissement	366005	4017820	1962	Glissement	377065	4017940	2003	Glissement	376842	4023140
1881	Glissement	350726	3991310	1922	Glissement	365971	4017880	1963	Glissement	363929	4024370	2004	Glissement	368126	4021820
1882	Glissement	350024	3991060	1923	Glissement	398564	4039290	1964	Glissement	374478	4035140	2005	Glissement	365454	4023750
1883	Glissement	340398	3993580	1924	Glissement	393910	4031250	1965	Glissement	374569	4035160	2006	Glissement	381550	4023160
1884	Glissement	340519	3994010	1925	Glissement	383910	4023830	1966	Glissement	367536	4025220	2007	Glissement	368705	4019320
1885	Glissement	340525	3994000	1926	Glissement	382789	4029310	1967	Glissement	367603	4025160	2008	Glissement	371841	4019740
1886	Glissement	340990	3997820	1927	Glissement	383493	4029960	1968	Glissement	381386	4029200	2009	Glissement	393910	4031250
1887	Glissement	341009	3997790	1928	Glissement	383884	4024500	1969	Glissement	382986	4023240	2010	Glissement	383910	4023830
1888	Glissement	351417	4029860	1929	Glissement	385590	4026450	1970	Glissement	385413	4027140	2011	Glissement	382789	4029310
1889	Glissement	354955	4008240	1930	Glissement	385555	4026400	1971	Glissement	380890	4028460	2012	Glissement	383493	4029960
1890	Glissement	354969	4008210	1931	Glissement	385487	4026360	1972	Glissement	382094	4023790	2013	Glissement	383884	4024500
1891	Glissement	359166	3995660	1932	Glissement	376925	4027520	1973	Glissement	375100	4016840	2014	Glissement	385590	4026450
1892	Glissement	359131	3995640	1933	Glissement	393324	4025870	1974	Glissement	374768	4017370	2015	Glissement	385555	4026400
1893	Glissement	371807	3983270	1934	Glissement	383007	4023750	1975	Glissement	375372	4017150	2016	Glissement	385487	4026360
1894	Glissement	371800	3983270	1935	Glissement	383205	4028940	1976	Glissement	376712	4019020	2017	Glissement	366658	4047160
1895	Glissement	366020	3993680	1936	Glissement	365936	4018000	1977	Glissement	376842	4023140	2018	Glissement	366267	4047150
1896	Glissement	366094	3993760	1937	Glissement	365768	4018060	1978	Glissement	374465	4025180	2019	Glissement	366139	4047100
1897	Glissement	366102	3993770	1938	Glissement	368558	4022500	1979	Glissement	384408	4025540	2020	Glissement	365898	4046790

Annexes

1898	Glissement	366209	3994760	1939	Glissement	373125	4024490	1980	Glissement	370913	4024970	2021	Glissement	366027	4047190
1899	Glissement	366101	3993220	1940	Glissement	368126	4021820	1981	Glissement	377629	4018820	2022	Glissement	349343	4036500
1900	Glissement	302254	4031060	1941	Glissement	365454	4023750	1982	Glissement	394341	4025010	2023	Glissement	349337	4036360
1901	Glissement	324788	4038830	1942	Glissement	381550	4023160	1983	Glissement	394132	4025190	2024	Glissement	349628	4036220
1902	Glissement	324798	4038830	1943	Glissement	368705	4019320	1984	Glissement	393985	4025430	2025	Glissement	355172	4027440
1903	Glissement	330090	3975220	1944	Glissement	371841	4019740	1985	Glissement	369894	4011650	2026	Glissement	354975	4027220
1904	Glissement	393910	4031250	1945	Glissement	395207	4024790	1986	Glissement	369819	4011670	2027	Glissement	354983	4027130
1905	Glissement	383910	4023830	1946	Glissement	395096	4025720	1987	Glissement	369739	4011520	2028	Glissement	389566	4029880
1906	Glissement	382789	4029310	1947	Glissement	383007	4023750	1988	Glissement	394350	4023620	2029	Glissement	389859	4030470
1907	Glissement	383493	4029960	1948	Glissement	383205	4028940	1989	Glissement	376239	4015900	2030	Glissement	387636	4019880
1908	Glissement	383884	4024500	1949	Glissement	365936	4018000	1990	Glissement	373367	4012440	2031	Glissement	383952	4016670
1909	Glissement	385590	4026450	1950	Glissement	365768	4018060	1991	Glissement	377589	4011550	2032	Glissement	383991	4016730
1910	Glissement	385555	4026400	1951	Glissement	368558	4022500	1992	Glissement	386788	4027950	2033	Glissement	366000	4017980
1911	Glissement	385487	4026360	1952	Glissement	393363	4019430	1993	Glissement	382911	4017770	2034	Glissement	366005	4017820
1912	Glissement	394113	4025320	1953	Glissement	381348	4017300	1994	Glissement	381036	4022760	2035	Glissement	365971	4017880
2036	Glissement	391330	4019200	2127	Glissement	394176	4025320	2218	Glissement	394690	4022660	2309	Glissement	373276	4010830
2037	Glissement	381386	4029200	2128	Glissement	393395	4025860	2219	Glissement	394609	4022790	2310	Glissement	373297	4010840
2038	Glissement	382986	4023240	2129	Glissement	393223	4026080	2220	Glissement	391763	4023190	2311	Glissement	373508	4010740
2039	Glissement	379965	4020450	2130	Glissement	395150	4025730	2221	Glissement	392032	4023070	2312	Glissement	373655	4010720
2040	Glissement	385413	4027140	2131	Glissement	395118	4025660	2222	Glissement	391998	4020650	2313	Glissement	373566	4010730
2041	Glissement	384408	4025540	2132	Glissement	395208	4024770	2223	Glissement	391954	4020660	2314	Glissement	377764	4015420
2042	Glissement	370913	4024970	2133	Glissement	373019	4024550	2224	Glissement	391976	4020560	2315	Glissement	377824	4015570
2043	Glissement	394285	4025060	2134	Glissement	373032	4024560	2225	Glissement	392422	4018550	2316	Glissement	378568	4016060
2044	Glissement	394341	4025010	2135	Glissement	373035	4024550	2226	Glissement	392395	4018540	2317	Glissement	378667	4016070
2045	Glissement	394323	4025030	2136	Glissement	373053	4024550	2227	Glissement	392370	4018600	2318	Glissement	378958	4015990
2046	Glissement	394355	4024970	2137	Glissement	372999	4024560	2228	Glissement	392794	4019660	2319	Glissement	378974	4015990
2047	Glissement	394132	4025190	2138	Glissement	373085	4024560	2229	Glissement	392860	4019610	2320	Glissement	379005	4016030
2048	Glissement	393985	4025430	2139	Glissement	373118	4024570	2230	Glissement	392515	4019730	2321	Glissement	379026	4016020
2049	Glissement	393154	4025970	2140	Glissement	373252	4024690	2231	Glissement	392519	4019720	2322	Glissement	379681	4016160
2050	Glissement	393190	4026020	2141	Glissement	373373	4024880	2232	Glissement	392498	4019670	2323	Glissement	379758	4016260
2051	Glissement	394823	4020200	2142	Glissement	373411	4024900	2233	Glissement	392421	4019670	2324	Glissement	379600	4016310
2052	Glissement	394296	4020390	2143	Glissement	373176	4024690	2234	Glissement	392417	4019730	2325	Glissement	379902	4016390
2053	Glissement	369894	4011650	2144	Glissement	374379	4025230	2235	Glissement	392379	4019740	2326	Glissement	379863	4016410

Annexes

2054	Glissement	369819	4011670	2145	Glissement	372243	4026260	2236	Glissement	392433	4019880	2327	Glissement	379742	4016370
2055	Glissement	369739	4011520	2146	Glissement	372256	4026220	2237	Glissement	394339	4025820	2328	Glissement	379462	4016090
2056	Glissement	370286	4011370	2147	Glissement	380217	4029310	2238	Glissement	392417	4028830	2329	Glissement	370336	4018870
2057	Glissement	370556	4011450	2148	Glissement	380249	4029470	2239	Glissement	392381	4028880	2330	Glissement	370368	4018840
2058	Glissement	353608	4044370	2149	Glissement	379783	4028920	2240	Glissement	392301	4029250	2331	Glissement	370356	4018830
2059	Glissement	394113	4025320	2150	Glissement	403023	4029530	2241	Glissement	403249	4026660	2332	Glissement	370391	4018890
2060	Glissement	376239	4015900	2151	Glissement	399794	4032180	2242	Glissement	402648	4026470	2333	Glissement	370440	4018950
2061	Glissement	373367	4012440	2152	Glissement	395329	4025060	2243	Glissement	402747	4026710	2334	Glissement	370361	4018940
2062	Glissement	377589	4011550	2153	Glissement	395868	4024760	2244	Glissement	402773	4026730	2335	Glissement	370355	4018930
2063	Glissement	386788	4027950	2154	Glissement	395757	4024850	2245	Glissement	402729	4026830	2336	Glissement	370352	4018990
2064	Glissement	381036	4022760	2155	Glissement	395891	4024860	2246	Glissement	402745	4026800	2337	Glissement	370314	4019050
2065	Glissement	368244	4022790	2156	Glissement	395720	4024870	2247	Glissement	403886	4026050	2338	Glissement	370324	4019060
2066	Glissement	379464	4031620	2157	Glissement	395654	4025030	2248	Glissement	403866	4026160	2339	Glissement	370433	4019080
2067	Glissement	374224	4025120	2158	Glissement	395599	4024860	2249	Glissement	403925	4026130	2340	Glissement	370423	4019080
2068	Glissement	374377	4025400	2159	Glissement	395624	4024920	2250	Glissement	403963	4026730	2341	Glissement	370405	4019090
2069	Glissement	373454	4024870	2160	Glissement	395632	4024890	2251	Glissement	403972	4026750	2342	Glissement	370386	4019090
2070	Glissement	382107	4023900	2161	Glissement	395662	4024940	2252	Glissement	403427	4024920	2343	Glissement	370362	4019140
2071	Glissement	382140	4023940	2162	Glissement	395660	4024840	2253	Glissement	403421	4024960	2344	Glissement	370440	4018660
2072	Glissement	382163	4024010	2163	Glissement	395648	4024980	2254	Glissement	403423	4024870	2345	Glissement	370407	4018710
2073	Glissement	377658	4018830	2164	Glissement	395472	4025090	2255	Glissement	403480	4029440	2346	Glissement	370498	4018720
2074	Glissement	377688	4018780	2165	Glissement	395484	4025140	2256	Glissement	389907	4029550	2347	Glissement	370507	4018760
2075	Glissement	377671	4018880	2166	Glissement	395359	4025300	2257	Glissement	389919	4029690	2348	Glissement	370498	4018760
2076	Glissement	377632	4018750	2167	Glissement	395336	4025280	2258	Glissement	390007	4029560	2349	Glissement	370463	4018780
2077	Glissement	377865	4019310	2168	Glissement	395386	4025280	2259	Glissement	389766	4029400	2350	Glissement	370448	4018860
2078	Glissement	377001	4018280	2169	Glissement	395324	4025360	2260	Glissement	389729	4029510	2351	Glissement	394356	4030080
2079	Glissement	376931	4018240	2170	Glissement	395243	4025440	2261	Glissement	389353	4029580	2352	Glissement	390882	4030890
2080	Glissement	376903	4018340	2171	Glissement	395213	4025170	2262	Glissement	388653	4029860	2353	Glissement	390545	4029260
2081	Glissement	376867	4018410	2172	Glissement	395167	4025230	2263	Glissement	388696	4029650	2354	Glissement	406929	4035630
2082	Glissement	376880	4018430	2173	Glissement	395011	4025320	2264	Glissement	386825	4028160	2355	Glissement	406945	4035630
2083	Glissement	376886	4018410	2174	Glissement	394316	4026050	2265	Glissement	387020	4028390	2356	Glissement	407188	4035680
2084	Glissement	375488	4017180	2175	Glissement	394273	4026100	2266	Glissement	385378	4025650	2357	Glissement	407224	4035690
2085	Glissement	375511	4017250	2176	Glissement	394348	4026390	2267	Glissement	385297	4025650	2358	Glissement	407230	4035700
2086	Glissement	375556	4017150	2177	Glissement	394282	4026430	2268	Glissement	385200	4025670	2359	Glissement	407245	4035710

Annexes

2087	Glissement	375518	4017150	2178	Glissement	394382	4026350	2269	Glissement	376924	4029920	2360	Glissement	407312	4035720
2088	Glissement	375855	4017120	2179	Glissement	394464	4026250	2270	Glissement	378168	4030770	2361	Glissement	407385	4035740
2089	Glissement	375848	4017120	2180	Glissement	394635	4025940	2271	Glissement	379467	4032910	2362	Glissement	407600	4036220
2090	Glissement	375865	4017130	2181	Glissement	394391	4025760	2272	Glissement	379889	4033260	2363	Glissement	406384	4039310
2091	Glissement	375978	4017100	2182	Glissement	394492	4026040	2273	Glissement	379848	4033220	2364	Glissement	406394	4039350
2092	Glissement	376006	4017110	2183	Glissement	394594	4025770	2274	Glissement	379708	4031990	2365	Glissement	385666	4034630
2093	Glissement	376025	4017120	2184	Glissement	394504	4025620	2275	Glissement	379945	4031820	2366	Glissement	382586	4035790
2094	Glissement	376039	4017130	2185	Glissement	394667	4025920	2276	Glissement	379831	4031900	2367	Glissement	382628	4035800
2095	Glissement	376130	4017120	2186	Glissement	394702	4025890	2277	Glissement	379680	4031420	2368	Glissement	382701	4035830
2096	Glissement	376214	4017040	2187	Glissement	394718	4025870	2278	Glissement	379679	4031460	2369	Glissement	382638	4035880
2097	Glissement	376153	4017120	2188	Glissement	394619	4025630	2279	Glissement	379601	4031420	2370	Glissement	380400	4034770
2098	Glissement	376106	4017020	2189	Glissement	394669	4025620	2280	Glissement	363484	4037050	2371	Glissement	368185	4032490
2099	Glissement	375501	4017440	2190	Glissement	394748	4025800	2281	Glissement	363361	4036990	2372	Glissement	367351	4035200
2100	Glissement	375554	4017470	2191	Glissement	394790	4025730	2282	Glissement	363413	4037010	2373	Glissement	358333	4019790
2101	Glissement	375573	4017440	2192	Glissement	394825	4025790	2283	Glissement	361809	4028550	2374	Glissement	359357	4019620
2102	Glissement	375445	4017380	2193	Glissement	394912	4025760	2284	Glissement	361973	4028540	2375	Glissement	359392	4019400
2103	Glissement	374854	4017360	2194	Glissement	395162	4025320	2285	Glissement	361973	4028800	2376	Glissement	359495	4019370
2104	Glissement	374860	4017590	2195	Glissement	395177	4025520	2286	Glissement	361937	4028790	2377	Glissement	359448	4019520
2105	Glissement	377102	4018000	2196	Glissement	395087	4025570	2287	Glissement	361933	4028720	2378	Glissement	359570	4019240
2106	Glissement	377117	4017980	2197	Glissement	362055	4030140	2288	Glissement	362105	4028710	2379	Glissement	359222	4019760
2107	Glissement	377145	4017880	2198	Glissement	362236	4030980	2289	Glissement	361921	4029620	2380	Glissement	359125	4019750
2108	Glissement	377131	4017870	2199	Glissement	363249	4033180	2290	Glissement	365899	4015740	2381	Glissement	358722	4019500
2109	Glissement	377098	4017900	2200	Glissement	362708	4033340	2291	Glissement	366824	4022870	2382	Glissement	358552	4019320
2110	Glissement	377091	4018010	2201	Glissement	349086	4038920	2292	Glissement	365618	4021780	2383	Glissement	358592	4019300
2111	Glissement	376910	4018310	2202	Glissement	383335	4031390	2293	Glissement	363095	4025510	2384	Glissement	358599	4019320
2112	Glissement	379732	4020390	2203	Glissement	383077	4031490	2294	Glissement	362980	4025470	2385	Glissement	358568	4019380
2113	Glissement	379750	4020280	2204	Glissement	384522	4031830	2295	Glissement	362916	4025600	2386	Glissement	358559	4019400
2114	Glissement	379736	4019790	2205	Glissement	384539	4031870	2296	Glissement	368501	4010000	2387	Glissement	358549	4019430
2115	Glissement	379723	4019720	2206	Glissement	393957	4022750	2297	Glissement	368483	4010000	2388	Glissement	358595	4019420
2116	Glissement	379748	4019540	2207	Glissement	393946	4022780	2298	Glissement	372615	4010540	2389	Glissement	358263	4019320
2117	Glissement	394789	4020280	2208	Glissement	393888	4022820	2299	Glissement	372630	4010560	2390	Glissement	358293	4019260
2118	Glissement	394349	4024990	2209	Glissement	393961	4022700	2300	Glissement	372965	4010760	2391	Glissement	358232	4019320
2119	Glissement	394313	4025000	2210	Glissement	394332	4022770	2301	Glissement	373024	4010750	2392	Glissement	358165	4016540

Annexes

2120	Glissement	394217	4025100	2211	Glissement	394337	4022870	2302	Glissement	373141	4010830	2393	Glissement	358124	4016790
2121	Glissement	394390	4025040	2212	Glissement	394447	4022570	2303	Glissement	373152	4010750	2394	Glissement	359178	4016390
2122	Glissement	394135	4025230	2213	Glissement	394470	4022600	2304	Glissement	373169	4010750	2395	Glissement	359162	4016460
2123	Glissement	394130	4025280	2214	Glissement	394414	4022680	2305	Glissement	373287	4010830	2396	Glissement	359104	4016570
2124	Glissement	394087	4025350	2215	Glissement	394510	4022590	2306	Glissement	373294	4010830	2397	Glissement	358999	4015880
2125	Glissement	394189	4025220	2216	Glissement	394567	4022920	2307	Glissement	373266	4010830	2398	Glissement	359206	4016280
2126	Glissement	394183	4025250	2217	Glissement	394437	4022800	2308	Glissement	373314	4010860	2399	Glissement	359175	4016260
2400	Glissement	359072	4016030	2439	Glissement	358364	4019000	2478	Glissement	375450	4017110	2517	Glissement	365399	4017580
2401	Glissement	362481	4015830	2440	Glissement	358202	4018920	2479	Glissement	375263	4017050	2518	Glissement	365839	4017340
2402	Glissement	362463	4015880	2441	Glissement	358005	4019120	2480	Glissement	375499	4017060	2519	Glissement	365812	4017370
2403	Glissement	362400	4015930	2442	Glissement	358003	4019080	2481	Glissement	375851	4016960	2520	Glissement	365800	4017390
2404	Glissement	365396	4015660	2443	Glissement	358013	4019140	2482	Glissement	375820	4016980	2521	Glissement	365815	4017420
2405	Glissement	365407	4015670	2444	Glissement	358024	4019040	2483	Glissement	374800	4016650	2522	Glissement	365757	4017450
2406	Glissement	365419	4015670	2445	Glissement	358034	4019050	2484	Glissement	374567	4017300	2523	Glissement	365738	4017370
2407	Glissement	365429	4015680	2446	Glissement	358027	4019060	2485	Glissement	374560	4017310	2524	Glissement	365204	4014700
2408	Glissement	365607	4015640	2447	Glissement	358328	4018490	2486	Glissement	374555	4017330	2525	Glissement	365327	4014540
2409	Glissement	365624	4015580	2448	Glissement	358167	4016430	2487	Glissement	374356	4017500	2526	Glissement	365238	4014530
2410	Glissement	365909	4015750	2449	Glissement	375152	4016720	2488	Glissement	374360	4017480	2527	Glissement	363822	4015140
2411	Glissement	365922	4015760	2450	Glissement	374674	4016380	2489	Glissement	374369	4017450	2528	Glissement	365487	4014450
2412	Glissement	365837	4015710	2451	Glissement	374688	4016420	2490	Glissement	374384	4017040	2529	Glissement	371217	4013540
2413	Glissement	369310	4013710	2452	Glissement	374626	4016290	2491	Glissement	373054	4016150	2530	Glissement	371248	4013510
2414	Glissement	369304	4013730	2453	Glissement	374899	4016520	2492	Glissement	372993	4015850	2531	Glissement	370860	4013590
2415	Glissement	369380	4013660	2454	Glissement	374484	4016610	2493	Glissement	373162	4015850	2532	Glissement	371015	4013390
2416	Glissement	369390	4013650	2455	Glissement	374716	4016790	2494	Glissement	373462	4015300	2533	Glissement	370088	4011070
2417	Glissement	376082	4048670	2456	Glissement	374771	4016740	2495	Glissement	373465	4015320	2534	Glissement	369377	4010690
2418	Glissement	375309	4047850	2457	Glissement	374677	4016890	2496	Glissement	373465	4015340	2535	Glissement	365023	4012850
2419	Glissement	375503	4047920	2458	Glissement	375434	4017260	2497	Glissement	373459	4015270	2536	Glissement	364926	4012970
2420	Glissement	375991	4049250	2459	Glissement	375391	4017190	2498	Glissement	373436	4015220	2537	Glissement	364983	4012910
2421	Glissement	376059	4049890	2460	Glissement	375257	4017180	2499	Glissement	373395	4015410	2538	Glissement	375922	4017290
2422	Glissement	375198	4048940	2461	Glissement	375345	4017280	2500	Glissement	373356	4015440	2539	Glissement	375886	4017320
2423	Glissement	374699	4048250	2462	Glissement	375297	4017250	2501	Glissement	376072	4017180	2540	Glissement	376350	4017060
2424	Glissement	374694	4048280	2463	Glissement	375622	4016950	2502	Glissement	376067	4017220	2541	Glissement	376768	4017680
2425	Glissement	374560	4047490	2464	Glissement	375666	4016990	2503	Glissement	376081	4017340	2542	Glissement	376849	4017780

