1 .Résultats

Dans cette partie nous avons représenté les principaux résultats obtenus concernant les essais réalisés au laboratoire, sur les paramètres biochimiques (les protéines, La chlorophylle a, b et a+b et les sucres solubles).

1.1.La chlorophylle a

La figure (9), illustre les effets des eaux usées sur la teneur en chlorophylle a chez «*Lemna minor*». l'analyse de la variance ANOVA à deux critères de classification, à montrer qu'après 15 jours de traitement on remarque une augmentation non significative de station 1et 2 par rapport au témoin, et une diminution non significative de station 3 par rapport au témoin ;Après 20 jours de traitement, on note une diminution non significative de station 1 et significative de station 3 par rapport au témoin, et une augmentation hautement significative de station 2 par rapport au témoin; Après 25 jours de traitement, on note une diminution non significative de station 1 et 2 par rapport au témoin et une augmentation très hautement significative de station 3 par rapport au témoin.

Le test T de Student entre le témoin et les trois stations donne des différences significatives à très hautement significatives.

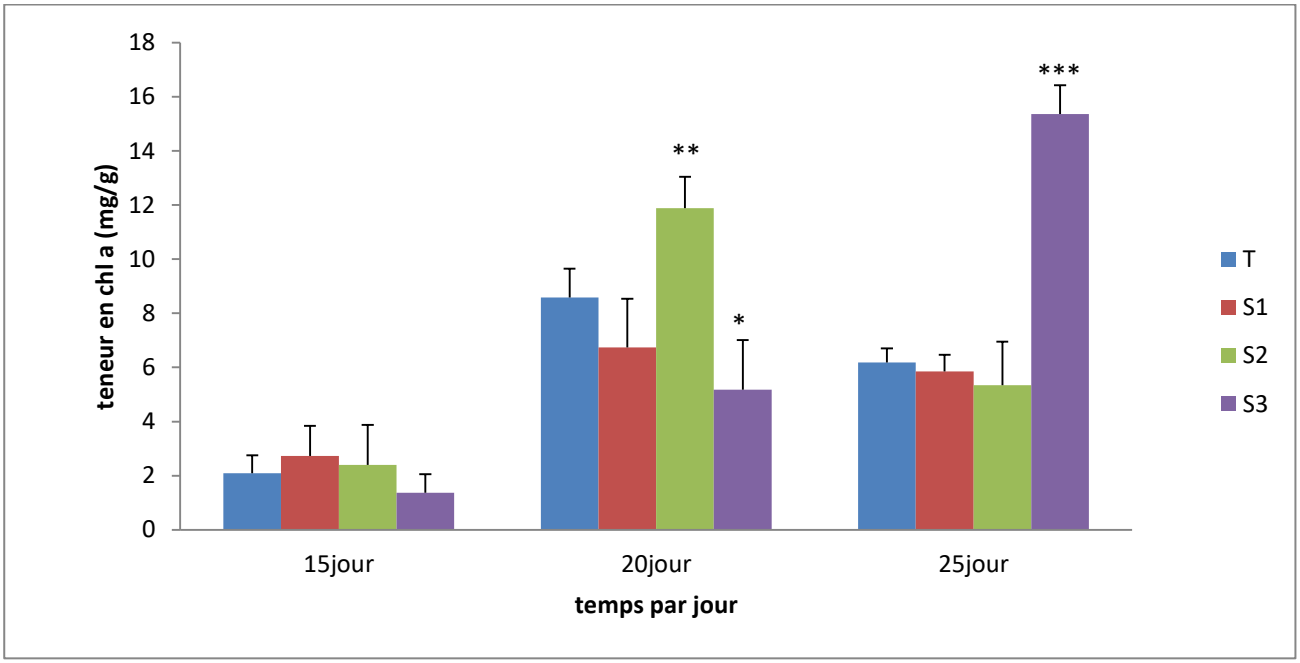


Figure 09: les effets des eaux usées sur la teneur en chlorophylle a en (mg /g) chez les feuilles de *lemna minor* en fonction du temps.