Annexes

2426	Glissement	359054	4044890	2465	Glissement	375646	4017000	2504	Glissement	376194	4017130	2543	Glissement	376828	4017980
2427	Glissement	359921	4045430	2466	Glissement	375656	4017040	2505	Glissement	357366	4027120	2544	Glissement	376860	4018020
2428	Glissement	352009	4039160	2467	Glissement	375876	4017580	2506	Glissement	360094	4026900	2545	Glissement	376784	4017910
2429	Glissement	353783	4037680	2468	Glissement	375880	4017630	2507	Glissement	361326	4020970	2546	Glissement	376787	4017860
2430	Glissement	354305	4037710	2469	Glissement	375888	4017670	2508	Glissement	361455	4020780	2547	Glissement	376720	4018140
2431	Glissement	354351	4037470	2470	Glissement	375983	4017730	2509	Glissement	360587	4019830	2548	Glissement	403652	4026400
2432	Glissement	356249	4034090	2471	Glissement	375936	4017700	2510	Glissement	365691	4018020	2549	Glissement	403620	4026430
2433	Glissement	356135	4034000	2472	Glissement	375922	4017830	2511	Glissement	365652	4018060	2550	Glissement	403682	4026450
2434	Glissement	356579	4034760	2473	Glissement	375979	4017530	2512	Glissement	365392	4018010	2551	Glissement	403290	4026870
2435	Glissement	356539	4034740	2474	Glissement	376185	4017280	2513	Glissement	365778	4018100	2552	Glissement	386645	4028730
2436	Glissement	358214	4019240	2475	Glissement	376185	4017300	2514	Glissement	365854	4018070	2553	Glissement	384820	4034600
2437	Glissement	358210	4019130	2476	Glissement	376431	4018460	2515	Glissement	365458	4017870	2554	Glissement	384297	4031590
2438	Glissement	358226	4019080	2477	Glissement	375426	4017100	2516	Glissement	365223	4018000	2555	Glissement	388081	4028950
2556	Glissement	387257	4028850	2572	Glissement	381374	4029810	2588	Glissement	367416	4017010	2604	Glissement	369159	4013920
2557	Glissement	387017	4028320	2573	Glissement	380610	4030420	2589	Glissement	368870	4015490	2605	Glissement	369802	4013340
2558	Glissement	380396	4025990	2574	Glissement	380081	4029050	2590	Glissement	361996	4021690	2606	Glissement	371420	4014740
2559	Glissement	380484	4025930	2575	Glissement	380258	4028910	2591	Glissement	373738	4014490	2607	Glissement	371507	4014700
2560	Glissement	380542	4025880	2576	Glissement	381147	4031510	2592	Glissement	373864	4014430	2608	Glissement	371521	4014500
2561	Glissement	380716	4025750	2577	Glissement	382078	4031770	2593	Glissement	381494	4031480	2609	Glissement	371557	4014490
2562	Glissement	392683	4032700	2578	Glissement	385453	4031350	2594	Glissement	381127	4030510	2610	Glissement	371605	4014500
2563	Glissement	392945	4030600	2579	Glissement	385070	4032200	2595	Glissement	381774	4031650	2611	Glissement	371892	4014140
2564	Glissement	392993	4030620	2580	Glissement	384894	4031900	2596	Glissement	381544	4031530	2612	Glissement	371795	4014100
2565	Glissement	381179	4028870	2581	Glissement	384977	4031840	2597	Glissement	358992	4030310	2613	Glissement	371328	4013580
2566	Glissement	380851	4028980	2582	Glissement	380197	4027640	2598	Glissement	380148	4027600	2614	Glissement	370931	4013430
2567	Glissement	381247	4029290	2583	Glissement	370928	4013960	2599	Glissement	380296	4027540	2615	Glissement	370961	4013450
2568	Glissement	381277	4029460	2584	Glissement	368651	4015120	2600	Glissement	369044	4012490	2616	Glissement	380549	4026760
2569	Glissement	381325	4029280	2585	Glissement	368492	4015250	2601	Glissement	369060	4013610	2617	Glissement	380510	4026720
2570	Glissement	381198	4029630	2586	Glissement	367465	4015360	2602	Glissement	369077	4013600	2618	Glissement	380835	4026910
2571	Glissement	381354	4029930	2587	Glissement	367361	4015420	2603	Glissement	369086	4013750	2619	Glissement	380720	4026800
2620	Glissement	379760	4025380	2623	Glissement	369432	4013900	2626	Glissement	369504	4013870	2629	Glissement	368611	4013340
2621	Glissement	379801	4027000	2624	Glissement	369401	4013930	2627	Glissement	368776	4013330	2632	Glissement	368488	4012230
2622	Glissement	380023	4029070	2625	Glissement	369482	4013880	2628	Glissement	368580	4013340	2633	Glissement	368402	4012360

Annexes

Table I Comparison Matrix

	Lithologie	Préc	Distance oued	Distance routes	Distance failles	Occupation du sol	Aspect	Pente	hypso	
Lithologie	1	1	3	3	3	5	7	2	7	
préc	1,000	1	3	3	3	5	7	2	7	
Distance oued	0,333	0,333	1	2	3	3	5	0,333333333	3	
Distance routes	0,333	0,333	0,500	1	2	3	5	0,333333333	3	
Distance failles	0,333	0,333	0,333	0,500	1	3	5	0,333333333	3	
Occupation de sol	0,200	0,200	0,333	0,333	0,333	1	3	0,333333333	3	
Aspect	0,143	0,143	0,200	0,200	0,200	0,333	1	0,333333333	3	
Pente	0,500	0,500	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	1	7	
hypso	0,143	0,143	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,142857143	1	
SUM	3,99	3,986	11,7	13,367	15,867	23,667	36,333	6,809523809	37	
Weight factor	0,24	0,24	0,11	0,09	0,07	0,05	0,03	0,16	0,02	
(SUM x Weight Factor)	0,95	0,95	1,25	1,17	1,14	1,07	1,01	1,10	0,87	**9,51**

Annexes

Table II Normalised Matrix

	Lithologie	préc	Distance oued	Distance routes	Distance failles	Occupation de sol	Aspect	Pente	hypso	weight factor
Lithologie	0,251	0,251	0,256	0,224	0,189	0,211	0,193	0,294	0,189	0,23
préc	0,251	0,251	0,256	0,224	0,189	0,211	0,193	0,294	0,189	0,23
Distance oued	0,084	0,084	0,085	0,150	0,189	0,127	0,138	0,049	0,081	0,11
Distance routes	0,084	0,084	0,043	0,075	0,126	0,127	0,138	0,049	0,081	0,09
Distance failles	0,084	0,084	0,028	0,037	0,063	0,127	0,138	0,049	0,081	0,08
Occupation de sol	0,050	0,050	0,028	0,025	0,021	0,042	0,083	0,049	0,081	0,05
Aspect	0,036	0,036	0,017	0,015	0,013	0,014	0,028	0,049	0,081	0,03
Pente	0,125	0,125	0,256	0,224	0,189	0,127	0,083	0,147	0,189	0,16
hypso	0,036	0,036	0,028	0,025	0,021	0,014	0,009	0,021	0,027	0,02
SUM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

TABLE IV Values of CI and CR	
n	9
lamda max	9,51
RI	1,45
CI	0,06
CR	**0,04389**

Annexes

Guelma P (mm)													
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juil**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**	**Total**
1958	163,4	47	44,3	27,4	10,4	6,9	0,3	2,6	19,6	93,9	126,9	69,8	612,5
1959	60,3	52,3	110,7	92,6	76,4	88,5	0,7	9,4	29	56,1	117,1	98,7	791,8
1960	85,2	25,6	64,3	75,4	65,9	38,5	5,1	1,3	11,3	12,3	27,1	119,1	531,1
1961	118,8	9,6	29,2	10,9	8,8	52,6	1,9	6,5	13,2	25,8	48,7	56	382
1962	75,9	143,2	62,5	70,8	31,7	23,5	1,1	5,9	26	99,9	43,1	77,6	661,2
1963	74,5	108,4	33,4	53	60,9	70,2	8	15,6	59,7	38,6	19,3	123,9	665,5
1964	162,3	59,2	45,8	32,2	41,7	21	1,7	37,7	2,7	89,1	41,2	61,7	596,3
1965	174	139,6	40,2	36,1	17,4	6,1	6,1	14,2	31	32,3	34,5	114,1	645,6
1966	38,9	19,6	95,7	57	93,6	20,7	0,7	3,2	14,1	32,9	72,7	87	536,1
1967	57,7	67,6	29,8	36,5	46,6	7,6	0	6,9	32,7	17,7	96,9	123	523
1968	150,2	64,9	38,6	22,7	23,8	40,4	0,2	1,9	9,6	6,8	35,8	87,4	482,3
1969	99,4	51,3	50,7	40,1	19,5	18,8	13,1	28,4	61,4	103,9	23,4	210,4	720,4
1970	51,9	51,6	65,5	82,6	53,2	2,2	5,3	1,9	4,9	76,9	5,7	96,3	498
1971	130,6	114,5	91	44,7	57,8	7,8	5,7	2,6	52,1	78,1	35,9	32,6	653,4
1972	148,4	62,4	66	83,1	51,6	31,7	1,2	5,3	52,3	63,4	8,5	118,8	692,7
1973	161,9	91	152,8	28,1	1,7	40,5	3,6	13,4	18,9	45,7	16,9	91,5	666
1974	20,2	82,7	55	59,8	13,2	6,5	5	1,9	16,9	80,1	43,2	53,8	438,3
1975	32,7	93,9	60,6	16,8	87,6	5,3	0	29	11,5	14,1	108,6	55	515,1
1976	60,5	84,5	90,6	45,7	109,7	44,1	21,9	20,1	36,8	77,2	124,1	50,7	765,9
1977	79,4	25,5	18,9	73,1	72,9	36,6	0,9	24,8	14,8	10,5	84,2	17,9	459,5
1978	111	99,2	53,5	61,2	51,9	10,8	0	6,2	4,9	51,4	60,7	33,5	544,3
1979	79,9	121,6	68,7	128,9	28,3	33	6,6	8,6	55,3	35,6	86,9	24,6	678
1980	51,5	52,1	75,8	59,8	77,3	5,8	0,1	3,5	20,9	40	77,8	147,2	611,8
1981	98,9	76,7	44,1	45,3	27,3	36,8	3,6	23,6	15,8	31,6	32,2	107,7	543,6
1982	122,5	98,4	100,9	68,5	59,7	7,6	1,2	17,7	17,1	88,7	121,1	126	829,4
1983	26,4	45,3	70,6	7,3	29	12,6	1,3	6,4	36,1	54,9	79,4	64	433,3
1984	169,7	146	73,4	35,9	22,9	15,5	0,5	3,8	32,3	121,9	29,2	283,2	934,3

Annexes

1985	124,6	52	116,4	24,5	63,9	0,8	0,1	1,2	27,5	23,1	36,7	51,5	522,3
1986	120	59,3	87,1	38,5	15,2	20,1	10,3	2,5	27,1	65,6	89,6	130,6	665,9
1987	108,8	135,1	79	31,1	78,6	3,9	8,9	3,7	11,1	29,2	63,7	28,3	581,4
1988	84,8	61,1	63,5	27,4	40,1	50,2	5,5	0,8	34,1	5,6	47,5	117,2	537,8
1989	41	47,3	42,5	75,2	22,3	25,7	6,8	13,6	18,7	58,4	34,5	63,5	449,5
1990	119,1	7,1	42,5	49	67,1	22,6	3,7	24	8,6	26,7	115,3	183,4	669,1
1991	84,1	77,2	104,4	37,7	59,8	9	1,8	7,4	37,3	88,4	45,1	41,9	594,1
1992	82,5	66,8	70,5	102,5	106,2	25,6	12,3	3,2	12,2	31,6	100,8	171,8	786
1993	64,3	55,9	51,2	27	74,9	6,7	0,8	2,8	22,9	33,9	22	112,4	474,8
1994	91,3	111,7	23,3	72,5	18,2	7,1	1,7	2	35,7	74,1	15,2	82,2	535
1995	182,3	14,4	71,3	26,8	6,7	42,4	0,3	11,6	62,3	21,3	67,3	64	570,7
1996	120,2	196,4	67,5	80,9	71,9	36	5,8	10,2	23,8	38,4	31,6	55,2	737,9
1997	76,3	31,6	29,8	47,3	13,2	38	0,1	16,5	65,7	85,8	127,4	115,9	647,6
1998	64,7	68,9	28,6	59	49,4	16,2	0	25,1	49,6	44,6	136,8	60,8	603,7
1999	165,5	72,2	35,1	13,6	28,2	14,7	8,6	6,7	24,7	25,9	109,7	132,5	637,4
2000	22.4	11.9	23	38.5	87	39	3	18	39	58	41	59	438
2001	76.3	36.8	26	30	51	4	3	5	61	21	62	41	416
2002	21.8	31.2	37	43	20	9	27	63	37	43	137	92	560
2003	170.3	70.8	17	101	30	17	9	11	73	77	48	119	742
2004	55.8	25.9	85	57	97	55	4	21	23	47	128	160	757
2005	39.9	86.8	22	65	9	19	10	27	36	31	35	103	482
2006	116.42	54.11	34	35	65	8	15	12	40	24	20	92	515
2007	18.5	22	114	77	34	25	6	17	55	60	65	75	568
2008	30.1	16	82	28	80	13	13	26	70	61	47	75	541
2009	109.6	56	56	113	53	3	11	33	93	52	39	55	673
2010	86.8	34	51	70	60	32	9	17	41	88	128	41	657
2011	50.7	97	62	66	81	44	19	5	33	106	75	66	704
2012	41.1	109	62	69	26	8	10	30	44	87	67	43	596
2013	64.8	73	89	62	31	5	22	59	68	40	106	67	686
2014	94.4	47	116	16	53	33	7	0	26	50	63	119	624

Annexes

2015	76	91	82	7	29	19	20	59	46	67	70	1	567
2016	54	43	76	54	43	41	12	15	24	40	58	27	487
2017	82	25	7	39	25	53	6	24	32	28	78	48	447
2018	16	69	67	66	114	18	10	22	29	113	41	19	584
2019	114	58	117	61	79	9	10	76	61	58	96	49	788
2020	23	5	76	61	14	27	3	20	78	16	96	175,3	594,3
2021	68,7	35,7	51,9	46,6	45,7	14,6	2,3	4	9,3	20	68,2	83,8	450,8

Bordj sabath P (mm)													
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**	**Total**
1958	190,9	50,1	42	30,2	10,7	7,6	0,5	3,3	20,4	95,3	130,9	71,4	653,3
1959	61,5	54	109,8	86,8	87	100,7	0,6	7,6	31,9	57,2	126,1	101,6	824,8
1960	100,2	28,2	65,9	82,7	72,2	47,4	5,8	1,3	10,8	11,7	26,6	123,5	576,3
1961	136,6	9	27,2	12,3	9,1	62,8	3,3	5,4	12,6	24,1	46,5	58,9	407,8
1962	82	151,3	67,6	72,9	39	27,7	2,1	6,9	28	97,2	43,9	84	702,6
1963	75,1	113,6	33	51,8	66,7	85,7	12,1	15,8	60,9	35,8	19,3	133,9	703,7
1964	179,2	61,5	45,9	35,4	44,4	21,3	2,3	29,9	3,1	88,9	42,3	66,6	620,8
1965	188,6	141,4	41,8	38,4	22,6	8,3	7,6	11,8	35	32,9	33,9	122,9	685,2
1966	41,2	21,4	95,7	54	106,1	22,4	0,8	2,7	15,8	35,5	70,1	85	550,7
1967	62,5	69,4	29,2	36,9	53,1	9,5	0	6,1	37,5	16,2	108,3	130,5	559,2
1968	161,2	67,1	44,4	23,3	23,8	47,6	0,3	2,2	9,8	5,7	33,5	92,6	511,5
1969	109,4	54,3	57,3	40,7	21,7	23,9	15,7	26,6	68	103	24,1	219,5	764,2
1970	53,8	52,9	67,7	90,6	59,7	2,5	7,8	1,5	5,3	83,6	4,7	91,8	521,9
1971	150,1	113	92,5	41,4	67,2	7,6	7,7	2,2	55,2	77,8	39,8	36,8	691,3
1972	176	62,3	70,5	83,8	61,8	33,1	1,6	4,7	59,9	66,1	10,5	133,3	763,6
1973	172,3	95	142,1	30	2,1	49,3	3,4	10,1	22,6	42,7	17	92,5	679,1
1974	21,8	88,3	59,4	60,5	12,6	6,8	7,3	1,7	18,2	80,7	40,9	52,1	450,3
1975	37,3	90,9	60,9	19,3	101,9	6,7	0	25,5	17,8	12,5	104,9	56,1	533,8
1976	64,4	100,2	93,2	49,8	119,6	51,9	26,5	17,5	43,6	78,3	122	57,5	824,5
1977	103,7	26,2	18,9	75,3	90,8	36,9	1,1	20,9	14,7	10,8	84,9	16,7	500,9

Annexes

1978	121,1	103,6	53,1	62,1	58,9	10,8	0,1	5,8	5	54,3	58,2	33,8	566,8
1979	92,5	124,7	67,8	132,1	30,1	37,7	9,7	8,4	61,4	36,3	80,3	26,5	707,5
1980	55,3	60,1	75,7	61	86,4	6,3	0,2	3	23,6	37,9	80,6	158,9	649
1981	105,6	83,3	45,7	49,4	28,6	40,6	4	25,3	19,3	33,1	31,1	111,8	577,8
1982	139,1	101,1	98,7	70,8	65,4	10,3	1,7	15,3	17,4	94,6	121,4	128,6	864,4
1983	25,5	47,3	66	8	32,4	13,8	2	8,3	34,6	52	73,3	61,6	424,8
1984	188,9	158,5	70,2	35,4	27,2	17,4	0,5	3,5	33,6	129,6	26,6	292,5	983,9
1985	135,2	50,8	127,7	23,5	75,3	1,2	0,2	1,3	31,3	26,1	39,5	52,7	564,8
1986	132,2	60	96,1	36,5	20,9	24,2	11,2	2,6	30,2	64,8	88,5	138	705,2
1987	115,3	152,6	79,7	29,9	84,9	4,7	11,9	3,5	10,7	34,7	64,4	33,4	625,7
1988	91,6	65,2	62,4	31,4	46,1	60,3	6,4	0,8	36,6	5,6	48,1	127,3	581,8
1989	45,3	49,9	41	76,2	25	30,9	8,8	12,8	21,3	56,6	31,9	54,1	453,8
1990	123,1	6,7	41,6	47	73,9	27,2	5,1	22,9	12,2	24,9	110,4	190,1	685,1
1991	84	84	107,6	37	69,2	10,3	2	7,2	41,2	95,7	38,7	41,5	618,4
1992	95,3	62,4	73,3	105,1	114,7	29,2	14,4	3,1	16,8	29,1	99,6	179	822
1993	71,1	61,1	48,5	28,4	83	9,1	1,1	2,5	24,6	32,1	23,9	119,7	505,1
1994	101	111,7	27,6	72,7	17	6,8	2,4	2	45,1	83,3	16,1	86,2	571,9
1995	215	17,3	75,4	27,4	7	47,6	0,2	9,1	66,5	19,2	64,4	70	619,1
1996	150,6	211,6	71,6	77,4	76,8	39,2	8	8,2	25,2	36,6	32,3	58,3	795,8
1997	74,2	31,4	32,7	48,9	15,2	43,2	0,2	14	63,8	86	128,1	119,2	656,9
1998	65,2	77,7	30,5	61,3	56,9	19,7	0	20,5	55,4	43,2	136,2	65,1	631,7
1999	175,8	77	32,8	13,1	30,1	16,8	8,9	6,2	29,7	28,8	107,6	150,7	677,5
2000	41,9	22,1	15	26,8	95,5	41,7	0,3	8,8	18,4	55,3	27,1	78,1	431
2001	173	66,4	13,5	35,3	64,6	6,2	0	5,6	48,6	19,6	48,2	67,7	548,7
2002	39,4	65,4	32,8	38,9	28,1	5,3	13,1	27,3	25,6	44	148	141,7	609,6
2003	317,7	91	27,5	101,8	58,5	4,2	6	5	52,2	58,4	31,6	207,4	961,3
2004	126,1	21,2	71,2	62,6	88,8	45,2	1,6	5,7	40,1	28,1	149,5	186,4	826,5
2005	114,3	134,7	42	72	11,6	9,6	4,5	20,5	20,4	13,9	42,7	127,8	614
2006	180,8	89,6	34,7	19,4	59,1	9,8	3,6	15	23,2	25,7	31,2	161,4	653,5
2007	22	46,4	128,7	60,4	32,5	48,9	3	3,4	42,4	58	45,5	116,7	607,9

Annexes

2008	21,9	15,3	90,5	16,1	82	9,4	5,7	10,2	53,5	49,2	40,7	83,9	478,4
2009	225,1	79	82,1	102,7	80,7	0,2	2,5	13,7	74,7	46,7	39,8	85	832,2
2010	110,1	59,4	67	54,6	71,8	32,8	0,8	5,2	26	81,4	104,6	47,5	661,2
2011	53,1	151,6	78,2	65,6	87,2	14,7	8,2	1,3	24,6	106,5	42,5	82,6	716,1
2012	72,1	150,8	55,8	62,7	13,1	3,8	2,4	19,8	39,8	41,9	38,2	39,9	540,3
2013	114,7	135,5	55	48,8	29,1	13,6	5	32,7	23,9	45,8	121,6	60,7	686,4
2014	85,6	42,8	136	23,6	38,4	20,8	1,3	0,9	13	32,9	27,4	157,8	580,5
2015	143,3	157,3	84	2,6	39,1	7,6	2,5	16,7	34,9	63,5	61,7	4,7	617,9
2016	68	40,7	79,4	48,4	85,4	10,4	0,7	1,7	36,5	23,4	49,4	74	518
2017	138,5	61,5	11,5	43,2	3,4	19,3	3,9	0,3	16,9	52,2	106,4	70,6	527,7
2018	33,8	92,9	78,5	30,6	92,7	11,6	5,2	21,3	37	128,9	40,1	26,4	599
2019	149,2	64,1	82,2	42,6	77,8	2,9	2,6	20,5	35,7	45,9	66,2	91,1	680,8
2020	30,7	2,9	91,8	73,8	11,8	16,1	2,3	4,6	57	16	86,6	171,8	565,4
2021	69,4	36,7	54,9	45	50,1	14,9	2	3,4	9,7	18,1	69,1	75,8	449,1

Mdjez Amar P (mm)													
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**	**Total**
1958	162,1	44,7	41,8	26,7	9,8	6,4	0,4	2,7	19,3	91,5	124,3	65,6	595,3
1959	56,6	48,1	105,7	84,2	73,4	83,8	0,6	8,1	28,8	55	117,6	92,7	754,6
1960	83,9	24,5	62	73	63,9	37,1	4,9	1,2	10,8	11,9	26,2	113,2	512,6
1961	117	8,7	27,1	10,6	8,3	50,5	2,1	5,7	12,7	24,5	46,4	53	366,6
1962	73,3	136	62,1	67	31,3	22,9	1,3	5,7	25,8	96,3	42,4	74,9	639
1963	70,1	101,8	31,6	49,1	58,4	68,3	8,3	14,4	58,2	36,9	19	117,8	633,9
1964	155,9	55,6	44,3	31,1	39,4	19,2	1,7	32,9	2,6	87,2	40,3	61,3	571,5
1965	168,6	131,5	38,4	34,7	17	6,2	6,1	12,6	31,3	31,5	33,2	108,8	619,9
1966	36,9	18,2	92,5	52,1	90,2	19,7	0,7	2,8	13,8	32,5	70,7	80,8	510,9
1967	56	63,5	28,4	34,3	45,1	7,5	0	6,1	33	16,8	97,8	117,8	506,3
1968	143,1	60,7	38,8	21,1	21,7	38,4	0,2	1,9	9,4	6,3	34,2	83	458,8
1969	95,9	48,6	50,9	37,9	18,3	19	13	26,2	61,4	100,3	23,3	199,1	693,9