- (P>0,05) non significative.
- * (P ≤ 0,05) significative.
- ** (P ≤ 0,005) hautement significative.
- *** (P ≤ 0,0005) très hautement significative.

Tableau4 : Analyse de la variance à deux critères de classification du taux de chlorophylle a en (mg/g de PF) chez les feuilles de *Lemnaminor*placées dans des eaux usées

Source	Dl	SC ajust	CM ajust	F	P
site	**3**	**42,749**	**14,250**	**9,64**	**0,000**
temps	**2**	**479,300**	**239,650**	**162,18**	**0,000**
Site*temps	**6**	**431,551**	**71,925**	**48,67**	**0,000**
Erreur	**48**	**70,930**	**1,478**	**/**	**/**
Total	**59**	**/**	**/**	**/**	**/**

- **Dl :** degré de liberté ; **SCE :** somme des carrés des écarts ; **CM :** carré moyen ; **F :** test de Fisher; **P :** seuil de signification

1.2 .La chlorophylle b

La figure (10), présente les effets des eaux usées sur la teneur en chlorophylle b chez «*Lemna minor* ».Après 15 jours de traitement on remarque une diminution non significative de station 1, significative de station 2 et hautement significative de station 3 par rapport au témoin; Après 20 jours de traitement, on note une augmentation très hautement significative de station 1, 2 et 3 par rapport au témoin ; après 25 jours de traitement, on note une diminution non significative de station 1 et 2 par rapport au témoin, et une augmentation non significative de station 3 par rapport au témoin. Ceci est confirmé après l'analyse de la variance ANOVA à deux critères de classification.

Le test T de Student entre le témoin et les trois stations donne des différences significatives à très hautement significatives.

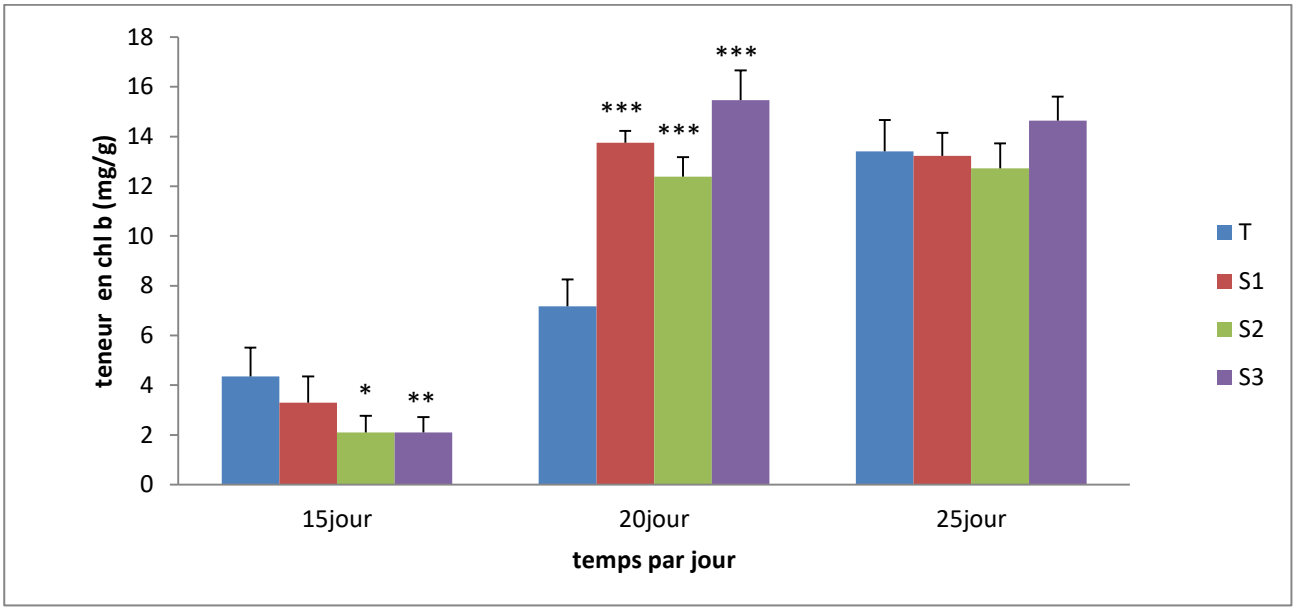


Figure 10: Variation des effets des eaux usées sur la teneur en chlorophylle b en (mg /g) chez les feuilles de *lemna minor* en fonction du temps.

- (P>0,05) non significative.
- * (P ≤ 0,05) significative.
- ** (P ≤ 0,005) hautement significative.
- *** (P ≤ 0,0005) très hautement significative.

Tableau 5 : Analyse de la variance à deux critères de classification du taux dechlorophylles b totales en (mg/g de PF) chez les feuille de *Lemna minor* placées dans des eaux usées

Source	DL	SC ajust	CM ajust	F	P
site	**3**	**52,17**	**17,39**	**18,67**	**0,000**
temps	**2**	**1318,91**	**659,46**	**707,83**	**0,000**
Site*temps	**6**	**167,58**	**27,93**	**29,98**	**0,000**
Erreur	**48**	**44,72**	**0,93**	**/**	**/**
Total	**59**	**/**	**/**	**/**	**/**

- **DL :** degré de liberté ; **SCE :** somme des carrés des écarts ; **CM :** carré moyen ; **F :** test de Fisher ; **P :** seuil de signification.

1.3 .Les chlorophylles a+b

La figure (11), illustre les effets des eaux usées sur la teneur en chlorophylle a+b chez «*Lemna minor* ».Après 15 jours de traitement on remarque une diminution non significative de station 1 par rapport au témoin, une augmentation très hautement significative de station 2 par rapport au témoin, et une diminution hautement significative de station 3 par rapport au témoin; Après 20 jours de traitement. On note une diminution non significative de station 1 par rapport au témoin, et une augmentation très hautement significative de station 2 et 3 par rapport au témoin ; après 25 jours on remarque une diminution hautement significative de station 1 par rapport au témoin, et une diminution non significative de station 2 et 3 par rapport au témoin. Ceci est confirmé après l'analyse de la variance ANOVA à deux critères de classification.

Le test T de Student entre le témoin et les trois stations donne des différences significatives et très hautement significatives.