Annexes

1970	49	48,6	64,3	80,6	51,3	2	5,7	1,6	4,7	78	5,3	87,8	478,9
1971	127,8	105,5	88,4	40,9	56	7	5,8	2,3	51,1	76,1	36,4	31,7	629
1972	146,1	58,2	65	77,7	50,9	29,4	1,3	4,8	52,9	62,3	8,7	114,8	672,1
1973	154,5	85,7	144	26,9	1,7	39,1	3,2	11,2	19,4	43,4	16,7	84,5	630,3
1974	19,4	78,7	54,6	56,3	12	5,6	5,4	1,7	16,7	78,8	41,3	49,5	420
1975	32,2	84,7	58,5	16,3	85,3	5,4	0	25,9	12,9	13	104	51,8	490
1976	57,3	83,6	87,7	43,5	103,7	42,3	21,7	17,8	37,9	75	119,8	48,9	739,2
1977	81,5	24,1	18	69,1	72,9	33,7	0,9	21,9	14	10,3	82,6	16,4	445,4
1978	107,2	93,7	51,5	57,5	49,8	9,9	0	5,6	4,8	50,8	58,1	31,2	520,1
1979	79	114	65,7	121,5	26,9	31,5	7,1	8	54,8	35	82,6	23,4	649,5
1980	49,2	50,6	72,8	56,3	74,3	5,3	0,1	3	20,9	38,6	77,2	140,4	588,7
1981	94,5	73,2	43,2	43,4	25,6	34,8	3,5	22,8	16,2	31,2	31	102,1	521,5
1982	119,8	92,9	96,8	64,6	57,1	7,7	1,2	15,9	16,6	88,3	117,9	118	796,8
1983	24,1	43,2	66,4	7,1	27,7	11,7	1,4	6,7	34,9	52,4	75,8	59	410,4
1984	165,7	139,7	70,2	33,4	22,9	14,7	0,5	3,4	31,9	122,1	27,7	265,3	897,5
1985	120,1	48,2	116	22,5	62,2	0,8	0,1	1,2	27,2	23,4	37	48,6	507,3
1986	116,3	55,8	86,6	35,4	15,7	19,6	9,8	2,4	27	63,6	86,8	123,9	642,9
1987	104,4	131,8	76,1	28,8	75,2	3,8	9,1	3,4	10,6	30,1	62,8	28	564,1
1988	81,7	58,7	60,9	26,6	38,9	48,6	5,3	0,7	34	5,4	46,8	112,1	519,7
1989	39,6	44,8	40,4	71,3	21,2	24,8	6,8	12,2	19	56,4	32,6	56,3	425,4
1990	112,5	6,5	40,4	44,5	64,7	22,3	3,8	22,1	9,5	25,1	110,4	173,9	635,7
1991	78,5	73,5	101,9	34,6	57,9	8,7	1,7	7	37,4	88,9	41,5	39,1	570,7
1992	81,5	59,4	69,7	96,8	100,7	24,6	12,1	2,9	13,3	29,7	97,2	160,6	748,5
1993	61,8	53,8	48,7	25,7	71,1	6,7	0,8	2,5	22,6	32,5	21,8	106,8	454,8
1994	88	103,2	23,7	68,6	16,1	6,4	1,8	1,9	37,8	75,1	14,7	78,2	515,5
1995	180,4	14,2	69,9	25,5	6,3	39,7	0,2	9,8	62,1	19,9	65	62,1	555,1
1996	122,8	187,9	66,4	74,5	67,7	33,2	5,9	8,7	23,5	37,2	30,9	52,4	711,1
1997	70,3	29,4	29,5	44,4	12,7	36,5	0,1	14,5	62,7	83,6	124,7	109,9	618,3
1998	60,5	67,3	28,2	55,9	47,9	15,9	0	22,1	50	42,2	133,4	58,1	581,5
1999	157,5	69,1	33	12,7	26,7	14	8,2	6,1	25,3	26	105,8	128,7	613,1

Annexes

2000	22	11	23	38	87	39	3	18	39	58	41	59	438
2001	76	36	26	30	51	4	3	5	61	21	62	41	416
2002	21	31	37	43	20	9	27	63	37	43	137	92	560
2003	170	70	17	101	30	17	9	11	73	77	48	119	742
2004	55	25	85	57	97	55	4	21	23	47	128	160	757
2005	39	86	22	65	9	19	10	27	36	31	35	103	482
2006	116	54	34	35	65	8	15	12	40	24	20	92	515
2007	18	22	114	77	34	25	6	17	55	60	65	75	568
2008	30	16	82	28	80	13	13	26	70	61	47	75	541
2009	109	56	56	113	53	3	11	33	93	52	39	55	673
2010	86	34	51	70	60	32	9	17	41	88	128	41	657
2011	50	97	62	66	81	44	19	5	33	106	75	66	704
2012	41	109	62	69	26	8	10	30	44	87	67	43	596
2013	64	73	89	62	31	5	22	59	68	40	106	67	686
2014	94	47	116	16	53	33	7	0	26	50	63	119	624
2015	76	91	82	7	29	19	20	59	46	67	70	1	567
2016	54	43	76	54	43	41	12	15	24	40	58	27	487
2017	82	25	7	39	25	53	6	24	32	28	78	48	447
2018	16	69	67	66	114	18	10	22	29	113	41	19	584
2019	114	58	117	61	79	9	10	76	61	58	96	49	788
2020	23	5	76	61	14	27	3	20	78	16	96	163,4	582,4
2021	66,5	33,7	51,1	42,5	44,8	13,9	1,9	3,4	8,3	17,9	67,6	77,5	429,1

Hiliopolise P (mm)													
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**	**Total**
1958	179,5	50,9	47,1	28,8	10,6	6,9	0,3	2,7	21,4	103,8	141,1	77,1	670,2
1959	67,4	55,1	117	97,6	74,7	88,1	0,5	10,3	31,1	61,7	132,8	108,5	844,8
1960	92,4	27,4	65,8	77,7	64,9	38,4	5	1,4	12,3	13,8	30,6	132,7	562,4
1961	129,4	10,3	30,1	11,2	8,8	51,6	1,7	7,1	14,4	28,7	54,9	62,2	410,4

Annexes

1962	84,3	155,5	64,8	73,7	30,3	23,8	1	6,1	28,1	108,4	47,8	84,8	708,6
1963	82,9	116	34,2	55,2	59,9	69	7,6	16,6	64,6	42,8	22	133,8	704,6
1964	177,9	64,1	48,3	33,5	41	20,9	1,7	42,1	2,9	99	46,3	65,3	643
1965	190,8	152,6	41,6	36,7	17,3	5,9	6,2	15,7	33,5	35,3	38,6	124	698,2
1966	43,5	21,6	101,1	58,8	92,3	20,5	0,8	3,7	14,7	34,8	83,1	96,8	571,7
1967	64,3	73	30,9	38,1	45,8	7,7	0	7,5	35	19,9	108,3	136,7	567,2
1968	165	70,2	39,4	23,3	23,3	39,7	0,2	2	10,4	7,7	40,7	95,9	517,8
1969	108,2	55,2	51,6	41,6	18,7	19,3	13,3	31,6	65,2	112	26,5	231,3	774,5
1970	57,2	56,4	69,2	87,2	52,3	2,2	5,4	2,1	5	85	6,5	105,7	534,2
1971	142,1	124	96,6	46,9	56,3	7,7	5,6	2,8	55,9	85,9	39,9	35,1	698,8
1972	160,2	67,8	68,8	86,2	51,1	31,5	1,2	5,9	55,2	68,6	8,7	129,3	734,5
1973	179,6	98,7	160,8	28,5	1,7	40,8	3,7	14,2	20,6	50,8	18,8	99,6	717,8
1974	22,4	89,5	56,7	62,5	13,3	5,9	4,9	2,1	17,9	88,9	48,7	59,3	472,1
1975	35,5	99,7	63,7	16,5	85,4	5,4	0	32	11,3	15,6	122,4	61	548,5
1976	66,6	89,2	93,6	46,6	105,7	43,3	21,9	22,4	39,6	85,7	138,4	54,6	807,6
1977	82,9	27,5	19,5	76	70,7	37,2	0,9	27,7	15,9	11,6	95,2	19,9	485
1978	122,6	106,4	56,5	64,1	50,9	10,8	0,1	6,5	5,4	55,5	69,3	37,1	585,2
1979	87	132,1	72,5	134	27,7	33	6,7	9,3	58,7	39,5	98,6	27,2	726,3
1980	57,1	54,1	79,3	62,2	76,4	5,6	0,1	3,8	22	44,9	87,3	162,9	655,7
1981	108,8	82,1	46,1	46,4	26,9	37	3,5	25,8	16,6	34,8	36,2	119,5	583,7
1982	135,3	107,5	106,4	70,1	58,7	7,5	1,2	19,8	18,4	95,9	135,3	139,3	895,4
1983	29	48,3	74,5	7,7	28,3	12,1	1,3	6,6	39,8	60,8	90,7	71	470,1
1984	188,1	157,5	77,7	37,8	22,9	15,8	0,5	4,1	35,2	133,2	32,9	311,8	1017,5
1985	136,8	56,8	122,1	25,6	61,6	0,8	0,1	1,3	29,5	24,9	41,3	56,7	557,5
1986	132,2	64,9	89,7	40,7	14,4	20,2	10,5	2,8	28,9	72,4	101,1	143,7	721,5
1987	120,5	146,3	82,2	32,6	78,8	3,9	9	4,1	12,2	31,2	72	30,5	623,3
1988	93,9	67,4	66,3	27,7	39,5	49,6	5,4	0,8	37,1	6,1	54,1	128,9	576,8
1989	45,3	50,7	44,3	79,3	21,5	24,9	6,8	14,3	20,2	64,5	39,2	71	482
1990	127,9	7,5	44,4	50,5	65,9	23,3	3,7	26,2	8,3	29,9	127,8	201	716,4
1991	93,1	83	107,4	38,9	58	9,2	1,8	8,4	40,6	96,9	50,7	45,8	633,8

Annexes

1992	88,5	72	74,2	107	104,5	26,2	12,2	3,4	12,4	34,7	112,2	186,8	834,1
1993	71,6	59,8	53,7	29,1	74,5	6,7	0,8	3	24,6	38,6	24,8	124,2	511,4
1994	100,2	119,9	22,7	75,3	17,6	7,3	1,6	2,2	38,4	79,5	17,1	93	574,8
1995	201,5	15,8	75,3	27,9	6,8	42,4	0,2	13	66,6	21,8	75,4	68,1	614,8
1996	129,8	212,4	69,8	84,8	70,7	36,2	5,7	11,3	25,5	43,3	36,2	61,4	787,1
1997	83,2	33,9	30,9	47,3	12,9	38,4	0,1	18,1	71	95,5	143,9	128,6	703,8
1998	71,4	75,2	30,4	61,3	49	15,9	0	28,5	53,8	48	155,4	67,7	656,6
1999	178,7	80,2	37,1	14,2	28,2	14,4	8,7	7,3	26,2	27,6	122,5	143,7	688,8
2000	24	12	24	40	80	36	3	17	35	57	43	60	431
2001	76	39	28	29	48	4	3	6	60	21	64	39	417
2002	23	31	38	42	20	9	25	56	40	44	142	95	565
2003	172	71	18	99	31	13	9	11	74	79	49	118	744
2004	57	27	83	58	97	49	4	19	20	50	129	160	753
2005	44	88	22	66	10	21	10	30	36	31	39	104	501
2006	117	54	34	36	61	7	14	12	42	28	17	97	519
2007	19	20	121	76	34	24	6	18	51	64	64	74	571
2008	32	17	83	29	80	12	13	24	68	60	50	74	542
2009	111	56	56	113	52	1	10	33	87	55	40	55	669
2010	87	35	51	67	60	33	9	17	41	88	128	40	656
2011	51	97	62	66	80	44	19	5	33	106	75	66	704
2012	41	109	62	69	26	8	10	30	44	87	67	43	596
2013	64	73	89	62	31	5	22	59	68	40	106	67	686
2014	94	47	116	16	53	33	7	0	26	50	63	119	624
2015	76	91	82	7	29	19	20	59	46	69	59	1	558
2016	48	54	83	39	31	44	4	5	6	22	62	16	414
2017	95	30	4	32	9	28	3	25	9	39	127	91	492
2018	23	79	59	40	79	19	7	8	22	147	42	30	555
2019	175	73	120	37	66	11	12	40	63	77	80	60	814
2020	29	5	76	61	14	27	3	20	78	16	96	192,9	617,9
2021	79,2	37,7	55,7	48,9	48,4	14,2	2,1	4,1	9,5	22,5	78,7	95	496

Annexes

Tamlouka P (mm)													
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**	**Total**
1958	137,5	37,6	32,7	24	9,6	8	0,6	4,8	17,3	70,7	103,1	48,2	494,1
1959	41,4	44,9	86,8	67,2	82,8	99	1,6	8,3	29,1	44,8	91,7	67,6	665,2
1960	74,1	21,7	61,5	68,9	71,7	45,8	9,1	1,3	10,1	8,2	19,5	79,3	471,2
1961	101,6	7,1	25,1	9,9	8,2	63,6	5,8	5,9	11,3	18,6	34	37,4	328,5
1962	55,2	110,6	58,5	58,2	41,8	25,8	3,9	7,9	27,6	77,4	34,4	59,9	561,2
1963	52,7	88,4	31,7	41	65,1	88,5	17,2	17,5	55,1	26,5	13,8	96	593,5
1964	128,7	46,9	37,4	28,6	42,8	21,6	3,2	32,5	2,7	66,2	31,5	58,2	500,3
1965	139,9	106,3	35	32,2	19,3	8,2	10,3	13,4	32,5	25,3	26,9	84,3	533,6
1966	27,5	15,1	76,3	44,7	100,9	24,5	1,1	2,6	15,3	30,2	53,2	54,3	445,7
1967	42,8	57,9	24,5	28,7	49,8	8,9	0,5	6,9	34,3	12	81,2	83,4	430,9
1968	112,3	50,5	39,1	19,2	22,5	50,4	0,5	2,3	10,1	4,2	25,1	62,3	398,5
1969	80,9	43,2	51,6	33,8	24,9	20,9	21,2	28,3	65,6	85,1	17,7	144,8	618
1970	38,8	38,8	53,8	67,4	56,6	3,2	9,6	1,7	5,7	62	3,6	62,9	404,1
1971	108,6	87,4	72,3	32,1	64,6	7,8	11,5	2,5	50,9	59,5	31,8	27,5	556,5
1972	126,7	46,8	59,3	69,4	55,5	34,8	2,1	5	57,4	52,9	10,2	92,1	612,2
1973	118,2	70,8	117,7	26,2	2,4	47,1	4,6	12,2	19,2	31,8	13,3	72,1	535,6
1974	14,9	66,5	51,2	47,4	12	8,8	10,7	2	17,3	59,1	31	34,3	355,2
1975	28,1	73,2	50,4	18,5	101,5	6	0	27,2	19,2	9,4	78,1	36,6	448,2
1976	47	82,7	82,3	40	120,4	53,7	36,5	18,9	40,7	57	95,9	39,9	715
1977	90,3	22,3	16,3	61,2	91,3	36	1,6	22,5	12,9	8	63	10,9	436,3
1978	83,2	86,8	41,9	47,9	55,7	10,8	0,1	8,3	4,1	44,3	41	21,8	445,9
1979	69,2	96,9	56,1	104,9	29,5	36,8	12	8,7	58,7	27,2	60	16,9	576,9
1980	39,4	53,7	62,9	50,4	80,9	6,4	0,2	3,2	22,5	27,8	62,7	102	512,1
1981	73,8	64,4	37,4	40	27	40,7	5,8	27,8	18,5	24,4	23	73,6	456,4
1982	96	75,3	79,8	62,7	62,2	11,3	2,2	16,1	16,9	77,9	95,9	82,7	679
1983	18,6	39,7	53,3	6,3	32,2	18	3,4	10,5	30,7	38,8	53,8	42,3	347,6

Annexes

1984	128,3	119,2	57,8	28	24,1	16,5	0,7	4,2	30,3	101,3	21,6	189,5	721,5
1985	100,2	37,7	103,8	19,4	76,2	1,5	0,2	1,3	27,8	20,5	30	35,4	454
1986	91,4	44,5	83,8	29,1	24,5	22,8	14,6	3,8	29,9	48,9	68,4	91,5	553,2
1987	83,1	116,1	66,8	24,8	76,7	4,6	16	3,8	9,3	27,9	47,1	24,4	500,6
1988	63,5	46,4	51,7	26,8	41,8	62,7	9,3	1,1	33	4,9	35,3	84,3	460,8
1989	30,4	39,3	34	59	25,8	33,9	12,3	15,5	19,1	42,3	23,4	33,4	368,4
1990	95,3	5,5	35	40,9	76,9	24,8	7	25,8	14,2	17,3	87,8	132,6	563,1
1991	59,6	64,8	94,5	29,9	66,4	9,9	2,9	7,5	36,6	73,2	30,7	30	506
1992	74,2	48,4	60,4	82,9	108,8	26,6	20,5	4,1	17,2	21,7	77,7	119	661,5
1993	47,2	48	43	20,1	74,9	8,5	1,5	2,8	22,3	23,4	18,2	76,9	386,8
1994	72,7	85,3	26,5	58,6	17,3	7,4	4,2	2,1	42,1	69,8	11,6	52	449,6
1995	147,2	12,3	59,5	22	6,4	46,2	0,4	9,1	63,8	18,1	49,2	53,7	487,9
1996	113,9	162,9	64,6	60,4	72,9	38,5	11,3	9,2	23,2	26,4	22,6	37	642,9
1997	53,6	25,1	27,2	44,6	14,1	42,2	1	15,8	60,1	62,1	96,7	81,5	524
1998	45,3	58,7	23,7	49,7	52,2	20,8	0	21	50	37,2	99,3	41,2	499,1
1999	138,1	55,1	25,5	10,1	28,6	17,3	14,6	7,1	27,4	23	85,2	105	537
2000	28	16,4	12,4	21,4	94,6	38,3	0,2	9,4	17,9	42	19,9	50,1	350,6
2001	129,4	48,9	11,2	27,4	66,2	6,4	0	6,4	44,8	15,4	34,8	51,1	442
2002	26,4	46,9	27,5	30,1	30,5	6,1	18,7	29,1	22,5	32,9	112,2	88,6	471,5
2003	236,3	68,9	22,7	81,3	56	4,7	8	5	48,7	46,8	26,3	141,5	746,2
2004	88,2	15	60,4	48,8	85,1	46	2,1	6,4	35,7	22,9	113,1	129,5	653,2
2005	74,1	102,1	32,8	55,3	11,3	12,4	7,1	19,9	20,8	9,9	32,4	82,7	460,8
2006	142,2	72,3	27,1	17,5	57,3	9,2	5,3	16,4	22,7	20,8	25,4	108,6	524,8
2007	14,6	35,4	103,5	52	30,8	48,9	3,8	4,1	39	41,7	30,5	79,8	484,1
2008	16,4	10,5	68,2	12,5	76,3	9,5	8,3	11,9	47,2	40,9	28,8	60,9	391,4
2009	166,7	59,5	69,5	83,7	75,8	0,2	3,4	14,6	72,5	35,4	27,3	55	663,6
2010	80,7	45,8	54,7	50,7	63,5	35,4	1,4	6	24,5	61,3	81,1	31,3	536,4
2011	38,9	110,7	67,8	57,1	86,1	14,1	13,5	1,3	23,5	84,6	31,4	51,8	580,8
2012	50,6	107,7	45,8	48,6	13,1	4,5	3,7	19,5	35,9	32,4	27,7	24,9	414,4
2013	78,1	97	45,2	42,9	24,7	15,2	6,9	35,1	22,5	37,4	88,4	44,1	537,5

Annexes

2014	59,5	32,9	109,8	18,7	37,2	20,7	1,9	1	12,4	24,4	22,3	98,8	439,6
2015	99,1	128,9	70,4	2,1	35,5	8,1	4,8	22,4	32,8	49,3	45	3,1	501,5
2016	46	28,7	62,6	40,1	88,2	9,6	1	1,8	37,5	17,7	36,3	53,3	422,8
2017	90,8	48,5	11,3	39,2	3,8	16,8	5,9	0,3	18,8	43,9	81,4	44,5	405,2
2018	22,4	76,2	62,1	24	90,4	11,1	7,3	24,9	33,7	97,8	30,3	16,8	497
2019	111,5	49,9	79,4	38,4	70,3	4,2	5	21,6	33,1	38,2	53	64,8	569,4
2020	23,9	1,9	85,4	68,5	14,4	14,8	3,1	5,1	45	10,8	60	120,9	453,8
2021	42,6	28,7	42,9	36,5	43	16,6	4	5	11,3	15,6	51,3	49,9	347,4

Machroha P (mm)													
Années	**Janv**	**fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**aout**	**sept**	**oct**	**Nov**	**dec**	**Total**
1958	200,7	67,4	70,1	36,6	12,8	8	0,4	1,7	29,9	117,3	169,7	96,8	811,4
1959	87,6	86,6	169,4	146,8	91,4	94,2	1,3	10,7	43,1	69,7	140,9	136,8	1078,5
1960	110,3	36,6	99	101,1	77,1	37,9	8,8	1	18,1	15,5	37,5	158,6	701,5
1961	152,7	15,5	49,8	14,2	11,3	54,9	1,9	6,9	21,5	34,7	70,2	74,3	507,9
1962	101,9	206,8	85,7	100,8	35,7	23,3	1,2	4,9	37,6	132,6	55,8	101,1	887,4
1963	107,3	164,5	54,8	80,5	73,4	69	10,9	14,6	93,5	51,2	24,9	170,7	915,3
1964	222,6	89	68,1	42,8	52,5	24,9	2,7	40,4	4,1	109,5	54,9	74,5	786
1965	231,2	205,3	62,7	51,3	19,2	5,5	8,7	14,7	42,9	39,9	48,9	152,8	883,1
1966	55	29,2	141,4	91,2	110,6	21,8	1,3	3,4	22,4	41,1	98,1	123,7	739,2
1967	75,7	102,1	47,1	53,1	54	7	0	7,5	46,5	23,7	115,4	159,6	691,7
1968	211,4	99,2	51,7	35,5	33,5	43,1	0,2	1,3	14,9	10	51	118,1	669,9
1969	135,6	74,5	69,2	58,2	25,4	16,1	20	25,8	91,3	136,4	29,7	285,6	967,8
1970	74,4	75,4	92,5	105	63,5	2,3	6	2	8,3	85,1	8,9	147,4	670,8
1971	169,8	180,3	130,8	70,4	67,4	9,5	7,9	3	80,6	98,8	43,3	41,1	902,9
1972	190	95,7	92,3	122,8	56,8	35,9	1,8	5,6	74,9	79,3	10,5	152,9	918,5
1973	226,1	135,2	244,7	40,6	1,8	39,5	7,3	16,5	24,8	62	22,5	139	960
1974	27,5	119,8	77,3	86,8	17,8	9,5	6	2,2	26,4	97,6	61,7	78,9	611,5
1975	42,2	161,5	90,2	23,6	101	4,7	0	29,5	11,7	20,3	154,9	75,5	715,1