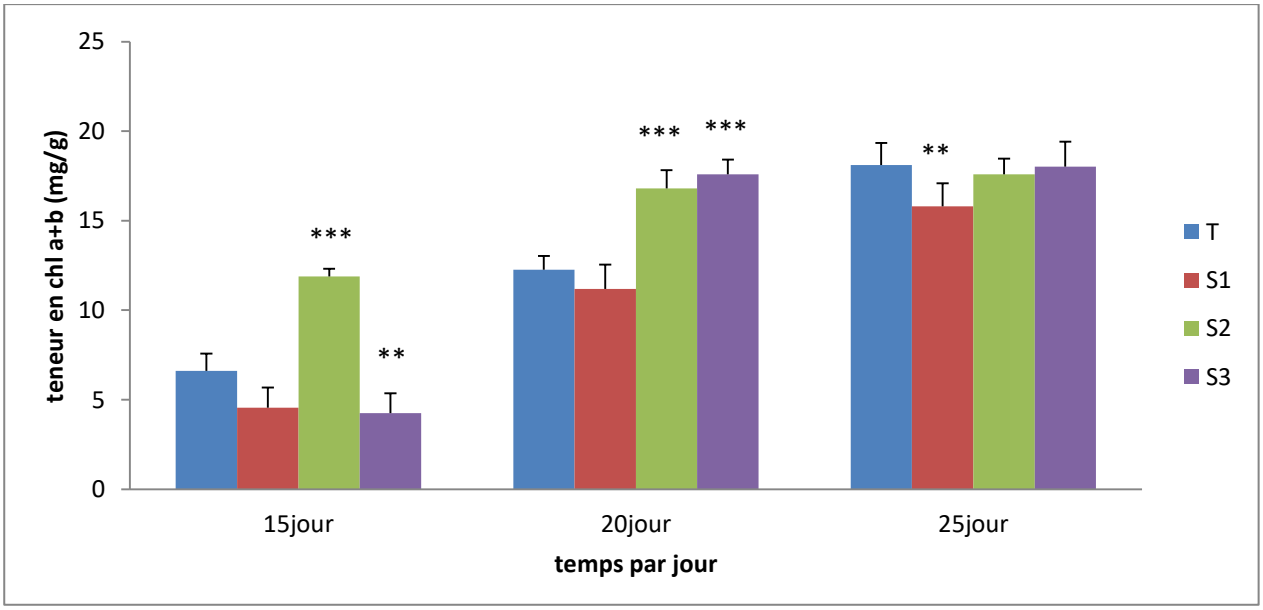


Figure 11: les effets des eaux usées sur la teneur en chlorophylle a+b en (mg /g) chez les feuilles de *lemna minor* en fonction du temps.

- (P>0,05) non significative.
- * (P ≤ 0,05) significative.
- ** (P ≤ 0,005) hautement significative.
- *** (P ≤ 0,0005) très hautement significative.

Tableau 6: Analyse de la variance à deux critères de classification du taux de chlorophylles a+b en (µg/mg de PF) chez les feuille de *Lemna minor* placées dans des eaux usées

Source	DL	SC ajust	CM ajust	F	P
site	**3**	**187,84**	**62,61**	**54,95**	**0,000**
temps	**2**	**1186,66**	**593,33**	**520,67**	**0,000**
Site*temps	**6**	**169,72**	**28,29**	**24,82**	**0,000**
Erreur	**48**	**54,70**	**1,14**	/	/
Total	**59**	/	/	/	/

- **Dl :** degré de liberté ; **SCE :** somme des carrés des écarts ; **CM :** carré moyen ; **F :** test de Fisher ; **P :** seuil de signification

1.4 . Les protéines totales :

La figure (12), illustre les effets des eaux usées sur la teneur en protéine totale chez la lentille d'eau *Lemna minor*, l'analyse de la variance ANOVA à deux critères de classification , montre une augmentation de la production des protéines totales non significative de station 1 par rapport au témoin, et une augmentation significative de station 2 et 3 par rapport au témoin , après 15 jours ; après 20 jours de traitement, on remarque une augmentation hautement significative de station 1 et 3 par rapport de témoin , et une augmentation non significative de station 2 par rapport au témoin ; Après 25 jours de traitement, on note une diminution non significative de station 1, 2 et 3 par rapport au témoin.

Le test T de Student entre le témoin et les trois stations donne des différences significatives à hautement significatives.

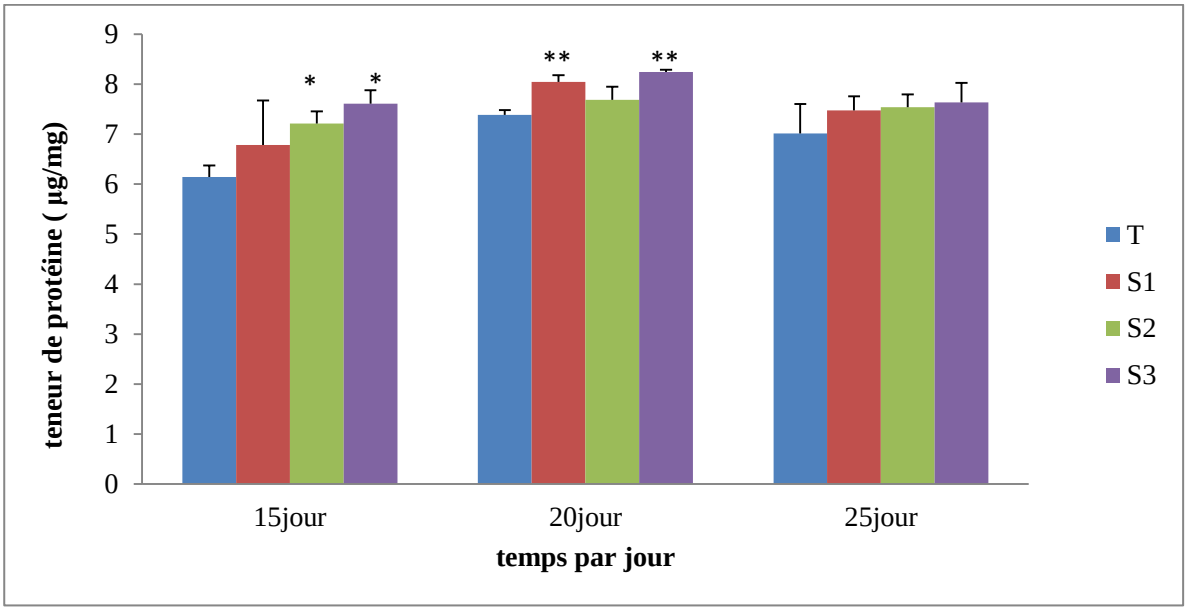


Figure 12: les effets des eaux usées sur la teneur en protéines totale (µg /mg) chez la lentille d'eau *Lemna minor* en fonction du temps.

- (P>0,05) non significative.
- * (P ≤ 0,05) significative.
- ** (P ≤ 0,005) hautement significative.
- *** (P ≤ 0,0005) très hautement significative.

Tableau 7: Analyse de la variance à deux critères de classification du taux de protéines totales en (µg/mg de PF) chez les feuille de *Lemna minor* placées dans des eaux usées.

Source	DL	SC ajust	CM ajust	F	P
Site	**3**	**4,4708**	**1,4903**	**10,64**	**0,000**
temps	**2**	**4,9019**	**2,4509**	**17,51**	**0,000**
Site*temps	**6**	**1,0601**	**0,1767**	**1,26**	**0,311**
Erreur	**24**	**3,3603**	**0,1400**	**/**	**/**
Total	**35**	**/**	**/**	**/**	**/**

- **Dl :** degré de liberté ; **SCE :** somme des carrés des écarts ; **CM :** carré moyen ; **F :** test de Fisher **; P :** seuil de signification.

1.5 . les sucres solubles

La figure (13), illustre les effets des eaux usées sur la teneur en sucres solubles chez la lentille d'eau *Lemna minor*, l'analyse de la variance ANOVA à deux critère de classification, montre une augmentation de la production des sucres solubles significative de station 1 et hautement significative de station 2 et 3 par rapport au témoin , après 15 jours ; après 20 jours de traitement, on remarque une augmentation très hautement significative de station 1, hautement significative de station 2 et significative de station 3 par rapport au témoin; Après 25 jours de traitement, on note une augmentation très hautement significative de station 1, hautement significative de station 2 par rapport au témoin, et une diminution très hautement significative de station 3 par rapport au témoin.

Le test T de Student entre le témoin et les trois stations donne des différences significatives à très hautement significatives.