Annexes

1976	88	110,5	135,5	65,7	139,3	46,5	33,7	21,1	48,9	96,7	173,4	65,6	1024,9
1977	91,7	38,5	30	104	76,5	41,5	1,5	25,3	25,5	12,7	111,4	26,3	584,9
1978	148,1	147,8	80,1	89	62,2	13	0,1	6,7	7,4	63,4	85,3	47,7	750,8
1979	100	182,1	104,5	184,3	35,3	33,6	7,5	8,3	83,4	42,8	125,1	32,1	939
1980	70,8	72,8	115,7	87,1	90,8	6,9	0,1	3,9	31	50,7	99,8	194,5	824,1
1981	136,1	111,5	63,1	62,7	35,4	38,7	5,9	18,3	20,9	38,4	45	143	719
1982	159,2	143,2	151,4	100,3	73,2	6,4	1,3	17,6	27,3	104,9	165,7	175,9	1126,4
1983	41,1	66,5	112,5	9,4	35,1	14,5	1,6	3,7	56,6	72,5	111,4	92,9	617,8
1984	217,6	205,4	112,5	53,1	24,2	16,1	0,7	3,8	48,6	139,5	42,1	392,5	1256,1
1985	169,9	80,5	155,8	37,1	74,4	0,9	0,1	0,9	41	25,9	44,5	70,4	701,4
1986	158,3	88	119,9	58,4	14,5	19,4	17,4	2,1	39,6	83,2	122,8	175,6	899,2
1987	147,4	177,9	119,2	47,1	93,1	3,7	12	3,5	17,9	30,9	83,9	33,7	770,3
1988	113,1	83,2	97,2	37,4	46,8	50,4	9	0,6	49,9	7,3	62,1	152,8	709,8
1989	55,7	69,6	66,5	105,1	27,4	26,6	10,3	14	26,2	74,5	51,5	105,7	633,1
1990	177,6	11,4	67,5	80,9	79,4	20,2	5,4	22,6	9,9	36,2	165,8	247,4	924,3
1991	125,8	112,5	153,7	59,7	69,5	8,7	3	6,1	53,8	101,1	72,4	60,5	826,8
1992	105,9	116,6	97,8	146,1	132,5	25,5	19,3	3,3	14,6	43,8	140,7	245	1091,1
1993	85	78,1	79,2	35,8	93,3	5,8	1,1	2,5	34,3	43,4	28,1	146,9	633,5
1994	123,4	180,3	31	101,1	27,9	8,6	2,3	1,6	43,7	84,2	21	105,2	730,3
1995	220,8	17,9	99,6	37,6	8,3	46,9	0,5	13,9	92,4	33,5	93,9	85,1	750,4
1996	138,9	277,7	97,4	124,3	91,2	41,9	8,1	11,9	36,7	48,6	41,4	73,2	991,3
1997	119,4	48,7	40,1	73	15,6	38,1	0,1	17,8	108,6	106,2	168,6	156	892,2
1998	94,8	89,4	38,6	83	56,1	15,8	0	25,9	69,1	62,2	180	78,6	793,5
1999	236,8	98,5	58,2	20,8	34,1	15,8	14,9	6,7	33,5	29,7	155,8	170,2	875
2000	50,7	33,8	21,2	41,6	115,8	35	0,9	9,2	23,6	77,4	34,9	101,3	545,4
2001	206,4	97,5	21,1	50,2	85,6	9,5	0,1	4,3	59	16,5	62,9	90,3	703,4
2002	41,8	75,5	62,8	61,8	40,4	7,4	14,8	25,9	36	52	195,7	176,2	790,3
2003	365,7	148,6	40,3	137,9	64,6	5,7	5,1	2,2	79,2	69,8	46,3	295,5	1260,9
2004	146,3	27,3	108,3	96,8	84,2	49,3	2,7	6,4	61,4	30,9	197,8	217,8	1029,2
2005	136,4	206,3	62,1	114	14	10,6	4,7	19,9	28,5	19,7	56,6	175,4	848,2

Annexes

2006	253	110,5	52,6	28,3	63,2	9,1	6,5	16,9	29	41	47,4	210,4	867,9
2007	27,1	71,3	194,2	83,9	32,3	52,1	3,2	3,3	49	71,6	56,7	160,2	804,9
2008	27,6	20	128,1	19,6	84	11,3	7,1	10,2	63,9	54,6	44,8	95,1	566,3
2009	299,7	116,6	116,4	155,2	80,1	0,2	3	12,7	91,8	54,5	50,7	98,1	1079
2010	128,1	76,6	99,9	85,1	69,4	24	2	5,1	38	96,9	144,2	61,2	830,5
2011	81,2	194,9	112,3	93,4	97,6	14	10,1	0,7	32	139	67,1	117,9	960,2
2012	102,2	185,5	84,1	78,4	14,3	4,1	3,7	18	54,4	57,5	42,9	55,4	700,5
2013	129,6	167,4	79,8	70,2	25,1	8,1	6,9	35,7	35,1	55,1	173,2	94	880,2
2014	113	59,5	201	29,9	42,1	14,2	3,9	1,6	18,4	47,2	46,9	213,4	791,1
2015	171,3	244,2	125,1	3,6	43,5	7,1	4,4	23,4	52	73,2	92,9	12,5	853,2
2016	80,3	48	104,3	70,2	96	9,6	1,1	1,9	52,2	30,1	71,1	153,8	718,6
2017	138,7	95,1	17,9	49,2	4,2	24,3	4,8	0,4	17,2	76,4	129,2	80,2	637,6
2018	43,8	130,6	102,7	38,7	90,6	10,9	6,4	25,4	56,7	160,9	61,6	36,3	764,6
2019	184,5	99,9	133,2	64,4	83,6	2,7	2,4	24,2	49,7	50,2	102,2	127,4	924,4
2020	49,9	5,8	140	115,4	15,2	11,1	2,3	5	73,5	17,5	127	221	783,7
2021	87,1	57,4	77,2	76,7	50,8	18,7	3,9	4,8	18,2	34,6	70,4	119,1	618,9

Annexes

Hammam N'bail P (mm)													
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**	**Total**
1958	153,3	48,4	49	27,8	10,6	7,5	0,3	2,2	22,2	92,4	128,4	69,2	611,3
1959	60,6	60,5	120	104,1	78	90,2	1,4	10,1	32,4	54,8	109,3	99	820,4
1960	83,3	26,5	71,3	77,8	65,4	37,8	7	1,1	13	12,1	27,8	114,7	537,8
1961	114,1	10,6	34,4	11,1	9,1	53,6	2	6,7	15,4	26,3	51	54,3	388,6
1962	74,4	148	64,4	75,5	31,7	22,5	1,2	5,8	28,5	102,7	43,5	73,8	672
1963	75,6	116	38,5	58,5	62	68,6	9,8	15,5	67,7	39,1	18,8	124,5	694,6
1964	163,2	62,3	48,8	33,2	43,7	22,8	2,3	38,4	3	86,5	41,3	57,3	602,8
1965	171,2	143,7	45,1	38,9	16,8	5,7	7,4	14,5	33,3	31,8	35,8	112,5	656,7
1966	39	20,3	102,4	65,1	94,3	20,8	1	3,3	17	33,1	72,1	87,1	555,5
1967	55,7	71,3	33,6	39,2	46,5	7,2	0	7,4	35,9	18,1	92,3	117	524,2
1968	154	69,8	40	25,9	26,8	41,3	0,2	1,6	11	7,3	36,6	85,9	500,4
1969	99,8	52,9	52,6	42,7	21,1	16,5	16,5	26,7	69,2	107,3	22,5	206,9	734,7
1970	53,2	53,3	68,4	82	53,8	2,1	5,7	1,9	6,1	70,4	6,1	101,5	504,5
1971	127,9	124,4	96,2	50,2	58,8	8,5	6,9	2,9	59,6	77,6	34,1	30,7	677,8
1972	145,5	66,3	69	90,5	50	33,1	1,5	5,4	57,6	63,5	8,4	114,1	704,9
1973	161,5	94,8	170	30,2	1,6	38,9	5,4	15,8	19,4	46	17,2	95,4	696,2
1974	20,1	85,1	57,5	64,1	14,2	8,4	5,4	2,1	19,4	77,4	44,7	55,4	453,8
1975	31,6	108,6	65,1	18,1	87,1	4,8	0	29,3	11,1	15,2	112,6	54,2	537,7
1976	63	82,9	99,3	50,2	118,5	45	27,9	20,3	38,4	75,8	127,7	49,4	798,4
1977	72,3	26,9	21,3	77,4	69,4	38,1	1,2	24,9	18,4	10,1	83,4	18,2	461,6
1978	109,2	104,2	57,5	65,8	53,1	11,8	0,1	6,7	5,4	50,8	62,3	34,2	561,1
1979	75,7	127,9	75,4	138,3	29,3	32,6	7	8,4	62,9	34,3	90	23,9	705,7
1980	51,7	53,5	83,3	64,3	77,7	6,5	0,1	3,8	23,9	39,3	75,5	141,8	621,4
1981	99,4	80,2	46,4	48,3	29,1	36,8	4,7	20,8	16,9	31	33	104	550,6
1982	118,4	101,4	109,4	74,3	61,4	6,9	1,3	17,3	19,9	85,1	123,1	125,9	844,4
1983	28,6	46,8	79,2	7,3	29,8	13,4	1,5	5	40,9	55,9	80,7	64,7	453,8
1984	162,9	149,1	79,9	39	21,3	15,1	0,6	3,8	36,2	114,9	30	284,1	936,9
1985	124,2	55,4	118,9	26,8	64,5	0,9	0,1	1	31	21,8	34,4	50,6	529,6

Annexes

1986	117,7	61,5	90,5	42	13,6	19,4	13,7	2,3	29,7	65,2	91,1	128	674,7
1987	107,1	132,3	86,6	34,1	78,5	3,7	10,5	3,6	12,7	27	62,6	26	584,7
1988	83,5	60,3	69,7	29	40,5	49,5	7,3	0,7	37,5	5,7	46,5	113,5	543,7
1989	40,9	49,7	47,5	78,1	23,3	26	8,7	14,2	20,1	58,3	36,7	69,2	472,7
1990	126,7	8,1	48,1	57,6	67	20,5	4,7	23,5	8,8	27,3	121,6	181,4	695,3
1991	87,4	79,6	113,9	43	60,9	8,6	2,4	6,4	40,2	82,7	50,4	42,3	617,8
1992	81,7	77,7	72,7	109,6	110,1	24,6	15,9	3,4	12,4	33,1	105,5	177,8	824,5
1993	62,5	57,4	56,7	26,7	76,6	6,2	1	2,6	25,6	33,2	21,3	108,9	478,7
1994	90,9	122,8	26,4	78,2	22,1	7,3	2	1,8	35	70,4	15,4	76,5	548,8
1995	170,6	13,6	73,7	28,4	6,9	43,7	0,4	12,7	69,7	25,2	69,7	62,9	577,5
1996	109,6	200,5	71,8	89,5	75,5	37,5	7	10,9	27,5	37,2	30,6	53,3	750,9
1997	82,7	33,8	30,9	54,4	13,4	37	0,1	17,1	76,8	83,7	125,9	111,9	667,7
1998	67,3	66,2	29,1	62,5	48,4	15,8	0	24,9	53,2	47,6	134,8	57,5	607,3
1999	172	70	39,7	14,9	28,4	15,2	11,6	6,9	26,5	25,2	113,6	128,5	652,5
2000	37,1	23,3	15,7	30,3	96,3	33,3	0,5	9,5	18,3	58,9	26,2	73,3	422,7
2001	152,9	67,6	15	37,1	69,8	8,2	0,1	4,8	45,9	15	47	64,6	528
2002	31,7	55,8	42,5	44,7	32,4	6,5	12,5	27	26,4	41,7	147	127,4	595,6
2003	275,4	100,6	29,2	103,6	54,5	5	4,7	3	57,7	56,2	34,1	208,8	932,8
2004	107,2	19,5	78,1	69,9	73,6	45	2,1	6,4	44,8	25,1	148,1	164,4	784,2
2005	99	142,7	44,6	82,2	11,6	10	4,2	20,4	21,3	14,7	42,2	125,1	618
2006	182,7	81,4	37,4	21,2	53,8	8,7	4,9	16,9	22,3	30,7	34,7	152,4	647,1
2007	19,8	49,4	140	62,5	27,9	48,6	2,7	3,4	38,5	55,6	41,9	115,3	605,6
2008	20,4	14	92,6	15	71,5	10,3	5,9	10,7	49,1	45	34,6	72,7	441,8
2009	216,2	81,2	84,7	113,6	69,4	0,2	2,5	13,4	71,6	43,8	37,5	73	807,1
2010	96,3	55,5	72	63,1	59,8	24,6	1,4	5,3	28,2	77,3	106,9	44,4	634,8
2011	56,8	140	83,1	70,2	81,6	13,1	8,5	0,8	24,7	109,3	47,7	82,2	718
2012	72	133,1	60,7	59,7	12,1	4	2,9	19	40,6	44,2	33,1	39,1	520,5
2013	96,2	120,7	57,9	51,6	21,9	9,1	5,5	35,7	26,1	45,1	125,9	66,1	661,8
2014	81	42,2	145,5	23,1	35,8	14,4	2,8	1,4	13,8	35,9	33,2	151,8	580,9
2015	126,4	169	90,8	2,7	36,2	7	3,5	23	38,7	59,7	66,9	7,8	631,7

Annexes

2016	58,5	34,1	76,1	52,2	82,2	9	0,9	2	39	23,6	52,2	105,1	534,9
2017	103,6	66,2	13	37,9	3,6	21,5	4,1	0,4	13,3	59,7	96,5	59,1	478,9
2018	31,1	92,3	75,6	29,1	80,1	10,5	5,3	25,3	41,7	128,7	44,5	25,8	590
2019	135	68,9	99	49,6	68,7	3,1	2,6	24,5	35,8	40,9	74	91,2	693,3
2020	33,5	3,6	101,5	86,1	13,1	10,8	2,2	5,6	54,8	14,8	94,3	170,1	590,4
2021	62,2	39,5	53	53,4	40,2	16	3,5	5	12,9	23	58,9	82,1	449,7

Les salines P (mm)													
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**	**Total**
1958	246,7	68,9	61,7	29,3	10,9	6,5	0,3	1,3	26,2	162,9	207,9	122,6	945,2
1959	112,1	70,3	148,6	119,7	69,3	77,6	0	8,2	39,6	96,1	196	165,9	1103,4
1960	119,2	35,2	79,6	80,5	62,5	32	5,3	0,9	18	22,1	48,4	205,9	709,6
1961	183,3	15,4	38,4	10,6	9,4	42,7	1,2	5,4	20,3	48,7	87,5	97	559,9
1962	122,9	208,3	73,3	79,6	25,5	20,2	0,6	2,7	37,6	168,5	69,9	127,7	936,8
1963	132,9	159,1	40,9	63,5	57,8	58,1	6	10,6	90,3	70,9	34,2	189,8	914,1
1964	254,2	90,3	58,9	35	40	20,2	1,4	33,9	3,9	154,9	70,1	88,6	851,4
1965	273,2	223,6	49,7	35,4	15,8	3,9	6,5	12,5	41,9	56,4	60,5	179	958,4
1966	69	33,9	122,1	69,8	86,5	18,5	0,8	2,8	17	49,8	134,9	158	763,1
1967	95,2	105,1	36,8	43,2	42,4	5,9	0	5	41,3	34,5	145,8	206,3	761,5
1968	233,9	95,3	39,9	24,2	23,2	35,2	0	1	14,1	14,4	68,1	145,8	695,1
1969	152,9	79	55,5	46,8	18	15,3	14	21,6	80,2	170,1	39,9	353	1046,3
1970	88,8	80,5	79,8	89,4	49,4	2,9	4,2	1,7	6,5	123	11,8	174,1	712,1
1971	193,7	183	114,9	56,3	49,5	7,9	5,2	1,9	73,9	133,4	56,3	53	929
1972	208,1	98,6	78,5	97,8	44,8	29,9	1,2	4,3	66	99,8	11,4	183,8	924,2
1973	273,5	141	206,4	29,5	1,3	36,2	4,7	10,2	26,2	90,3	27,3	156,5	1003,1

Annexes

1974	33,8	124,1	63,2	70,4	15,3	4,6	4,3	1,6	22,3	135,9	79,9	96,2	651,6
1975	49	146,4	78,1	16	79,5	4,4	0	23,6	8,4	26,3	196,7	95,1	723,5
1976	93	109	107,7	46,5	96,1	35,7	22,4	17,8	47,4	134,7	218,8	78,1	1007,2
1977	109,1	38,9	23,1	87	60,5	37,9	1,1	21,9	19,9	18,4	144,7	34	596,5
1978	176,7	148,8	68	72,4	47,1	10	0	4	7,5	81,5	110,9	58,1	785
1979	122,6	188	87,4	147,6	26,9	29,2	5,5	5,7	74,4	61,8	165	40,5	954,6
1980	85,8	69	94	69,4	73,2	4,8	0,2	2,9	26,1	74,1	132,1	245,6	877,2
1981	161	105,5	53,5	47,8	26,6	34,3	3,7	15,2	19	50,4	56,9	186,6	760,5
1982	189,1	152,1	130,1	79	55,4	5,7	1	15,6	25,2	144,3	207,8	216,3	1221,6
1983	45,4	69,4	95,7	8,1	26,2	11,4	1	3	57,9	100,5	152,9	120,2	691,7
1984	265,4	208,5	97,4	44	20,2	15,2	0,6	3,2	46,7	193	58,1	481,2	1433,5
1985	197,9	84,1	134,7	31,2	55,4	0,4	0	0,9	37,2	33,9	61,3	89	726
1986	187	93,5	99	50	12,8	16,6	11,7	1,7	40,9	113,6	156,1	215,4	998,3
1987	183,4	190,9	95,9	38,3	77,4	3,2	8,7	2,8	18,6	39,2	109,1	42,2	809,7
1988	138,1	93,1	81	27	34,4	42,7	5,7	0,4	47,9	10,7	80,6	187,6	749,2
1989	63	68,9	54,6	91,7	20,8	20,7	6,5	9,5	24,6	103,5	63,5	123,2	650,5
1990	173,9	10,1	51,9	57,3	64,3	20,1	3,2	17,2	5	52,1	199,3	297,5	951,9
1991	149,9	113,6	117,6	44,6	51,3	8,6	2	5,9	54,3	142,5	87	76,2	853,5
1992	109,4	104	84,8	117,7	101,5	24,2	12,4	2,1	11,1	60,8	163,6	269,2	1060,8
1993	105,9	77,4	66,1	35,4	73,8	5,1	0,6	2,1	31,8	66,1	38,7	184,8	687,8
1994	145,6	168,3	13,1	79,3	17,1	8,7	1,2	1,4	44,9	103,8	27,9	150,3	761,6
1995	275,5	20,2	88,9	31,3	7	39,5	0,3	11	81,9	26,3	114	92,3	788,2
1996	152,4	282,7	77,8	100,6	69,3	37,2	5,4	9,8	31,9	73,7	59,8	94,1	994,7
1997	131,7	48,3	33	48,1	12,5	34,1	0	14,4	102,7	151,7	226,2	200,7	1003,4
1998	107,5	99,6	35,7	67,2	47,6	12,4	0	23,2	68	74,4	243,3	106,6	885,5
1999	243,5	117,5	48,3	16,1	30,2	12,4	10,1	4,8	31,1	35,5	192,7	187,8	930
2000	66,4	36,9	19,9	32	78,6	33,1	1	8,1	19	110,5	49,6	144,7	599,8
2001	226,5	106,2	17,9	41,6	57,8	7,9	0	2,9	54,8	18,2	86,1	109,6	729,5
2002	52,3	87,5	49,3	52	26,8	4,6	9,9	21,9	35,7	74,3	250,6	229,3	894,2
2003	395,7	149,9	34,1	109	53,1	3,9	3,5	1,9	72	87	48,6	347,4	1306,1

Annexes

2004	179,2	30,7	86,9	87	69	40,7	1,8	4,5	62,1	40,5	255,7	256,2	1114,3
2005	182,2	222,8	58	99,1	11,3	7,7	1,8	18,1	27,2	26,6	78,6	229,6	963
2006	253,8	102,8	47,6	18,9	43,8	8,6	3,8	15,3	27,2	53,2	54,9	257,9	887,8
2007	36	73,2	173,9	57,7	25,8	45,9	2,6	3	43,9	106,7	83,6	191,4	843,7
2008	31	23,3	120,3	16,7	66,4	7,8	5	6,1	65,8	65,7	67,5	109,2	584,8
2009	339,9	123,6	98,4	124,1	69,9	0,2	2,1	9,8	81	74,6	75,2	125	1123,8
2010	146,5	76,3	81,4	52,6	61,3	22,1	0,6	3,3	33,4	134,3	179,6	79,8	871,2
2011	91	206,8	88,7	63,5	74,3	12,3	6,2	0,5	29,3	172,7	89,2	154,3	988,8
2012	121,5	221,4	68,1	67,4	11,7	2,2	2	16	52,9	75,2	58,3	76,9	773,6
2013	163,9	190,5	66,9	53,7	22,9	5,6	4,1	29,4	32,8	58,2	242,3	97,4	967,7
2014	139,1	57,8	171,7	22,5	29,6	12,7	1,8	1,1	17,4	67,4	56,7	288,3	866,1
2015	208,7	238,4	105,9	3	35,6	6,8	2,1	14,1	45,3	95,3	125,7	14,3	895,2
2016	106,3	66,5	101	50,7	68,4	9,6	0,8	1,7	41,2	43,2	89,1	163,7	742,2
2017	209,8	97,9	10,7	36,1	2,5	21,7	2,6	0,3	14,8	86,1	185,8	115,1	783,4
2018	59,4	128,2	99,6	35,1	66,5	11	4,3	20,6	50,1	209,3	88	48,5	820,6
2019	248,1	78,9	80,5	25,3	79,6	1,3	0,6	26,2	51,1	63	142,4	132,6	929,6
2020	69,4	4,6	116,3	68,7	5,6	11,5	2,7	2,3	58,4	43,3	134,2	253,5	770,5
2021	129,2	46,4	70	62,6	53,2	5,7	0,5	2,5	10,2	81,5	108,7	151,7	722,2

Annexes

Pont Bouchet P (mm)													
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**avril**	**Mai**	**Juin**	**Juillet**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**	**Total**
1958	230,7	64,8	57,3	28	10,6	6,5	0,3	1,5	26,6	152,8	188,9	112,3	880,3
1959	102,3	65,6	140	113,2	68,3	78,8	0	9,1	39,4	89,8	180	153,5	1040
1960	112	33,1	74,3	77,2	60,4	32,8	5,3	1	17,9	20,7	43,4	190,7	668,8
1961	168,9	14,3	35,8	10,3	8,9	42,8	1,3	6	20	45	78,6	89,7	521,6
1962	114,2	197,2	69,7	76,2	25,1	20,1	0,6	3,3	37,8	157,1	62,9	117,8	882
1963	122,3	148,9	38,3	60,2	56,2	58,5	6,2	12	89,2	65,6	31	176	864,4
1964	236,1	84,3	55,2	33,4	39,3	20,1	1,4	38,2	4	145,9	63,8	81,6	803,3
1965	254,4	207,9	47	33,9	15,8	4	6,6	13,9	42,3	52,3	54,1	167,6	899,8
1966	62,8	31,3	116,1	65,2	84,5	18,3	0,8	3,2	17,2	46,7	121,1	144,7	711,9
1967	88,3	97,5	34,9	40,9	41,4	6,1	0	5,7	41,8	31,9	135,3	192,2	716
1968	218,4	89,7	38,3	22,9	22,3	35,1	0,1	1,2	14,1	13,2	60,7	134,4	650,4
1969	142,1	73,1	52,7	44,3	17,3	15,7	14,1	24,8	80,3	159,1	36,3	327,4	987,2
1970	81,3	75,5	76,5	86,5	48,1	2,7	4,4	1,9	6,3	116,2	10,5	158,4	668,3
1971	180,7	170,2	109,1	52,7	49,1	7,7	5,3	2,2	73,2	124,9	51	48,8	874,9
1972	195,7	91,2	74,9	92,6	44,1	29,8	1,2	4,8	66,4	94,2	10,1	172	877
1973	252,3	131,3	195,7	27,8	1,3	36,8	4,4	11,4	26,3	84	24,5	143,7	939,5
1974	31,1	115,7	59,8	66,4	14,6	4,5	4,4	1,8	22	128,1	71,6	88,5	608,5
1975	45,5	134,2	73,6	15	77,3	4,4	0	26,4	8,9	24,1	176,5	88,1	674
1976	86	102,4	102,2	44,6	93,6	36,1	22,5	19,9	47,9	128,1	197,1	72,5	952,9
1977	99,7	36	21,7	82,6	59,9	37,3	1	24,6	20,1	17,3	131,4	31	562,6
1978	164,3	138,7	64,4	68,3	46,1	10	0,1	4,7	7,3	76,5	99,9	53,6	733,9
1979	113,5	175,3	83,2	141,3	26,1	29,5	5,7	6,4	74,3	58,2	148,1	37,8	899,4
1980	79,1	64,4	88,8	66	71,6	4,7	0,1	3,2	26,3	69,2	119,1	229,9	822,4
1981	149,7	99,9	50,9	46	25,6	34,4	3,7	17,6	19,4	47,8	51,4	173,6	720
1982	176,1	143,4	123,8	74,4	54,1	5,9	1	17,3	25,1	136,3	187,4	200,6	1145,4
1983	41,8	63,5	89,6	7,8	25,7	11,3	1,1	3,6	57,5	93,7	138	110,1	643,7
1984	249,5	197,5	91,5	41,6	19,9	15	0,6	3,6	46,3	184,7	51,8	446,3	1348,3
1985	182,5	78	129,2	29,5	54,2	0,4	0,1	1	37,9	32,4	55,4	82,4	683

Annexes

1986	175	87,2	94,5	46,8	12,2	17	11,5	2	39,9	107	141,7	201,3	936,1
1987	169,4	180,9	91,4	36,2	75,6	3,3	8,9	3,2	18,2	38	98,6	39,1	762,8
1988	128,6	88,1	76,4	25,7	34,1	42,8	5,7	0,5	48	9,7	73,5	176,2	709,3
1989	58,4	64,8	51,5	86,9	20,2	20,8	6,6	10,8	24,6	97,1	57	111,2	609,9
1990	164,3	9,1	49,5	54,1	62,5	20,7	3,1	19,1	5,4	47,9	179,2	276,5	891,4
1991	135,9	106	112,1	41,9	51,1	8,7	1,9	6,8	54,2	135	77,1	68,7	799,4
1992	102,4	99,1	80,8	112,2	99,3	24,2	12,2	2,4	10,8	55,1	151,2	250,9	1000,6
1993	99,8	72,8	62,7	33,9	72	5,3	0,7	2,5	31,7	61,5	34,4	175,2	652,5
1994	134,5	157,1	13,9	76,1	17	8,5	1,1	1,6	44,8	99,9	25	139,9	719,4
1995	261	19,5	85	29,6	6,9	39,5	0,3	11,9	82,8	25,6	103,2	84,8	750,1
1996	144,7	267,6	73,7	95,3	67,6	36,2	5,5	10,6	31,7	68,5	53,9	87,7	943
1997	118,8	45,5	32,5	45,2	11,9	34,7	0,1	16,1	102,3	143,1	204,6	186,8	941,6
1998	100,2	94,7	34,3	64,7	46,4	12,5	0	26,3	68,7	70,3	223,7	98,6	840,4
1999	231,7	111,1	44,1	14,9	29,1	12,4	10,1	5,5	30,7	34,4	172,2	176,1	872,3
2000	62,3	34,5	18,8	29,5	77,7	31,8	0,7	9,5	19,1	102	43	129,7	558,6
2001	207,7	99,2	17,1	39,5	56,2	7,8	0,1	3,4	55,1	17,7	77,2	102,1	683,1
2002	48,6	82,6	46	49,4	26	4,4	10	24,8	35,2	70,2	227,7	212,3	837,2
2003	369	138,9	30,9	103,6	52,4	3,7	3,6	2,2	71,7	81,5	44,1	319,3	1220,9
2004	166,2	28,6	82,3	80,3	66,8	40,8	1,8	5	62,3	37,7	232,4	238,6	1042,8
2005	169,5	206,5	54,9	93,8	10,7	7,2	1,8	20,2	27,3	24,7	68,8	213,7	899,1
2006	233,4	97,6	44,9	17,7	43	8,7	3,7	17,6	25,9	48,8	50,1	238,5	829,9
2007	33,6	67,8	165,1	54,7	25,2	46,5	2,6	3,4	44	100,4	75,6	177,7	796,6
2008	27,9	21,7	113,5	16	64,7	7,7	5,1	7,1	65,9	61,8	60	100,8	552,2
2009	314,8	114,6	93,9	117,6	69,7	0,1	2,2	11,2	81,8	70,4	67,3	117	1060,6
2010	137	70,6	76,7	50,3	58,3	21,5	0,5	3,8	33,2	126,8	161,4	72,9	813
2011	82,5	194,5	83,5	60,5	72,1	12,1	6,3	0,5	29	163,5	77,8	141,6	923,9
2012	112,7	207,8	64,9	63,7	10,1	2,3	1,9	18,4	53	70,1	52,1	71,3	728,3
2013	151,9	178,8	62,8	50,9	21,5	5,9	4	33,1	32,4	55,3	219,2	88,3	904,1
2014	125,4	54	162,9	21,5	28,8	12,8	1,7	1,2	17,6	62,3	50,2	266,7	805,1
2015	194,3	223,4	99,5	2,7	34,9	6	2	15,9	45,4	89,2	114,1	12,7	840,1

Annexes

2016	99,4	60,9	96,7	49,6	67,9	9,5	0,8	1,8	40,5	39,9	79,3	151,8	698,1
2017	191,7	92,4	10,4	34,6	2,6	21,3	2,8	0,3	14,7	84,2	170,1	105,7	730,8
2018	54,2	122,4	92,4	33,4	63,8	10,5	4,3	22,7	50,2	196,2	76,2	44,9	771,2
2019	225,9	75	81,6	24,6	75,1	1,4	0,7	28,9	49,4	61	118,2	128,4	870,2
2020	63,3	4	110,5	68,2	5,5	11,1	2,4	3,4	58,6	37,2	128	234,7	726,9
2021	117,5	44,9	67,9	59,9	51,2	7,3	0,6	2,3	10,5	72,4	96	140,2	670,7

Annexes

Température MIN Guelma												
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**
1958	3,46	5,23	5,94	7,11	12,19	15,32	17,01	18,35	17,12	13,12	8,9	7
1959	3,84	4,36	7,73	8,47	11,99	14,62	17,02	18,51	18,43	11,88	8,03	4,95
1960	2,81	5,16	6,73	7,58	11,48	15,46	16,97	18,47	14,84	12,22	9,12	3,66
1961	3,15	4,23	4,55	9,54	12,12	14,72	17,55	16,68	16,72	11,72	9,74	5,56
1962	4,72	2,61	5,87	8,18	11,62	13,15	17,15	17,34	16,48	12,64	6,89	3,58
1963	3,73	3,45	4,53	8,05	9,49	13,41	17,95	18,37	16,18	10,3	9,22	6,8
1964	3,09	5,26	7,13	7,61	11,93	14,94	17,19	17,77	16,11	11,24	8,97	4
1965	3,4	1,95	5,43	6,44	10,52	13,51	18,7	16,89	15,11	14,18	9,68	5,9
1966	5,7	6,43	3,99	8,7	10,53	14,47	16,72	17,59	15,38	12,68	6,95	3,91
1967	2,19	4,39	5,09	7,28	11,39	12,68	16,89	18,57	15,52	12,64	9,73	3,39
1968	3,09	4,86	5,2	8,59	11,56	13,14	17,55	17,39	15,48	11,14	8,98	5,48
1969	3,75	3,67	6,39	7,94	12,04	12,65	15,23	17,21	15,32	11,72	8,74	2,95
1970	4,84	3,73	4,37	6,42	9,37	14,28	16,25	18,63	16,76	10,98	7,33	4,36
1971	3,52	3,16	3,49	9,06	11,06	13,02	16,93	19,37	15,86	10,9	6,04	3,61
1972	2,93	4,82	6,08	6,41	8,62	13,55	15,88	15,98	14,97	10,82	8,46	3,9
1973	3,6	2,55	3,56	6,49	12	15,06	17,9	17,28	16,53	11,84	7,42	4,65
1974	4,39	4,02	5,96	6,68	11,29	14,15	15,41	16,12	15,84	9,44	6,72	3,61
1975	3,49	3,71	4,29	6,8	9,9	12,63	16,72	16,93	16,8	10,22	7,16	4,32
1976	2,55	3,35	3,67	6,61	10,63	12,45	16,3	16,65	14,88	11,19	6,52	5,1
1977	4,95	5,61	5,8	7,68	11,02	12,91	17,59	16,77	13,93	12,64	8,99	4,71
1978	2,06	5,7	5,39	7,28	10,38	13,55	15,78	16,83	14,92	9,56	6,24	6,16
1979	5,99	5,63	5,17	5,94	9,62	14,25	16,79	17,41	14,67	12,38	6,5	4,52
1980	2,89	4,41	4,8	6,14	9,18	12,81	14,09	17,09	15,64	10,17	8,38	2,26
1981	2,12	2,97	6,99	9,12	11,14	13,71	15,74	16,01	16,23	12,54	6,84	6,16
1982	4,83	4,17	4,69	7,02	10,68	15,61	18,88	18,01	16,58	12,1	8,72	3,76
1983	2,36	2,71	4,99	8,26	11,24	14,07	17,77	18,59	16,41	12,07	10,19	4,56
1984	3,19	2,75	4,29	7,56	10	13,31	16,73	17,15	14,84	10,58	9,16	4,52
1985	2,66	6,31	4,21	8,84	10,52	14,87	17,55	17,31	15,67	11,54	9,98	4,56

Annexes

1986	3,69	4,23	5,43	7,99	12,39	13,85	16,78	18,88	16,5	13,84	8,86	3,96
1987	2,92	4,91	4,31	8,09	9,96	14,47	18,52	18,84	17,33	13,57	8,52	6,04
1988	4,73	3,51	5,39	8,34	12,6	15,07	18,25	18,61	15,28	13,82	9,2	3,48
1989	1,85	3,07	6,09	8,08	11,18	13,32	17,79	19,21	17,32	11,78	9,18	7,14
1990	4,09	5,81	5,83	7,94	11,94	15,25	17,03	17,74	18,41	14,22	9,29	3,24
1991	3,01	3,69	7,23	6,04	7,92	13,06	16,47	17,84	17,76	12,39	7,26	3,14
1992	1,15	3,11	5,29	6,74	10,16	13	15,85	17,67	16,74	11,76	8,98	4,18
1993	2,09	2,43	3,57	7,36	11,59	14,71	17,55	18,24	16,34	13,17	8,64	5
1994	4,96	5,01	5,77	6,95	12,5	14,71	18,49	20,37	18,12	13	9,86	4,88
1995	2,52	5,57	4,41	6,73	11,88	14,82	17,65	18,34	15,62	12,01	8,88	6,9
1996	5,37	3,65	5,95	7,86	10,94	13,41	16,49	18,77	14,88	10,6	8,93	6,12
1997	5,83	4,45	4,6	7,29	12,66	16,83	17,79	18,51	16,68	13,07	9,38	5,68
1998	3,39	4,54	3,93	8,83	11,24	15,71	17,49	17,87	17,06	10,32	6,84	2,7
1999	3,31	2,19	4,79	7,95	14,07	16,17	17,88	20,63	17,98	14,47	8,58	4,26
2000	0,49	3,7	6,07	9,5	13,82	14,85	18,37	18,44	16,6	11,94	9,36	5,58
2001	4,97	3,72	8,01	7,91	11,73	15,72	18,25	18,69	17,32	14,76	9,02	3,41
2002	2,17	3,98	6,55	8,58	11,65	15,86	18,29	18,43	16,3	12,71	10,01	6,08
2003	4,15	3,17	5,41	9,04	11,69	16,78	20,15	20,16	17,01	14,7	9,14	3,98
2004	3,67	4,61	5,97	8,13	10,26	14,02	17,65	19,38	16,23	14,14	7,52	5,25
2005	1,16	1,91	5,65	8,98	12,96	16,08	19,02	18,24	16,38	13,74	8,9	3,82
2006	2,47	3,31	6,19	10,25	13,24	15,23	18,87	17,77	16,14	14,27	9,69	5,26
2007	4,55	5,67	5,13	8,66	12,29	15,38	17,46	18,59	16,83	12,68	8,06	4,65
2008	4,12	4,03	5,57	9,95	13,23	14,82	19,53	19,21	17,44	13,11	8,48	4,48
2009	4,76	3,21	5,79	8,28	12,43	15,53	19,89	20,1	16,61	12,33	9,11	7,15
2010	5,22	6,19	7,19	9,51	11,62	14,32	19,21	18,74	16,82	13,03	9,17	5,31
2011	3,82	2,92	5,3	9,48	11,86	14,65	18,64	18,37	17,22	11,98	9,76	5,09
2012	3,24	0,82	4,97	8,85	11,88	16,65	19,15	20,03	16,98	13,76	10,85	5,03
2013	4,06	2,49	7,14	8,96	11,58	13,26	18,03	18,23	16,78	15,48	8,4	4,06
2014	4,8	5,31	4,81	8,84	11,82	14,91	18,13	18,98	18,97	13,88	11,1	4,98
2015	3,02	3,07	5,85	8,56	12,92	14,97	18,26	19,61	17,31	13,87	8,89	4,7

Annexes

2016	5	5,8	5,5	9,4	12,2	15,1	18,1	17,8	16,8	14,7	9,7	5,7
2017	2	5,3	6,4	8,7	13,3	16,7	19,5	20,2	16,8	12	8,2	3,9
2018	5,1	3,4	7	9,4	11,2	14,8	19,6	18	18	12,5	9	5,2
2019	2,5	3	5,4	7,9	9,4	17,9	19,9	20,3	17,1	13,1	7,9	6,8
2020	3,9	5,9	6,1	9,8	13,8	15,1	18,5	19,8	16,1	11,2	10,7	5,1
2021	5,1	7,1	5,6	9,3	13,1	17,3	20,1	21,1	19,7	11,9	8,7	4,8

Annexes

Température MIN Bordj Sabath												
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**
1958	2,54	4,25	5,34	6,24	11,52	15,48	17,28	18,46	16,32	12,17	7,53	5,94
1959	2,93	3,32	7,17	7,58	11,27	14,74	17,31	18,51	17,58	10,99	6,64	3,89
1960	1,87	4,16	6,1	6,7	10,75	15,7	17,24	18,59	13,98	11,28	7,72	2,6
1961	2,15	3,37	4,02	8,74	11,55	14,94	17,83	16,76	16	10,78	8,34	4,45
1962	3,74	1,54	5,27	7,34	10,94	13,3	17,45	17,42	15,64	11,71	5,44	2,46
1963	2,8	2,49	3,93	7,21	8,77	13,59	18,24	18,46	15,27	9,37	7,78	5,72
1964	2,09	4,25	6,53	6,76	11,26	15,06	17,42	17,78	15,34	10,28	7,42	2,9
1965	2,42	0,93	4,79	5,59	9,79	13,72	19	16,94	14,19	13,29	8,3	4,8
1966	4,75	5,5	3,32	7,86	9,81	14,6	16,98	17,69	14,53	11,7	5,49	2,75
1967	1,22	3,41	4,5	6,37	10,74	12,86	17,18	18,66	14,68	11,77	8,35	2,29
1968	2,06	3,89	4,65	7,78	10,74	13,23	17,86	17,43	14,54	10,24	7,55	4,38
1969	2,87	2,66	5,78	7,11	11,31	12,77	15,46	17,25	14,37	10,73	7,33	1,87
1970	3,9	2,63	3,81	5,52	8,62	14,39	16,48	18,73	15,85	10	5,93	3,22
1971	2,52	2,04	2,87	8,23	10,31	13,09	17,18	19,49	14,98	10,02	4,59	2,58
1972	2	3,85	5,44	5,52	7,92	13,68	16,13	16,01	13,99	9,89	7,07	2,76
1973	2,6	1,48	2,91	5,59	11,28	15,2	18,14	17,36	15,66	10,83	5,96	3,55
1974	3,39	2,97	5,32	5,82	10,6	14,3	15,69	16,21	14,99	8,48	5,32	2,47
1975	2,49	2,72	3,68	5,94	9,1	12,8	17,05	17,02	15,89	9,25	5,78	3,25
1976	1,47	2,39	3,07	5,82	9,85	12,62	16,54	16,71	14,06	10,17	5	4,03
1977	4,03	4,57	5,14	6,83	10,23	12,99	17,78	16,71	13,06	11,83	7,57	3,74
1978	1,08	4,73	4,77	6,42	9,62	13,7	16,08	16,88	13,98	8,55	4,8	5,12
1979	5,1	4,63	4,55	5,02	8,9	14,42	17,06	17,45	13,75	11,46	5,02	3,41
1980	1,93	3,39	4,19	5,28	8,47	13,02	14,35	17,16	14,81	9,14	7	1,17
1981	1,15	2	6,46	8,28	10,43	13,88	15,93	16,06	15,32	11,59	5,44	5,11
1982	3,81	3,15	4,11	6,15	10,02	15,75	19,16	18,09	15,66	11,04	7,27	2,63
1983	1,36	1,69	4,41	7,44	10,52	14,29	18,12	18,57	15,58	11,17	8,81	3,45
1984	2,24	1,74	3,67	6,78	9,21	13,49	17,1	17,2	13,96	9,58	7,6	3,45
1985	1,64	5,31	3,62	8,01	9,8	15,11	17,85	17,42	14,8	10,67	8,58	3,49

Annexes

1986	2,67	3,27	4,8	7,09	11,73	14	17,06	19,03	15,61	12,85	7,42	2,87
1987	1,94	3,88	3,83	7,43	9,29	14,7	18,85	18,94	16,47	12,63	7,1	4,98
1988	3,82	2,48	4,69	7,51	11,86	15,2	18,53	18,72	14,36	12,86	7,8	2,35
1989	0,91	2,11	5,5	7,18	10,46	13,52	18,1	19,32	16,46	10,87	7,85	6,15
1990	3,18	4,88	5,36	7,06	11,22	15,45	17,29	17,81	17,61	13,25	7,81	2,16
1991	1,96	2,65	6,61	5,22	7,16	13,22	16,8	17,91	16,88	11,38	5,8	2,04
1992	0,17	2,01	4,64	5,89	9,47	13,08	16,16	17,74	15,91	10,72	7,48	3,14
1993	1,09	1,44	3,02	6,41	10,9	14,93	17,84	18,34	15,41	12,18	7,16	3,87
1994	3,86	3,93	5,26	6,06	11,83	14,88	18,8	20,47	17,14	12,05	8,4	3,73
1995	1,53	4,54	3,81	5,81	11,2	15,01	17,85	18,3	14,63	11,14	7,51	5,82
1996	4,51	2,67	5,38	7,07	10,15	13,51	16,75	18,75	13,92	9,54	7,5	5,03
1997	5	3,42	4,01	6,51	12,08	16,99	18	18,55	15,87	12,1	7,94	4,57
1998	2,48	3,66	3,43	7,96	10,53	15,87	17,8	17,91	16,16	9,23	5,41	1,55
1999	2,37	1,13	4,31	7,11	13,36	16,33	18,15	20,7	17,01	13,61	7,07	3,21
2000	-0,5	2,66	5,4	8,57	13,1	15	18,64	18,51	15,66	10,88	7,88	4,43
2001	3,9	2,59	7,43	7,03	10,87	15,91	18,43	18,73	16,42	13,72	7,42	2,18
2002	1,27	2,8	5,91	7,7	10,73	16,03	18,43	18,37	15,38	11,67	8,51	4,96
2003	3,08	2,15	4,8	8,17	10,93	17,02	20,41	20,23	16,01	13,64	7,65	2,85
2004	2,66	3,61	5,38	7,23	9,46	14,12	17,94	19,43	15,36	13,15	6	4,09
2005	0,11	0,82	5,04	8,13	12,29	16,22	19,2	18,24	15,41	12,74	7,42	2,66
2006	1,49	2,21	5,61	9,44	12,56	15,46	19,04	17,78	15,22	13,39	8,32	4,14
2007	3,52	4,65	4,47	7,86	11,4	15,53	17,77	18,62	15,82	11,65	6,4	3,38
2008	2,94	3,11	4,89	8,94	12,4	14,96	19,66	19,17	16,47	12,13	6,87	3,26
2009	3,69	2,11	5,03	7,19	11,69	15,68	20,17	19,93	15,5	11,18	7,44	5,82
2010	4,09	5,06	6,46	8,63	10,65	14,39	19,31	18,68	15,76	11,85	7,54	4,05
2011	2,73	1,83	4,85	8,65	11,14	14,8	18,94	18,52	16,23	10,99	8,35	3,86
2012	2,19	-0,27	4,4	7,95	11,13	16,9	19,42	20,13	15,99	12,76	9,39	3,78
2013	2,95	1,46	6,51	8,13	10,65	13,38	18,22	18,25	15,72	14,45	6,88	2,94
2014	3,91	4,28	4,17	7,99	11,05	15,06	18,29	19,06	18,05	12,84	9,67	3,81
2015	1,93	2,03	5,17	7,75	12,08	15,1	18,59	19,64	16,36	12,84	7,35	3,6