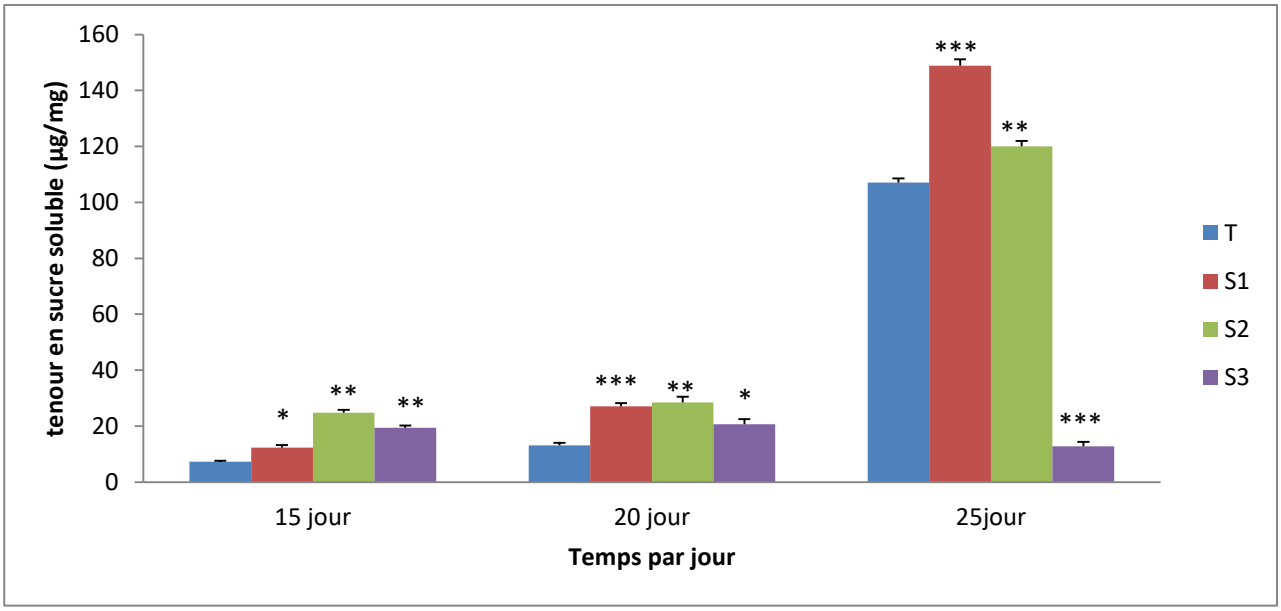


Figure 13 :les effets des eaux usées sur la teneur en sucre soluble (µg/mg) chez la lentille d'eau *Lamna minor* en fonction de temps.

- (P>0,05) non significative.
- * (P≤0,05) significative.
- ** (P ≤ 0,005) hautement significative.
- *** (P ≤ 0,0005) très hautement significative.

Tableau 8 : Analyse de la variance à deux critères de classification du taux de sucre soluble en (µg/mg de PF) chez les feuille de *Lemna minor* placées dans des eaux usées.

Source	DL	SC ajust	CM ajust	F	P
site	**3**	**11098,6**	**3699,5**	**1696,61**	**0,000**
temps	**2**	**48925,9**	**24463,0**	**$1,1^{E}$+04**	**0,000**
Site*temps	**6**	**21075,6**	**3512,6**	**1610,87**	**0,000**
Erreur	**24**	**52,3**	**2,2**	**/**	**/**
Total	**35**	**/**	**/**	**/**	**/**

- **DL :** degré de liberté ; **SC :** somme des carrés des écarts ; **CM :** carré moyen ; **F :** test de Fisher **; P :** seuil de signification.

2 .Discussion

Dans cette partie de notre travail, nous avons étudié la réponse biologique de notre modèle végétal à savoir *Lemna minor* vis-à-vis des eaux usées d'oued Mellague.

Nous avons déterminé les effets des eaux usées sur : la biochimie de la plante aquatique *Lemna minor* à savoir : la teneur en protéines totales, la physiologie de macrophyte à savoir la chlorophylle a, b et a+b , et la teneur en sucre soluble durant trois durées de traitement 15, 20 et 25 jours.

2.1 .Dosage de la chlorophylle

Les résultats obtenus montrent une augmentation du taux de chlorophylle a, b et a+b chez la plante exposées à l'eau pollué, cette augmentation pourrait traduire une stimulation de la photosynthèse et peut être également expliquée, par les besoins en précurseurs pour la synthèse de certains polypeptides spécifiques (phytochélatines) via la photo respiration.**(Robert et Roland, 1998 ; Lidia et *al*., 2004)**

Aussi ces résultats obtenus concordent beaucoup plus avec ceux de **Harrieche (2004),** qui rapporte un effet stimulateur du cadmium sur la teneur en chlorophylle.