Annexes

2016	4	4,8	4,9	8,6	11,4	15,2	18,3	17,8	15,8	13,7	8,2	4,7
2017	1,1	4,4	5,9	7,9	12,5	16,9	19,7	20,3	15,8	11	6,7	2,8
2018	4,1	2,4	6,4	8,6	10,5	14,9	19,9	18	17,2	11,5	7,5	4,2
2019	1,4	2,1	4,9	7,2	8,8	18	20,2	20,6	16,3	12,1	6,4	5,7
2020	2,9	4,9	5,4	8,9	12,9	15,2	18,8	20	15,4	10,3	9	4,1
2021	4,1	6,3	4,9	8,4	12,3	17,3	20,3	21,4	18,9	11	7,2	3,8
1958	2,54	4,25	5,34	6,24	11,52	15,48	17,28	18,46	16,32	12,17	7,53	5,94

Annexes

Température MIN Hiliopolise												
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**
1958	4,22	5,95	6,58	7,53	13,02	16,13	17,68	18,95	18,24	14,02	9,65	7,82
1959	4,58	5,1	8,37	8,9	12,8	15,41	17,66	19,11	19,56	12,78	8,77	5,77
1960	3,57	5,87	7,36	7,98	12,28	16,25	17,63	19,07	15,95	13,12	9,85	4,49
1961	3,91	4,97	5,17	9,94	12,93	15,53	18,21	17,29	17,84	12,62	10,47	6,39
1962	5,49	3,34	6,49	8,58	12,44	13,94	17,81	17,93	17,61	13,55	7,64	4,39
1963	4,44	4,17	5,16	8,46	10,3	14,23	18,64	18,97	17,31	11,18	9,96	7,6
1964	3,84	5,99	7,76	8,03	12,76	15,75	17,85	18,38	17,23	12,13	9,73	4,82
1965	4,17	2,65	6,06	6,82	11,34	14,31	19,34	17,48	16,22	15,08	10,44	6,72
1966	6,45	7,15	4,63	9,11	11,37	15,28	17,38	18,18	16,51	13,59	7,71	4,74
1967	2,95	5,12	5,72	7,66	12,22	13,5	17,57	19,17	16,64	13,53	10,47	4,23
1968	3,84	5,59	5,84	8,99	12,37	13,95	18,21	17,98	16,59	12,05	9,72	6,29
1969	4,5	4,39	7	8,34	12,85	13,44	15,9	17,82	16,44	12,64	9,49	3,77
1970	5,6	4,46	4,99	6,83	10,19	15,1	16,9	19,21	17,87	11,89	8,07	5,19
1971	4,29	3,9	4,1	9,46	11,89	13,82	17,6	19,98	16,97	11,8	6,79	4,43
1972	3,68	5,55	6,71	6,83	9,44	14,34	16,53	16,57	16,05	11,72	9,2	4,72
1973	4,36	3,28	4,21	6,88	12,82	15,86	18,55	17,89	17,64	12,73	8,16	5,47
1974	5,14	4,76	6,61	7,06	12,08	14,94	16,08	16,72	16,95	10,33	7,45	4,43
1975	4,24	4,44	4,9	7,19	10,73	13,42	17,36	17,51	17,9	11,1	7,86	5,12
1976	3,31	4,07	4,29	7,02	11,46	13,24	16,97	17,23	15,98	12,07	7,26	5,9
1977	5,7	6,32	6,43	8,08	11,85	13,71	18,25	17,36	15,04	13,55	9,74	5,52
1978	2,8	6,39	6	7,66	11,19	14,34	16,43	17,44	16,03	10,45	6,95	6,97
1979	6,71	6,33	5,77	6,32	10,42	15,04	17,45	17,98	15,77	13,26	7,22	5,32
1980	3,64	5,12	5,42	6,52	9,98	13,59	14,73	17,68	16,75	11,05	9,09	3,07
1981	2,85	3,69	7,58	9,5	11,93	14,49	16,38	16,6	17,34	13,43	7,55	6,97
1982	5,55	4,89	5,3	7,41	11,5	16,41	19,53	18,6	17,69	12,99	9,46	4,57
1983	3,1	3,42	5,6	8,66	12,05	14,88	18,45	19,17	17,52	12,94	10,91	5,35

Annexes

1984	3,94	3,45	4,9	7,92	10,81	14,09	17,4	17,73	15,94	11,47	9,92	5,32
1985	3,38	7,02	4,82	9,22	11,32	15,65	18,21	17,88	16,79	12,43	10,68	5,35
1986	4,42	4,93	6,06	8,38	13,2	14,64	17,43	19,46	17,61	14,76	9,59	4,77
1987	3,67	5,62	4,91	8,48	10,77	15,25	19,18	19,43	18,44	14,45	9,23	6,84
1988	5,46	4,22	6,01	8,72	13,38	15,86	18,91	19,22	16,39	14,7	9,91	4,27
1989	2,58	3,79	6,7	8,46	11,98	14,13	18,45	19,78	18,42	12,66	9,92	7,93
1990	4,81	6,53	6,45	8,35	12,75	16,04	17,7	18,33	19,52	15,12	10,02	4,04
1991	3,75	4,41	7,84	6,42	8,72	13,86	17,13	18,43	18,87	13,27	7,97	3,92
1992	1,91	3,82	5,93	7,12	10,99	13,8	16,51	18,25	17,85	12,64	9,7	5
1993	2,84	3,16	4,18	7,77	12,4	15,51	18,2	18,83	17,44	14,04	9,35	5,81
1994	5,71	5,71	6,39	7,33	13,3	15,49	19,15	20,97	19,23	13,88	10,59	5,69
1995	3,27	6,29	5,02	7,14	12,68	15,61	18,32	18,94	16,73	12,9	9,59	7,7
1996	6,11	4,35	6,57	8,26	11,74	14,21	17,12	19,33	15,97	11,49	9,65	6,92
1997	6,56	5,15	5,24	7,67	13,46	17,62	18,43	19,11	17,78	13,95	10,12	6,49
1998	4,13	5,24	4,53	9,21	12,03	16,51	18,14	18,44	18,15	11,21	7,57	3,49
1999	4,04	2,89	5,38	8,34	14,86	16,96	18,55	21,21	19,09	15,33	9,3	5,04
2000	1,22	4,43	6,67	9,88	14,62	15,64	19,03	19,06	17,69	12,82	10,09	6,39
2001	5,72	4,44	8,64	8,29	12,52	16,52	18,9	19,28	18,42	15,64	9,72	4,21
2002	2,93	4,72	7,16	8,96	12,44	16,64	18,93	19,01	17,41	13,58	10,72	6,89
2003	4,89	3,89	6,04	9,42	12,49	17,6	20,8	20,75	18,11	15,59	9,87	4,79
2004	4,4	5,32	6,58	8,51	11,06	14,81	18,31	19,96	17,36	15,03	8,24	6,06
2005	1,91	2,62	6,27	9,35	13,77	16,87	19,64	18,82	17,47	14,62	9,62	4,62
2006	3,21	4,02	6,8	10,64	14,05	16,04	19,52	18,35	17,25	15,14	10,43	6,05
2007	5,28	6,39	5,74	9,06	13,07	16,18	18,13	19,17	17,95	13,55	8,73	5,44
2008	4,82	4,75	6,17	10,3	14,04	15,61	20,16	19,76	18,54	13,98	9,19	5,27
2009	5,48	3,92	6,39	8,63	13,23	16,32	20,54	20,65	17,69	13,2	9,8	7,94
2010	5,97	6,9	7,79	9,89	12,37	15,09	19,83	19,3	17,86	13,89	9,87	6,08
2011	4,56	3,63	5,93	9,88	12,64	15,44	19,29	18,94	18,3	12,85	10,5	5,88
2012	3,98	1,54	5,59	9,24	12,67	17,43	19,81	20,64	18,07	14,63	11,59	5,81
2013	4,78	3,2	7,75	9,34	12,35	14,04	18,66	18,82	17,87	16,37	9,12	4,85

Annexes

2014	5,55	6,02	5,42	9,22	12,59	15,71	18,76	19,56	20,07	14,75	11,84	5,77
2015	3,76	3,8	6,47	8,94	13,7	15,76	18,91	20,19	18,41	14,75	9,61	5,48
2016	5,7	6,5	6,1	9,8	13	15,9	18,7	18,4	17,9	15,5	10,5	6,5
2017	2,8	6	7	9,1	14,1	17,5	20,1	20,8	17,9	12,9	8,9	4,7
2018	5,8	4,2	7,7	9,7	12	15,6	20,2	18,6	19,1	13,4	9,8	6
2019	3,4	3,8	6	8,3	10,4	18,5	20,5	20,9	18,1	14	8,7	7,6
2020	4,6	6,6	6,7	10,2	14,6	16	19,3	20,4	17,3	12,1	11,4	5,9
2021	5,7	7,7	6,2	9,6	13,8	17,9	20,7	21,6	20,8	12,9	9,4	5,5

Annexes

Température MIN Hammam Debegh												
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**
1958	2,55	4,09	5,02	5,96	11,18	15	16,85	18,07	16,12	11,99	7,5	5,88
1959	2,95	3,13	6,86	7,3	10,94	14,26	16,88	18,16	17,42	10,79	6,63	3,84
1960	1,89	3,96	5,82	6,42	10,44	15,16	16,81	18,17	13,82	11,09	7,72	2,58
1961	2,19	3,14	3,68	8,42	11,15	14,4	17,41	16,37	15,82	10,59	8,33	4,47
1962	3,78	1,42	4,98	7,02	10,58	12,8	17,02	17,03	15,46	11,52	5,46	2,44
1963	2,83	2,29	3,62	6,92	8,44	13,08	17,79	18,07	15,15	9,15	7,77	5,7
1964	2,14	4,09	6,22	6,46	10,88	14,54	17,01	17,4	15,16	10,09	7,49	2,88
1965	2,48	0,75	4,51	5,29	9,48	13,2	18,58	16,56	14,05	13,09	8,3	4,78
1966	4,79	5,3	3,05	7,56	9,51	14,1	16,55	17,27	14,36	11,52	5,5	2,77
1967	1,28	3,23	4,22	6,08	10,38	12,34	16,75	18,27	14,52	11,55	8,33	2,28
1968	2,14	3,69	4,32	7,48	10,47	12,74	17,42	17,06	14,41	10,03	7,56	4,34
1969	2,85	2,49	5,48	6,82	10,98	12,29	15,05	16,9	14,25	10,56	7,3	1,84
1970	3,95	2,52	3,48	5,26	8,33	13,93	16,07	18,33	15,71	9,82	5,9	3,21
1971	2,58	1,92	2,58	7,92	10,01	12,6	16,75	19,1	14,82	9,79	4,6	2,54
1972	2,05	3,69	5,18	5,26	7,58	13,2	15,71	15,63	13,87	9,69	7,06	2,77
1973	2,65	1,33	2,65	5,29	10,97	14,7	17,71	16,97	15,48	10,68	5,96	3,54
1974	3,44	2,83	5,05	5,49	10,24	13,8	15,25	15,83	14,82	8,29	5,32	2,44
1975	2,54	2,53	3,38	5,68	8,81	12,3	16,58	16,63	15,77	9,05	5,75	3,2
1976	1,58	2,19	2,78	5,52	9,57	12,1	16,11	16,33	13,88	9,99	5,06	4
1977	4,05	4,39	4,85	6,52	9,91	12,53	17,41	16,36	12,86	11,59	7,56	3,61
1978	1,11	4,55	4,48	6,09	9,28	13,2	15,62	16,5	13,82	8,38	4,79	5,05
1979	5,08	4,45	4,24	4,78	8,54	13,9	16,62	17,09	13,61	11,25	5,02	3,34
1980	1,95	3,19	3,88	4,98	8,14	12,47	13,88	16,77	14,62	8,98	6,99	1,14
1981	1,17	1,79	6,11	7,98	10,1	13,36	15,51	15,67	15,18	11,39	5,39	5,04
1982	3,87	2,99	3,78	5,83	9,68	15,24	18,72	17,67	15,52	10,88	7,26	2,64
1983	1,41	1,49	4,08	7,12	10,18	13,74	17,66	18,22	15,42	10,95	8,79	3,4

Annexes

1984	2,25	1,55	3,38	6,42	8,88	12,96	16,62	16,82	13,78	9,39	7,63	3,4
1985	1,67	5,1	3,28	7,69	9,44	14,57	17,42	16,99	14,62	10,45	8,55	3,41
1986	2,71	3,06	4,52	6,79	11,35	13,5	16,62	18,59	15,42	12,66	7,42	2,84
1987	1,95	3,69	3,45	7,03	8,94	14,16	18,42	18,53	16,28	12,41	7,09	4,91
1988	3,81	2,29	4,41	7,19	11,5	14,7	18,11	18,31	14,22	12,65	7,79	2,3
1989	0,91	1,9	5,18	6,88	10,14	13	17,62	18,89	16,28	10,65	7,77	6,07
1990	3,17	4,69	4,99	6,76	10,88	14,9	16,85	17,43	17,42	13,08	7,82	2,11
1991	2,04	2,49	6,28	4,89	6,84	12,7	16,32	17,53	16,72	11,19	5,79	1,97
1992	0,19	1,89	4,35	5,59	9,12	12,6	15,72	17,33	15,72	10,55	7,52	3,08
1993	1,14	1,23	2,68	6,15	10,54	14,4	17,38	17,93	15,28	11,95	7,18	3,84
1994	3,94	3,75	4,89	5,75	11,45	14,36	18,32	20,07	17,01	11,85	8,42	3,74
1995	1,55	4,39	3,48	5,52	10,84	14,47	17,45	17,96	14,51	10,89	7,49	5,8
1996	4,51	2,46	5,08	6,73	9,84	13,03	16,34	18,39	13,78	9,38	7,49	5
1997	4,98	3,25	3,72	6,15	11,71	16,5	17,58	18,16	15,68	11,89	7,96	4,54
1998	2,51	3,46	3,05	7,65	10,2	15,34	17,38	17,58	16,04	9,08	5,42	1,5
1999	2,41	0,95	3,91	6,79	13,04	15,8	17,75	20,32	16,91	13,41	7,12	3,16
2000	-0,49	2,49	5,14	8,28	12,74	14,5	18,21	18,1	15,54	10,74	7,92	4,44
2001	3,98	2,48	7,12	6,74	10,59	15,45	18,07	18,36	16,28	13,55	7,48	2,2
2002	1,29	2,72	5,58	7,38	10,49	15,52	18,07	18,02	15,22	11,54	8,54	4,94
2003	3,14	1,99	4,52	7,88	10,6	16,45	19,98	19,83	15,91	13,48	7,66	2,84
2004	2,71	3,4	5,08	6,94	9,14	13,66	17,51	19,06	15,19	12,98	6,02	4,08
2005	0,15	0,69	4,78	7,84	11,94	15,76	18,83	17,88	15,28	12,55	7,42	2,64
2006	1,54	2,09	5,28	9,12	12,24	14,94	18,67	17,42	15,11	13,15	8,3	4,1
2007	3,6	4,49	4,18	7,53	11,15	15	17,35	18,23	15,71	11,51	6,52	3,45
2008	3,08	2,9	4,64	8,76	12,13	14,46	19,33	18,84	16,37	11,95	6,94	3,29
2009	3,77	1,99	4,79	7,02	11,4	15,2	19,77	19,7	15,48	11,1	7,59	5,95
2010	4,24	4,98	6,23	8,34	10,43	13,92	18,99	18,34	15,71	11,76	7,64	4,11
2011	2,8	1,65	4,46	8,33	10,86	14,3	18,51	18,09	16,13	10,81	8,36	3,86
2012	2,21	-0,41	4,08	7,68	10,8	16,36	19,01	19,71	15,87	12,61	9,4	3,82
2013	3,06	1,29	6,22	7,79	10,45	12,9	17,83	17,86	15,67	14,28	6,92	2,9

Annexes

2014	3,89	4,09	3,88	7,69	10,76	14,54	17,93	18,67	17,91	12,7	9,66	3,8
2015	2	1,83	4,91	7,39	11,8	14,6	18,12	19,23	16,22	12,68	7,38	3,56
2016	4,1	4,6	4,6	8,3	11,1	14,7	17,9	17,5	15,7	13,5	8,3	4,6
2017	1,1	4,2	5,6	7,6	12,2	16,4	19,3	19,9	15,7	10,8	6,8	2,8
2018	4,2	2,2	6,1	8,2	10,2	14,4	19,4	17,6	17	11,3	7,6	4,1
2019	1,6	1,9	4,5	6,8	8,5	17,6	19,8	20,1	16	12	6,5	5,7
2020	2,9	4,8	5,1	8,6	12,7	14,7	18,4	19,5	15,2	10	9,1	4,1
2021	4,1	6,1	4,7	8,1	12	16,9	20	20,9	18,8	10,8	7,2	3,7

Annexes

Température MIN Medjez Amar												
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**
1958	4,03	5,72	6,52	7,61	12,74	16,01	17,59	18,86	17,77	13,68	9,46	7,56
1959	4,42	4,79	8,34	8,95	12,52	15,29	17,61	18,98	19,07	12,46	8,59	5,52
1960	3,37	5,61	7,31	8,07	12,01	16,17	17,55	18,97	15,48	12,78	9,68	4,25
1961	3,68	4,75	5,16	10,06	12,69	15,41	18,15	17,17	17,44	12,28	10,29	6,15
1962	5,28	3,07	6,47	8,67	12,15	13,82	17,75	17,84	17,11	13,21	7,43	4,13
1963	4,31	3,93	5,11	8,56	10,02	14,09	18,53	18,87	16,81	10,84	9,74	7,38
1964	3,64	5,73	7,71	8,11	12,45	15,58	17,76	18,23	16,79	11,78	9,48	4,56
1965	3,97	2,4	6,01	6,93	11,05	14,21	19,3	17,38	15,72	14,76	10,25	6,46
1966	6,27	6,92	4,56	9,2	11,08	15,13	17,3	18,08	16,01	13,22	7,48	4,46
1967	2,76	4,86	5,7	7,74	11,94	13,36	17,48	19,07	16,17	13,22	10,29	3,95
1968	3,64	5,33	5,81	9,12	12,06	13,78	18,15	17,88	16,09	11,71	9,53	6,03
1969	4,33	4,13	6,98	8,46	12,56	13,32	15,8	17,71	15,93	12,26	9,27	3,52
1970	5,42	4,18	4,97	6,91	9,91	14,96	16,82	19,13	17,38	11,52	7,87	4,9
1971	4,08	3,59	4,08	9,57	11,59	13,64	17,5	19,89	16,48	11,47	6,57	4,2
1972	3,52	5,32	6,67	6,91	9,15	14,22	16,45	16,45	15,56	11,38	9,02	4,46
1973	4,14	2,98	4,15	6,95	12,54	15,72	18,46	17,77	17,15	12,38	7,94	5,22
1974	4,94	4,48	6,55	7,14	11,81	14,82	15,99	16,63	16,48	9,98	7,28	4,14
1975	4,04	4,17	4,88	7,32	10,4	13,31	17,31	17,43	17,44	10,75	7,71	4,88
1976	3,08	3,83	4,27	7,15	11,15	13,12	16,86	17,14	15,53	11,7	7,04	5,68
1977	5,53	6,05	6,36	8,17	11,51	13,56	18,16	17,2	14,53	13,25	9,53	5,28
1978	2,61	6,18	5,98	7,74	10,87	14,22	16,35	17,31	15,5	10,09	6,77	6,72
1979	6,56	6,1	5,74	6,43	10,12	14,92	17,36	17,9	15,28	12,94	7,01	5,04
1980	3,44	4,85	5,38	6,63	9,71	13,48	14,63	17,58	16,28	10,69	8,95	2,82
1981	2,66	3,43	7,59	9,63	11,67	14,38	16,28	16,49	16,85	13,08	7,37	6,72
1982	5,37	4,63	5,28	7,49	11,24	16,26	19,45	18,49	17,19	12,6	9,24	4,32
1983	2,91	3,15	5,58	8,77	11,76	14,75	18,38	19,05	17,06	12,63	10,75	5,1

Annexes

1984	3,74	3,2	4,88	8,06	10,48	13,98	17,34	17,64	15,45	11,1	9,64	5,08
1985	3,18	6,75	4,79	9,33	11,02	15,57	18,15	17,8	16,29	12,13	10,52	5,1
1986	4,21	4,7	6,01	8,45	12,92	14,52	17,35	19,39	17,09	14,37	9,4	4,52
1987	3,45	5,35	4,93	8,64	10,5	15,17	19,13	19,34	17,95	14,11	9,06	6,59
1988	5,29	3,95	5,94	8,83	13,09	15,73	18,85	19,11	15,89	14,35	9,75	4
1989	2,4	3,53	6,68	8,54	11,71	14,01	18,36	19,7	17,94	12,34	9,73	7,73
1990	4,66	6,31	6,46	8,42	12,46	15,92	17,6	18,24	19,06	14,78	9,81	3,79
1991	3,55	4,14	7,79	6,53	8,42	13,72	17,05	18,34	18,38	12,9	7,77	3,66
1992	1,68	3,55	5,86	7,23	10,69	13,64	16,45	18,14	17,38	12,26	9,5	4,75
1993	2,64	2,88	4,17	7,82	12,12	15,41	18,12	18,74	16,95	13,67	9,17	5,53
1994	5,46	5,42	6,37	7,41	13,02	15,38	19,06	20,87	18,7	13,54	10,4	5,43
1995	3,05	6,03	4,99	7,19	12,41	15,49	18,2	18,79	16,2	12,57	9,45	7,48
1996	5,98	4,1	6,56	8,37	11,43	14,06	17,08	19,22	15,46	11,1	9,46	6,68
1997	6,44	4,9	5,21	7,79	13,24	17,51	18,33	18,98	17,33	13,59	9,93	6,23
1998	3,98	5,06	4,53	9,3	11,77	16,36	18,1	18,39	17,7	10,81	7,39	3,21
1999	3,89	2,61	5,39	8,44	14,61	16,83	18,48	21,13	18,59	15,08	9,1	4,84
2000	1,01	4,14	6,64	9,95	14,32	15,52	18,95	18,92	17,21	12,46	9,9	6,13
2001	5,49	4,15	8,61	8,4	12,2	16,45	18,82	19,18	17,94	15,26	9,49	3,91
2002	2,76	4,4	7,1	9,04	12,11	16,54	18,83	18,86	16,89	13,25	10,53	6,63
2003	4,66	3,63	6,01	9,53	12,19	17,46	20,72	20,64	17,6	15,2	9,65	4,53
2004	4,21	5,05	6,57	8,6	10,74	14,69	18,25	19,87	16,86	14,68	8,02	5,77
2005	1,66	2,35	6,26	9,49	13,5	16,77	19,58	18,71	16,96	14,26	9,41	4,34
2006	3,03	3,75	6,78	10,76	13,8	15,94	19,43	18,24	16,78	14,83	10,26	5,8
2007	5,1	6,13	5,69	9,17	12,76	16,03	18,08	19,05	17,41	13,21	8,54	5,17
2008	4,61	4,52	6,15	10,43	13,73	15,49	20,09	19,67	18,05	13,65	8,96	5
2009	5,28	3,65	6,33	8,71	12,97	16,21	20,5	20,55	17,19	12,83	9,61	7,67
2010	5,75	6,64	7,75	10	12,07	14,96	19,76	19,19	17,41	13,51	9,65	5,83
2011	4,33	3,33	5,93	9,97	12,42	15,32	19,24	18,89	17,82	12,51	10,32	5,58
2012	3,73	1,25	5,57	9,34	12,39	17,36	19,75	20,51	17,56	14,31	11,38	5,53
2013	4,58	2,94	7,72	9,44	12,06	13,92	18,59	18,69	17,36	16	8,91	4,6

Annexes

2014	5,37	5,75	5,39	9,33	12,34	15,56	18,69	19,47	19,58	14,41	11,64	5,5
2015	3,52	3,49	6,42	9,04	13,4	15,63	18,85	20,06	17,9	14,39	9,38	5,25
2016	5,5	6,3	6,1	9,9	12,7	15,8	18,6	18,3	17,4	15,2	10,3	6,3
2017	2,6	5,8	7	9,2	13,8	17,4	20	20,7	17,4	12,5	8,7	4,5
2018	5,7	3,9	7,6	9,9	11,7	15,4	20,2	18,5	18,6	13	9,5	5,8
2019	3,1	3,5	6	8,4	10	18,6	20,6	20,9	17,7	13,6	8,5	7,3
2020	4,4	6,3	6,7	10,3	14,3	15,8	19,1	20,3	16,9	11,7	11,1	5,8
2021	5,6	7,6	6,2	9,8	13,6	18	20,7	21,7	20,4	12,5	9,2	5,4

Annexes

Température MIN Tamelouka												
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**
1958	1,73	3,49	4,7	5,71	11,24	15,24	17,01	18,25	15,91	11,76	6,8	4,88
1959	2,11	2,51	6,49	7,02	11,01	14,55	17,1	18,33	17,17	10,56	5,96	2,84
1960	1,01	3,38	5,47	6,2	10,51	15,48	16,98	18,37	13,59	10,87	7,02	1,56
1961	1,33	2,55	3,43	8,21	11,3	14,69	17,58	16,53	15,56	10,38	7,66	3,4
1962	2,92	0,73	4,68	6,82	10,69	13,08	17,21	17,26	15,21	11,28	4,75	1,43
1963	2,07	1,71	3,3	6,7	8,55	13,3	17,91	18,23	14,84	8,98	7,07	4,72
1964	1,31	3,45	5,9	6,22	10,95	14,82	17,19	17,57	14,91	9,89	6,73	1,88
1965	1,61	0,19	4,2	5,1	9,51	13,46	18,77	16,75	13,82	12,84	7,54	3,75
1966	3,92	4,7	2,7	7,32	9,51	14,4	16,73	17,48	14,14	11,3	4,81	1,72
1967	0,39	2,61	3,89	5,9	10,44	12,6	16,89	18,45	14,29	11,37	7,64	1,22
1968	1,24	3,08	4,01	7,29	10,51	12,99	17,59	17,25	14,19	9,82	6,83	3,34
1969	2,03	1,89	5,18	6,59	11,05	12,56	15,19	17,03	13,99	10,3	6,59	0,84
1970	3,09	1,88	3,19	5,05	8,4	14,16	16,28	18,54	15,47	9,6	5,2	2,2
1971	1,69	1,28	2,3	7,72	10,01	12,9	16,91	19,23	14,59	9,59	3,87	1,55
1972	1,17	3,05	4,86	5,01	7,66	13,46	15,89	15,85	13,69	9,48	6,34	1,74
1973	1,81	0,69	2,28	5,12	11,01	14,99	17,93	17,17	15,28	10,5	5,27	2,52
1974	2,6	2,18	4,69	5,3	10,35	14,09	15,43	16,01	14,57	8,1	4,6	1,46
1975	1,67	1,9	3,08	5,49	8,86	12,58	16,79	16,81	15,54	8,9	5,14	2,26
1976	0,69	1,59	2,48	5,29	9,61	12,39	16,31	16,53	13,67	9,82	4,34	3,02
1977	3,22	3,82	4,54	6,32	9,97	12,78	17,61	16,58	12,68	11,38	6,88	2,72
1978	0,31	3,95	4,17	5,92	9,37	13,48	15,81	16,69	13,61	8,2	4,16	4,08
1979	4,33	3,88	4,01	4,57	8,66	14,17	16,84	17,32	13,4	11,1	4,37	2,38
1980	1,11	2,62	3,61	4,79	8,24	12,8	14,15	16,97	14,43	8,8	6,36	0,18
1981	0,37	1,22	5,9	7,82	10,23	13,69	15,75	15,87	14,98	11,2	4,8	4,07
1982	3,07	2,38	3,52	5,66	9,74	15,52	18,91	17,9	15,31	10,71	6,56	1,62

Annexes

1983	0,6	0,92	3,82	6,92	10,27	14,02	17,84	18,43	15,19	10,79	8,14	2,46
1984	1,46	0,99	3,09	6,32	9,01	13,29	16,81	17,05	13,63	9,22	6,9	2,46
1985	0,88	4,52	3,04	7,52	9,57	14,88	17,63	17,27	14,39	10,29	7,94	2,52
1986	1,91	2,51	4,22	6,62	11,47	13,81	16,83	18,83	15,22	12,44	6,73	1,86
1987	1,11	3,1	3,22	6,9	9,06	14,5	18,59	18,77	16,1	12,25	6,43	4
1988	3,01	1,72	4,11	7,04	11,67	14,96	18,29	18,49	14,01	12,5	7,16	1,38
1989	0,14	1,34	4,9	6,74	10,24	13,3	17,85	19,15	16,09	10,52	7,15	5,16
1990	2,47	4,08	4,72	6,56	10,96	15,21	17,01	17,65	17,19	12,82	7,16	1,16
1991	1,19	1,88	6	4,72	6,94	12,99	16,55	17,76	16,49	11,04	5,17	1,08
1992	-0,65	1,29	4,06	5,41	9,18	12,86	15,92	17,57	15,52	10,39	6,85	2,08
1993	0,32	0,66	2,42	5,94	10,66	14,7	17,61	18,17	15,09	11,85	6,58	2,88
1994	3,13	3,16	4,65	5,61	11,57	14,68	18,56	20,26	16,79	11,7	7,77	2,74
1995	0,74	3,79	3,27	5,35	10,96	14,82	17,61	18,13	14,3	10,76	6,83	4,84
1996	3,71	1,92	4,79	6,56	9,95	13,29	16,58	18,63	13,6	9,2	6,84	4
1997	4,17	2,69	3,43	6,03	11,82	16,8	17,81	18,37	15,49	11,76	7,25	3,56
1998	1,72	2,89	2,85	7,51	10,36	15,63	17,59	17,8	15,85	8,94	4,74	0,58
1999	1,64	0,39	3,72	6,63	13,11	16,08	17,87	20,51	16,69	13,23	6,47	2,28
2000	-1,22	1,87	4,86	8,12	12,85	14,79	18,38	18,29	15,34	10,56	7,22	3,44
2001	3,02	1,82	6,82	6,59	10,69	15,68	18,24	18,54	16,05	13,35	6,84	1,23
2002	0,39	2	5,34	7,22	10,48	15,81	18,28	18,26	15,02	11,36	7,92	3,94
2003	2,36	1,36	4,17	7,7	10,73	16,72	20,16	20,09	15,67	13,29	6,93	1,84
2004	1,91	2,83	4,78	6,78	9,26	13,91	17,68	19,23	14,89	12,78	5,41	3,08
2005	-0,6	0,04	4,41	7,65	12,04	15,99	18,94	18,15	15,08	12,33	6,73	1,65
2006	0,66	1,46	4,99	8,89	12,26	15,14	18,79	17,57	14,8	13,03	7,51	3,17
2007	2,74	3,86	3,89	7,31	11,2	15,31	17,43	18,42	15,44	11,25	5,95	2,38
2008	2,27	2,31	4,33	8,55	12,13	14,76	19,4	19,04	16,12	11,78	6,3	2,28
2009	3,01	1,38	4,53	6,81	11,43	15,43	19,93	19,8	15,2	10,83	6,79	4,79
2010	3,21	4,25	5,89	8,16	10,59	14,22	19,15	18,6	15,56	11,57	6,91	3,1
2011	1,99	1,12	4,19	8,12	10,94	14,61	18,68	18,33	15,92	10,7	7,61	2,94
2012	1,48	-0,96	3,82	7,46	10,94	16,69	19,21	19,89	15,64	12,47	8,69	2,85

Annexes

2013	2,24	0,66	5,85	7,67	10,48	13,16	18,06	18,09	15,39	14,04	6,2	1,95
2014	3,1	3,5	3,62	7,46	10,89	14,8	18,1	18,86	17,64	12,48	8,95	2,85
2015	1,23	1,26	4,54	7,28	11,93	14,92	18,37	19,51	16,02	12,45	6,77	2,65
2016	3,2	4,1	4,4	8,2	11,2	15	18,1	17,7	15,5	13,3	7,6	3,7
2017	0,3	3,6	5,3	7,5	12,3	16,7	19,5	20,1	15,5	10,6	6	1,9
2018	3,4	1,6	5,8	8,1	10,2	14,7	19,7	17,8	16,8	11,1	6,9	3,2
2019	0,5	1,2	4,2	6,8	8,3	18,3	20	20,3	16,1	11,7	5,6	4,6
2020	2,2	4,4	4,6	8,5	12,8	14,8	18,3	19,8	15,1	10,1	8,4	3,1
2021	3,4	5,6	4,3	8,2	12,4	17,9	20,3	21,5	18,7	10,4	6,3	2,9

Annexes

Température MIN Machroha												
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**
1958	1,15	2,98	3,98	4,58	9,34	12,86	14,62	15,77	14,42	11,47	6,5	4,54
1959	1,49	2,25	5,64	5,94	9,21	12,24	14,56	16	15,77	10,13	5,61	2,5
1960	0,58	3,07	4,78	5,02	8,74	12,98	14,53	15,88	12,26	10,57	6,7	1,21
1961	0,94	1,93	2,53	6,92	9,25	12,28	15,12	14,13	13,87	10,05	7,34	3,09
1962	2,47	0,44	3,88	5,64	8,85	10,76	14,71	14,8	13,85	10,93	4,56	1,17
1963	1,44	1,24	2,57	5,46	6,77	10,96	15,51	15,81	13,56	8,66	6,88	4,34
1964	0,85	3,05	5,16	5,06	9,14	12,66	14,8	15,29	13,36	9,63	6,65	1,57
1965	1,09	6,17	3,45	3,92	7,75	11,08	16,26	14,39	12,56	12,44	7,22	3,46
1966	3,43	4,21	2,07	6,16	7,69	12,12	14,37	15,06	12,77	11,04	4,61	1,51
1967	6,22	2,16	3,07	4,84	8,57	10,28	14,43	16	12,86	10,85	7,29	0,93
1968	0,86	2,65	3,16	5,94	8,85	10,87	15,11	14,89	12,96	9,47	6,6	3,07
1969	1,44	1,53	4,45	5,34	9,3	10,28	12,84	14,65	12,78	10,06	6,38	0,5
1970	2,51	1,62	2,37	3,96	6,57	11,91	13,91	16,09	14,16	9,35	4,97	1,99
1971	1,28	1,09	1,55	6,5	8,27	10,78	14,54	16,71	13,28	9,17	3,7	1,1
1972	0,58	2,56	4,08	3,88	5,87	11,18	13,52	13,52	12,52	9,15	6,02	1,49
1973	1,38	0,44	1,61	4,06	9,21	12,68	15,58	14,75	13,96	10,24	5,1	2,2
1974	2,16	1,87	3,99	4,22	8,57	11,76	13,03	13,55	13,24	7,85	4,28	1,29
1975	1,26	1,54	2,35	4,22	7,23	10,26	14,28	14,39	14,17	8,65	4,78	1,95
1976	0,36	1,12	1,67	3,98	7,87	10,09	13,97	14,19	12,25	9,68	4,2	2,66
1977	2,66	3,51	3,93	5,18	8,37	10,59	15,23	14,4	11,42	10,79	6,61	2,26
1978	6,22	3,5	3,45	4,82	7,75	11,16	13,4	14,31	12,44	7,96	3,97	3,77
1979	3,73	3,5	3,27	3,46	6,93	11,87	14,41	14,9	12,12	10,75	4,26	2,25
1980	0,66	2,3	2,88	3,63	6,43	10,47	11,82	14,6	13,06	8,62	6,01	6,23

Annexes

1981	6,24	0,81	5,03	6,62	8,41	11,35	13,48	13,57	13,69	10,93	4,56	3,76
1982	2,66	2,01	2,74	4,6	7,85	13,28	16,5	15,57	14,06	10,63	6,4	1,37
1983	0,16	0,61	3,05	5,72	8,53	11,66	15,25	16,17	13,76	10,42	7,79	2,25
1984	0,97	0,6	2,36	5,08	7,43	10,96	14,26	14,69	12,34	9,03	6,98	2,15
1985	0,53	4,21	2,33	6,34	7,83	12,44	15,13	14,8	13,1	9,85	7,65	2,25
1986	1,54	2,1	3,47	5,58	9,65	11,47	14,4	16,33	13,97	12,23	6,5	1,57
1987	0,74	2,81	2,31	5,41	7,13	12,02	16	16,35	14,76	12,02	6,18	3,68
1988	2,47	1,44	3,57	5,84	10	12,73	15,81	16,09	12,74	12,23	6,86	1,16
1989	655	0,93	4,15	5,64	8,43	10,92	15,43	16,69	14,75	10,13	6,77	4,66
1990	1,83	3,54	3,76	5,46	9,22	12,84	14,65	15,23	15,72	12,58	6,99	0,86
1991	0,84	1,55	5,35	3,56	5,23	10,7	14,06	15,31	15,18	10,9	4,99	0,86
1992	6,32	0,99	3,37	4,24	7,37	10,71	13,41	15,21	14,16	10,25	6,7	1,77
1993	6,22	0,31	1,63	4,94	8,85	12,28	15,17	15,72	13,84	11,69	6,38	2,67
1994	2,86	3,01	3,78	4,56	9,81	12,35	16,11	17,79	15,64	11,35	7,51	2,5
1995	0,36	3,44	2,55	4,3	9,11	12,46	15,31	15,93	13,18	10,32	6,47	4,47
1996	3,01	1,51	3,96	5,32	8,31	11,08	14,08	16,36	12,44	9,12	6,61	3,73
1997	3,44	2,34	2,61	4,76	9,73	14,48	15,48	16,03	14,04	11,5	6,99	3,33
1998	1,04	2,22	1,96	6,38	8,51	13,39	15,03	15,31	14,46	8,87	4,48	0,45
1999	1,06	0,11	2,81	5,47	11,3	13,86	15,42	18,07	15,46	12,71	6,28	1,87
2000	6,72	1,56	4,15	7,1	11,13	12,48	15,93	15,95	14,05	10,42	7,02	3,2
2001	2,86	1,66	6,05	5,44	9,14	13,18	15,9	16,18	14,74	13,24	6,86	1,19
2002	6,18	1,96	4,73	6,12	9,09	13,46	16	16,11	13,79	11,11	7,74	3,7
2003	2,07	1	3,41	6,52	9,01	14,38	17,78	17,65	14,54	13,22	6,9	1,6
2004	1,52	2,52	4,03	5,68	7,65	11,66	15,2	16,87	13,64	12,53	5,3	2,93
2005	6,44	6,2	3,61	6,44	10,13	13,66	16,62	15,81	13,94	12,22	6,64	1,55
2006	0,24	1,24	4,25	7,69	10,42	12,75	16,52	15,31	13,55	12,63	7,28	2,94
2007	2,37	3,54	3,29	6,12	9,65	13,08	15	16,17	14,39	11,11	5,9	2,37
2008	2,04	1,84	3,73	7,53	10,57	12,51	17,21	16,77	14,94	11,53	6,34	2,18
2009	2,66	1,16	3,99	5,94	9,65	13,16	17,4	17,71	14,15	10,85	6,88	4,9
2010	3,08	4,1	5,33	7,06	9,11	12,06	16,88	16,39	14,37	11,6	7	3,07

Annexes

2011	1,76	0,94	3,25	6,93	9,04	12,27	16,2	15,8	14,75	10,42	7,4	2,88
2012	1,2	6,15	2,98	6,38	9,22	14,18	16,73	17,51	14,56	12,17	8,58	2,78
2013	1,96	0,41	5,25	6,52	9	10,95	15,7	15,81	14,37	13,92	6,16	1,75
2014	2,54	3,21	2,93	6,32	9,11	12,57	15,79	16,47	16,4	12,34	8,78	2,68
2015	0,94	1,04	3,97	6,08	10,31	12,65	15,87	17,19	14,84	12,31	6,7	2,35
2016	2,7	3,6	3,5	7	9,6	12,7	15,7	15,3	14,2	13,1	7,5	3,3
2017	6,06	3,1	4,4	6,2	10,5	14,3	17,1	17,6	14,2	10,3	5,9	1,4
2018	2,8	1,4	5,2	6,8	8,5	12,5	17,2	15,5	15,5	11	6,7	2,9
2019	0,1	0,7	3,4	5,4	6,5	15,3	17,3	17,9	14,6	11,4	5,5	4,3
2020	1,6	3,7	4	7,3	10,8	12,6	16	17,5	13,6	9,7	8,4	2,9
2021	2,9	4,8	3,5	6,7	10,4	15	17,7	18,8	17,1	10,1	6,5	2,5

Température MIN Hammam N'bail												
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**
1958	2,42	4,11	4,95	6,07	10,92	14,47	16,54	17,46	15,92	12,08	7,66	5,9
1959	2,8	3,29	6,67	7,46	10,79	13,83	16,55	17,65	17,23	10,8	6,79	3,82
1960	1,8	4,1	5,74	6,56	10,28	14,59	16,47	17,57	13,69	11,18	7,88	2,52
1961	2,18	3,05	3,55	8,48	10,83	13,87	17,06	15,78	15,39	10,68	8,55	4,42
1962	3,71	1,5	4,86	7,16	10,39	12,34	16,66	16,46	15,3	11,58	5,67	2,49
1963	2,72	2,32	3,54	6,99	8,29	12,55	17,46	17,47	15	9,28	8,04	5,7
1964	2,09	4,13	6,14	6,57	10,7	14,2	16,74	16,93	14,85	10,25	7,76	2,9
1965	2,34	0,89	4,44	5,45	9,29	12,66	18,24	16,04	13,97	13,1	8,39	4,8
1966	4,69	5,31	3,02	7,66	9,23	13,66	16,3	16,74	14,2	11,66	5,75	2,81
1967	1,13	3,24	4,06	6,33	10,12	11,85	16,38	17,67	14,32	11,53	8,49	2,24
1968	2,09	3,73	4,17	7,51	10,37	12,4	17,06	16,54	14,37	10,08	7,76	4,39
1969	2,71	2,59	5,42	6,88	10,86	11,84	14,75	16,28	14,18	10,67	7,54	1,82
1970	3,76	2,67	3,36	5,43	8,12	13,45	15,83	17,75	15,6	9,96	6,13	3,28
1971	2,51	2,09	2,52	8,05	9,8	12,3	16,45	18,4	14,7	9,81	4,84	2,44
1972	1,85	3,65	5,07	5,37	7,39	12,74	15,43	15,14	13,93	9,78	7,19	2,8

Annexes

1973	2,6	1,48	2,55	5,54	10,78	14,25	17,5	16,38	15,4	10,85	6,24	3,52
1974	3,39	2,91	4,95	5,73	10,14	13,34	14,94	15,19	14,69	8,45	5,48	2,57
1975	2,49	2,6	3,32	5,77	8,74	11,83	16,25	16,05	15,62	9,24	5,96	3,27
1976	1,58	2,22	2,66	5,51	9,4	11,64	15,85	15,82	13,71	10,29	5,34	4
1977	3,91	4,57	4,88	6,66	9,85	12,12	17,14	15,99	12,84	11,46	7,77	3,61
1978	1,09	4,6	4,42	6,33	9,24	12,74	15,33	15,95	13,85	8,56	5,11	5,08
1979	5	4,58	4,22	4,95	8,46	13,44	16,34	16,55	13,56	11,37	5,4	3,53
1980	1,89	3,37	3,83	5,15	7,98	12,02	13,71	16,24	14,49	9,22	7,17	1,18
1981	1,12	1,89	6,03	8,14	9,97	12,92	15,38	15,2	15,1	11,55	5,71	5,08
1982	3,88	3,09	3,72	6,1	9,41	14,82	18,43	17,2	15,47	11,2	7,54	2,68
1983	1,39	1,67	4,02	7,25	10,06	13,24	17,21	17,8	15,21	11,06	8,98	3,55
1984	2,19	1,69	3,32	6,62	8,91	12,52	16,19	16,32	13,76	9,63	8,07	3,47
1985	1,76	5,27	3,29	7,85	9,36	14,05	17,06	16,45	14,51	10,49	8,83	3,55
1986	2,76	3,18	4,44	7,04	11,19	13,04	16,33	17,98	15,38	12,84	7,66	2,88
1987	1,97	3,87	3,33	6,99	8,71	13,65	17,98	17,96	16,2	12,57	7,34	4,98
1988	3,71	2,47	4,49	7,35	11,51	14,31	17,76	17,74	14,17	12,84	8,03	2,46
1989	0,88	1,99	5,12	7,13	9,98	12,47	17,34	18,35	16,19	10,77	7,96	6,02
1990	3,1	4,64	4,78	6,94	10,76	14,44	16,55	16,86	17,21	13,18	8,14	2,18
1991	2,06	2,6	6,3	5,05	6,76	12,25	15,97	16,96	16,6	11,49	6,12	2,15
1992	0,18	2,07	4,32	5,75	8,9	12,23	15,36	16,83	15,59	10,82	7,83	3,09
1993	1,09	1,37	2,61	6,41	10,39	13,86	17,13	17,36	15,26	12,28	7,51	3,96
1994	4,05	4,04	4,76	6,02	11,35	13,92	18,04	19,47	17,05	11,98	8,66	3,79
1995	1,57	4,49	3,49	5,75	10,68	14,03	17,22	17,52	14,55	10,97	7,67	5,8
1996	4,32	2,59	4,95	6,85	9,83	12,62	16,05	18	13,84	9,7	7,75	5,07
1997	4,75	3,39	3,57	6,28	11,35	16,03	17,41	17,65	15,51	12,12	8,16	4,65
1998	2,33	3,35	2,94	7,86	10,07	14,92	16,98	16,97	15,91	9,41	5,65	1,73
1999	2,3	1,17	3,83	6,96	12,87	15,41	17,37	19,75	16,87	13,39	7,43	3,19
2000	6,92	2,61	5,12	8,6	12,66	14,04	17,87	17,56	15,49	11,01	8,16	4,49
2001	4,04	2,68	7,03	6,95	10,63	14,81	17,83	17,84	16,19	13,82	7,97	2,44
2002	1,12	2,96	5,67	7,63	10,54	15,05	17,91	17,68	15,18	11,73	8,85	4,99

Annexes

2003	3,24	2,09	4,43	8,05	10,56	15,95	19,73	19,27	15,94	13,8	8,01	2,89
2004	2,75	3,57	5,01	7,16	9,14	13,23	17,16	18,53	15,08	13,15	6,41	4,23
2005	0,25	0,87	4,65	7,97	11,71	15,25	18,62	17,43	15,34	12,81	7,8	2,83
2006	1,48	2,27	5,22	9,24	12	14,36	18,44	16,93	14,99	13,26	8,45	4,25
2007	3,58	4,59	4,2	7,65	11,16	14,62	16,96	17,8	15,76	11,73	7,01	3,66
2008	3,25	2,91	4,68	9,03	12,07	14,03	19,13	18,42	16,36	12,13	7,41	3,46
2009	3,86	2,17	4,91	7,42	11,21	14,73	19,38	19,33	15,56	11,42	8,02	6,16
2010	4,27	5,16	6,29	8,55	10,61	13,6	18,82	18	15,83	12,19	8,1	4,34
2011	2,94	1,95	4,25	8,46	10,62	13,84	18,15	17,47	16,16	11,03	8,55	4,14
2012	2,35	6,14	3,96	7,86	10,75	15,78	18,66	19,15	15,94	12,76	9,7	4,05
2013	3,16	1,46	6,2	8,02	10,51	12,5	17,63	17,41	15,74	14,53	7,3	3,05
2014	3,79	4,27	3,89	7,85	10,66	14,12	17,73	18,13	17,86	12,93	9,93	3,96
2015	2,08	2,05	4,91	7,62	11,82	14,21	17,82	18,81	16,24	12,92	7,8	3,67
2016	4	4,7	4,5	8,5	11,1	14,3	17,6	17	15,6	13,7	8,6	4,7
2017	1	4,2	5,4	7,7	12,1	15,9	19	19,3	15,6	10,9	7	2,8
2018	4,1	2,5	6,1	8,3	10,1	14,1	19,1	17,2	16,9	11,6	7,9	4,2
2019	1,3	1,8	4,3	6,9	8,1	17,1	19,3	19,5	16,1	12	6,7	5,6
2020	2,9	4,9	5	8,8	12,5	14,2	18	19	15	10,3	9,5	4,2
2021	4,2	6	4,5	8,3	12,1	16,8	19,8	20,5	18,5	10,7	7,6	3,8

Température MIN Les Salines												
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**
1958	7,8	8,81	9,33	9,78	14,86	18,52	20,21	21,41	19,9	16,58	11,9	11,05
1959	8	8,18	11,03	11,17	14,66	17,82	20,11	21,68	21,27	15,21	11,07	9,06
1960	7,19	8,86	10,07	10,18	14,1	18,62	20,15	21,55	17,63	15,68	12,1	7,73
1961	7,53	7,78	7,77	12,05	14,64	17,95	20,74	19,91	19,43	15,17	12,73	9,59
1962	9,07	6,35	9,17	10,75	14,26	16,35	20,28	20,48	19,33	16,07	10,03	7,66
1963	7,85	7,12	7,87	10,68	12,23	16,65	21,23	21,54	19,03	13,75	12,27	10,73

Annexes

1964	7,34	9,01	10,44	10,31	14,66	18,28	20,38	21,01	18,86	14,67	12,2	8,06
1965	7,8	5,58	8,71	9,01	13,2	16,66	21,71	20,01	17,96	17,57	12,73	9,98
1966	9,87	10,04	7,37	11,34	13,32	17,85	19,81	20,65	18,23	16,17	10,1	8,12
1967	6,5	8,14	8,37	9,85	14,06	15,98	20,14	21,71	18,33	16,04	12,76	7,59
1968	7,44	8,58	8,53	11,18	14,27	16,48	20,74	20,49	18,31	14,57	12	9,56
1969	7,97	7,29	9,64	10,48	14,7	15,88	18,57	20,44	18,23	15,27	11,8	7,06
1970	9,2	7,48	7,67	9,04	12,13	17,58	19,44	21,71	19,61	14,47	10,36	8,52
1971	7,9	6,99	6,77	11,61	13,83	16,39	20,24	22,54	18,73	14,37	9,16	7,68
1972	7,23	8,52	9,46	9,11	11,36	16,78	19,07	19,18	17,71	14,24	11,53	7,99
1973	8,01	6,32	6,97	9,18	14,53	18,35	21,04	20,54	19,4	15,28	10,5	8,76
1974	8,74	7,79	9,34	9,31	13,77	17,32	18,64	19,31	18,63	12,9	9,7	7,76
1975	7,78	7,44	7,57	9,28	12,6	15,78	19,84	20,04	19,6	13,68	10,1	8,26
1976	6,94	7,04	7	9,21	13,39	15,72	19,61	19,74	17,63	14,58	9,63	9,06
1977	9,21	9,29	9,07	10,28	13,8	16,22	20,78	20,01	16,73	16,07	12,07	8,7
1978	6,38	9,22	8,67	9,88	13,1	16,78	18,94	20,01	17,77	13,05	9,21	10,16
1979	10,17	9,22	8,47	8,52	12,27	17,49	20,01	20,45	17,41	15,77	9,48	8,54
1980	7,18	8,09	8,14	8,69	11,8	16,02	17,32	20,21	18,44	13,55	11,3	6,26
1981	6,45	6,56	10,14	11,58	13,67	16,89	18,88	19,12	19,08	15,92	9,78	10,16
1982	9,11	7,82	7,91	9,55	13,3	18,85	22,04	21,09	19,43	15,54	11,83	7,79
1983	6,68	6,36	8,24	10,78	13,87	17,25	21,01	21,69	19,13	15,37	13,17	8,56
1984	7,45	6,39	7,54	9,95	12,7	16,46	19,91	20,25	17,61	14,04	12,3	8,46
1985	6,94	9,96	7,47	11,35	13,17	17,95	20,71	20,35	18,58	14,88	12,84	8,53
1986	7,98	7,82	8,77	10,68	15,06	17	19,94	22,01	19,4	17,34	11,9	7,96
1987	7,28	8,62	7,44	10,42	12,56	17,52	21,64	22,01	20,21	17,11	11,5	10,01
1988	9,01	7,19	8,75	10,88	15,17	18,26	21,44	21,74	18,1	17,21	12,05	7,53
1989	6,11	6,69	9,34	10,63	13,82	16,56	21,04	22,28	20,1	15,14	12,1	11,06
1990	8,24	9,39	9	10,55	14,6	18,42	20,31	20,94	21,04	17,71	12,31	7,2
1991	7,28	7,36	10,54	8,61	10,6	16,38	19,71	21,01	20,63	15,78	10,33	7,13
1992	5,51	6,78	8,67	9,32	12,89	16,39	19,04	20,87	19,53	15,22	12	8,19
1993	6,38	6,09	6,74	9,98	14,26	17,86	20,68	21,38	19,14	16,51	11,57	9,06

Annexes

1994	9,35	8,66	9,04	9,56	15,06	17,88	21,71	23,51	20,98	16,44	12,9	8,96
1995	6,88	9,22	7,64	9,48	14,46	18,02	20,94	21,61	18,51	15,37	11,8	10,86
1996	9,53	7,32	9,17	10,38	13,57	16,66	19,61	21,85	17,71	14,05	11,97	10,09
1997	9,94	8,12	7,97	9,85	15,16	19,96	20,98	21,71	19,4	16,48	12,4	9,66
1998	7,57	8,02	7,17	11,48	13,74	18,99	20,61	20,94	19,78	13,85	9,77	6,76
1999	7,51	5,89	7,94	10,55	16,57	19,33	21,04	23,68	20,84	17,64	11,6	8,17
2000	4,78	7,49	9,37	12,05	16,47	18,08	21,58	21,71	19,4	15,38	12,4	9,66
2001	9,4	7,52	11,27	10,46	14,5	18,91	21,47	21,84	20,07	18,28	12,05	7,54
2002	6,4	7,82	9,87	11,18	14,44	19,05	21,51	21,62	19,2	16,07	13,08	10,19
2003	8,45	6,79	8,6	11,58	14,36	20,08	23,31	23,38	19,81	18,12	12,24	8,06
2004	7,94	8,32	9,14	10,76	12,97	17,25	20,84	22,47	19,06	17,57	10,58	9,26
2005	5,55	5,59	8,84	11,48	15,56	19,28	22,11	21,36	19,21	17,17	11,88	7,87
2006	6,71	6,99	9,47	12,71	15,82	18,38	22,05	20,97	18,97	17,6	12,72	9,23
2007	8,81	9,32	8,48	11,18	15,07	18,68	20,63	21,74	19,75	15,96	11,09	8,68
2008	8,45	7,65	8,8	12,46	15,91	18,12	22,68	22,29	20,21	16,48	11,62	8,56
2009	9,02	6,92	9,16	10,87	15,07	18,69	23,01	23,23	19,45	15,79	12,15	11,21
2010	9,58	9,79	10,41	12,06	14,31	17,53	22,36	21,86	19,45	16,49	12,28	9,39
2011	8,18	6,69	8,5	12,02	14,34	17,88	21,8	21,44	19,98	15,35	12,73	9,21
2012	7,66	4,6	8,27	11,54	14,5	19,81	22,28	23,18	19,81	17,12	13,87	9,13
2013	8,38	6,15	10,43	11,49	14,2	16,39	21,19	21,36	19,56	18,97	11,43	8,07
2014	9,09	8,99	8,07	11,41	14,37	18,18	21,31	22,04	21,7	17,28	14,16	9,09
2015	7,48	6,79	9,17	11,11	15,54	18,19	21,37	22,75	20,11	17,27	11,98	8,75
2016	9,2	9,4	8,7	11,9	14,9	18,2	21,3	21	19,6	18,1	12,8	9,7
2017	6,3	9	9,6	11,2	15,9	19,9	22,7	23,3	19,6	15,4	11,2	7,8
2018	9,3	7,1	10,4	11,8	13,9	18	22,7	21,3	20,9	16	12,1	9,3
2019	7,2	7,2	9	10,5	12,8	19,6	22,4	23,3	19,8	16,8	11	10,6
2020	8,3	9,4	9,4	12	16,4	18,3	21,7	22,8	19,5	15	13,6	9,1
2021	8,9	9,8	9,1	11,4	15,1	19,8	22,6	23,3	21,9	15,7	11,6	8,8

Annexes

Température MIN Pont Bouchet												
Années	**Janv**	**Fev**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**Aout**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dec**
1958	7,58	8,79	9,47	9,94	15,46	18,98	20,57	21,89	20,84	16,76	11,77	10,83
1959	7,79	8,17	11,17	11,34	15,26	18,27	20,47	22,17	22,23	15,44	10,95	8,82
1960	6,92	8,85	10,18	10,34	14,67	19,08	20,54	22,06	18,56	15,86	11,97	7,46
1961	7,29	7,78	7,89	12,23	15,25	18,39	21,08	20,38	20,36	15,36	12,58	9,34
1962	8,87	6,3	9,28	10,93	14,86	16,79	20,66	20,97	20,26	16,26	9,87	7,42
1963	7,66	7,09	7,98	10,84	12,78	17,09	21,58	22	19,96	13,94	12,15	10,52
1964	7,16	8,98	10,57	10,45	15,26	18,7	20,75	21,48	19,78	14,86	12,06	7,83
1965	7,58	5,57	8,86	9,15	13,77	17,09	22,07	20,48	18,87	17,76	12,58	9,74
1966	9,68	10	7,48	11,47	13,88	18,28	20,17	21,16	19,16	16,36	9,96	7,85
1967	6,29	8,1	8,49	10,03	14,66	16,4	20,48	22,18	19,26	16,25	12,65	7,34
1968	7,19	8,57	8,67	11,34	14,86	16,9	21,08	20,97	19,24	14,76	11,87	9,32
1969	7,77	7,27	9,77	10,65	15,27	16,3	18,89	20,9	19,15	15,46	11,67	6,82
1970	8,98	7,41	7,78	9,17	12,68	18	19,78	22,18	20,54	14,66	10,19	8,25
1971	7,68	6,97	6,88	11,76	14,38	16,79	20,58	23	19,65	14,56	8,99	7,44
1972	7	8,49	9,58	9,25	11,9	17,2	19,39	19,66	18,64	14,45	11,38	7,74
1973	7,78	6,28	7,08	9,33	15,15	18,78	21,38	20,99	20,34	15,46	10,36	8,52
1974	8,49	7,77	9,47	9,45	14,36	17,78	18,98	19,78	19,55	13,07	9,57	7,52
1975	7,57	7,4	7,68	9,45	13,17	16,2	20,18	20,5	20,54	13,85	9,96	8,03
1976	6,69	7	7,09	9,36	13,97	16,11	19,96	20,2	18,56	14,76	9,47	8,83
1977	8,99	9,27	9,19	10,44	14,37	16,61	21,15	20,48	17,65	16,26	11,95	8,5
1978	6,17	9,19	8,78	10,04	13,67	17,2	19,28	20,48	18,72	13,24	9,06	9,93
1979	9,97	9,19	8,58	8,65	12,86	17,9	20,37	20,96	18,34	15,96	9,35	8,31
1980	6,97	8,07	8,27	8,84	12,37	16,41	17,66	20,68	19,35	13,75	11,17	6,03
1981	6,25	6,56	10,27	11,75	14,26	17,3	19,25	19,58	20,02	16,13	9,65	9,93
1982	8,88	7,79	8,06	9,73	13,88	19,29	22,38	21,57	20,35	15,74	11,67	7,54
1983	6,47	6,36	8,37	10,95	14,46	17,69	21,37	22,17	20,06	15,56	13,05	8,32
1984	7,26	6,37	7,67	10,13	13,27	16,89	20,27	20,7	18,54	14,24	12,16	8,23
1985	6,75	9,96	7,58	11,53	13,76	18,39	21,07	20,86	19,52	15,06	12,74	8,31

Annexes

1986	7,77	7,79	8,88	10,83	15,66	17,46	20,28	22,48	20,34	17,55	11,76	7,73
1987	7,07	8,58	7,57	10,63	13,16	17,98	21,99	22,48	21,14	17,26	11,36	9,8
1988	8,78	7,17	8,87	11,04	15,76	18,69	21,78	22,2	19,04	17,43	11,94	7,31
1989	5,88	6,67	9,47	10,81	14,38	16,99	21,38	22,77	21,04	15,34	12,03	10,83
1990	8,06	9,38	9,16	10,73	15,17	18,88	20,67	21,39	22,02	17,87	12,22	7
1991	7,07	7,36	10,67	8,75	11,17	16,8	20,07	21,48	21,55	15,96	10,17	6,91
1992	5,28	6,77	8,78	9,45	13,47	16,79	19,38	21,31	20,46	15,43	11,86	7,94
1993	6,17	6,07	6,87	10,14	14,86	18,29	21,05	21,87	20,05	16,73	11,45	8,82
1994	9,15	8,65	9,17	9,72	15,66	18,3	22,07	23,98	21,92	16,64	12,76	8,72
1995	6,67	9,19	7,77	9,63	15,06	18,47	21,28	22,08	19,44	15,56	11,67	10,63
1996	9,3	7,28	9,29	10,55	14,16	17,09	19,97	22,35	18,64	14,24	11,85	9,84
1997	9,76	8,08	8,08	10,03	15,76	20,39	21,35	22,18	20,34	16,66	12,27	9,43
1998	7,37	7,99	7,28	11,63	14,35	19,4	20,97	21,4	20,73	14,04	9,65	6,52
1999	7,28	5,87	8,07	10,73	17,16	19,78	21,39	24,17	21,75	17,85	11,46	7,93
2000	4,57	7,47	9,48	12,23	17,06	18,5	21,95	22,18	20,34	15,55	12,26	9,42
2001	9,12	7,48	11,39	10,63	15,06	19,32	21,79	22,3	21,03	18,45	11,93	7,3
2002	6,19	7,78	9,98	11,34	15,03	19,48	21,86	22,08	20,14	16,26	12,94	9,94
2003	8,25	6,77	8,76	11,74	14,95	20,5	23,67	23,86	20,74	18,33	12,07	7,82
2004	7,69	8,28	9,27	10,92	13,55	17,68	21,18	22,91	19,97	17,76	10,44	9,03
2005	5,35	5,57	8,97	11,64	16,16	19,7	22,47	21,85	20,14	17,35	11,75	7,62
2006	6,49	6,97	9,58	12,86	16,39	18,81	22,44	21,4	19,87	17,77	12,52	9,01
2007	8,58	9,29	8,58	11,35	15,64	19,1	20,93	22,19	20,71	16,2	10,99	8,48
2008	8,24	7,6	8,89	12,62	16,53	18,51	23,05	22,76	21,14	16,66	11,51	8,32
2009	8,84	6,88	9,32	11,07	15,66	19,1	23,37	23,73	20,4	16,01	12,03	10,99
2010	9,37	9,77	10,55	12,23	14,91	17,97	22,73	22,35	20,41	16,7	12,14	9,13
2011	7,96	6,66	8,61	12,22	14,95	18,3	22,11	21,9	20,92	15,54	12,58	8,99
2012	7,45	4,57	8,38	11,66	15,07	20,22	22,66	23,67	20,74	17,33	13,69	8,9
2013	8,16	6,1	10,51	11,64	14,76	16,8	21,55	21,86	20,51	19,15	11,27	7,82
2014	8,83	8,97	8,18	11,55	14,96	18,6	21,66	22,5	22,64	17,45	13,99	8,83
2015	7,26	6,77	9,28	11,25	16,14	18,6	21,7	23,25	21,04	17,46	11,84	8,46

Annexes

2016	9	9,4	8,8	12	15,4	18,7	21,6	21,4	20,5	18,3	12,7	9,5
2017	6,1	9	9,7	11,4	16,4	20,4	23	23,8	20,5	15,6	11,1	7,6
2018	9,1	7,1	10,5	12	14,4	18,4	23,1	21,7	21,8	16,2	12	9
2019	7	7	9	10,7	13,3	20,3	22,8	23,8	20,8	16,9	10,8	10,4
2020	8	9,4	9,5	12,3	17,1	18,9	22	23,3	20,3	15	13,5	8,8
2021	8,9	9,9	9,1	11,7	15,8	20,5	23	23,9	22,9	15,8	11,4	8,4

Annexes

Années	Pi	Pi-pm	Spi	Années	Pi	Pi-pm	Spi	**Années**	Pi	Pi-pm	Spi	Années	Pi	Pi-pm	Spi
1958	611,3	-15,715873	-0,12951546	1958	811,4	-21,0238095	-0,12910245	1958	653,3	10,1253968	0,08064433	1958	494,1	-19,1079365	-0,1917578
1959	820,4	193,384127	1,59369025	1959	1078,5	246,07619	1,51109813	1959	824,8	181,625397	1,4465663	1959	665,2	151,992063	1,52531719
1960	537,8	-89,215873	-0,73523339	1960	701,5	-130,92381	-0,80397345	1960	576,3	-66,8746032	-0,53262676	1960	471,2	-42,0079365	-0,42157088
1961	388,6	-238,415873	-1,96479959	1961	507,9	-324,52381	-1,99282718	1961	407,8	-235,374603	-1,87465506	1961	328,5	-184,707937	-1,85363751
1962	672	44,984127	0,3707169	1962	887,4	54,9761905	0,33759633	1962	702,6	59,4253968	0,47329712	1962	561,2	47,9920635	0,48162462
1963	694,6	67,584127	0,55696487	1963	915,3	82,8761905	0,50892391	1963	703,7	60,5253968	0,48205813	1963	593,5	80,2920635	0,80577144
1964	602,8	-24,215873	-0,19956447	1964	786	-46,4238095	-0,2850781	1964	620,8	-22,3746032	-0,17820386	1964	500,3	-12,9079365	-0,12953767
1965	656,7	29,684127	0,24462868	1965	883,1	50,6761905	0,311191	1965	685,2	42,0253968	0,33471378	1965	533,6	20,3920635	0,20464467
1966	555,5	-71,515873	-0,58936662	1966	739,2	-93,2238095	-0,57246629	1966	550,7	-92,4746032	-0,73651949	1966	445,7	-67,5079365	-0,67747627
1967	524,2	-102,815873	-0,84731181	1967	691,7	-140,72381	-0,86415303	1967	559,2	-83,9746032	-0,66882073	1967	430,9	-82,3079365	-0,82600175
1968	500,4	-126,615873	-1,04344905	1968	669,9	-162,52381	-0,99802189	1968	511,5	-131,674603	-1,04873023	1968	398,5	-114,707937	-1,15115213
1969	734,7	107,684127	0,88743138	1969	967,8	135,37619	0,83131451	1969	764,2	121,025397	0,96391399	1969	618	104,792063	1,05164133
1970	504,5	-122,515873	-1,0096607	1970	670,8	-161,62381	-0,99249519	1970	521,9	-121,274603	-0,96589881	1970	404,1	-109,107937	-1,0949533
1971	677,8	50,784127	0,41851505	1971	902,9	70,4761905	0,43277832	1971	691,3	48,1253968	0,38329759	1971	556,5	43,2920635	0,43445774
1972	704,9	77,884127	0,64184779	1972	918,5	86,0761905	0,52857438	1972	763,6	120,425397	0,95913525	1972	612,2	98,9920635	0,9934354
1973	696,2	69,184127	0,57015056	1973	960	127,57619	0,78341648	1973	679,1	35,9253968	0,28612996	1973	535,6	22,3920635	0,22471568
1974	453,8	-173,215873	-1,42748246	1974	611,5	-220,92381	-1,35664306	1974	450,3	-192,874603	-1,53616128	1974	355,2	-158,007937	-1,58568951
1975	537,7	-89,315873	-0,7360575	1975	715,1	-117,32381	-0,72045893	1975	533,8	-109,374603	-0,87112055	1975	448,2	-65,0079365	-0,6523875
1976	798,4	171,384127	1,41238693	1976	1024,9	192,47619	1,18195267	1976	824,5	181,325397	1,44417693	1976	715	201,792063	2,02508536
1977	461,6	-165,415873	-1,36320219	1977	584,9	-247,52381	-1,51998763	1977	500,9	-142,274603	-1,13315456	1977	436,3	-76,9079365	-0,77181002
1978	561,1	-65,915873	-0,54321668	1978	750,8	-81,6238095	-0,50123332	1978	566,8	-76,3746032	-0,60829008	1978	445,9	-67,3079365	-0,67546917
1979	705,7	78,684127	0,64844064	1979	939	106,57619	0,65446024	1979	707,5	64,3253968	0,51232346	1979	576,9	63,6920635	0,63918205
1980	621,4	-5,61587302	-0,04628075	1980	824,1	-8,32380952	-0,05111463	1980	649	5,82539683	0,04639672	1980	512,1	-1,10793651	-0,0111187
1981	550,6	-76,415873	-0,62974782	1981	719	-113,42381	-0,69650991	1981	577,8	-65,3746032	-0,52067992	1981	456,4	-56,8079365	-0,57009636
1982	844,4	217,384127	1,7914757	1982	1126,4	293,97619	1,80524117	1982	864,4	221,225397	1,76196286	1982	679	165,792063	1,66380716