La teneur en chlorophylle est un paramètre qui est sensible à la toxicité des métaux lourds. **(Gupta et Chandra, 1996)**

Nous avons procédé au dosage des teneurs moyennes en chlorophylle a, b et (a+b) paramètres susceptibles de nous indiquer un éventuel stress, car considérées comme bio-marqueur de la toxicité des végétaux puisque des corrélations entre les densités cellulaires et les paramètres de la fluorescence photosynthétiques ont prouvé que ces dernières pouvaient être considérées comme bio-marqueurs de la toxicité, dans le cadre de la pollution environnementale. **(Dewez et *al*, 2007)**

Les auteurs suivants **Muhittin Dogan (2009), Saygideger et Dogan (2004)** et **Saygideger (2004)** ont noté une réduction dose réponse des teneurs en chlorophylle (a, b et a+b) respectivement chez *Elodea canadensis* et *Lemna minor*, exposées à différentes concentrations de plomb.

Une autre étude selon **Elzbieta Kielak (2011)** sur la phytotoxicité d'un herbicide Roundup Ultra 360 SL sur la lentille d'eau *Lemna minor*, a montré une diminution de taux de chlorophylle a, b et a+b, en augmentant la dose de l'herbicide. La réduction de la teneur en chlorophylle a été observée chez la plante *Lemna minor* étudiées après 25 jours de traitement à l'eau usée.

2.2.Dosage des Protéines

Les résultats des dosages des protéines totales *Lemna minor* mettent en évidence, une augmentation très significative des taux de protéines, qui laisse suggérer une disponibilité des protéines dans les tissus foliaires Pouvant essentiellement être utilisé dans le développement des processus de reproduction.**(Tlidjen, 2014)**

De ce fait, la stimulation du taux des protéines enregistrée au niveau de la plante, traduit l'existence des protéines synthétisées lors du stress généré par les eaux usées et/ou métaux lourds existant éventuellement dans les milieux hydriques expérimentaux.

Cette augmentation des protéines s'expliquerait aussi par le fait que la présence des polluants qui stimulent la synthèse protéique de nombreuses enzymes entre autres celles intervenant dans la détoxification, ce qui est en parfait accord avec les résultats de **Stolt (2003)** qui indiquent que l'exposition des plantes à différentes concentrations de cadmium a tendance de provoquer une augmentation de la synthèse des protéines particulièrement des phytochélatines dont le rôle est la détoxification.

Nos résultats concordent aussi avec ceux de **Meksem (2007)** sur les deux variétés de blé dur (GTA dur et Vitrons) après traitement au FL SC et Tilt 250 EC deux fongicides, ou ils ont mis en évidence une augmentation significative de la teneur en protéines, comparativement au témoin et ceci avec un effet dose réponse.

De nombreuses études ont montré que la teneur en protéines chez les macrophytes est diminué par l'accumulation de Pb dans des milieux aquatiques.**(Gupta et *al.*,1996; Mohan et Hosetti, 1997)**

La réduction de la teneur en protéines a été observée chez la plante *Lemna minor* étudiée après 25 jours de traitement à l'eau usée.

2.3. dosage des sucres solubles

Pour la teneur en sucres solubles dans les racines et les feuilles, les plantes irriguées avec les eaux usées traités ont enregistré des teneurs plus importantes que les plantes témoins. L'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plantes à fin de résister au stress abiotique. **(Bajji et al., 1998**)

Selon **Binet (1989)** l'enrichissement en sucres solubles outre son indice osmotique pourrait protéger les membranes de la dessiccation. Il a été en effet montré que certains sucres comme le tréhalose, en se liant aux lipides membranaires pourrait stabiliser la structure des membranes pendant la dessiccation.

Nos résultats sont en accord avec les travaux de **(Trad Raïs, 2009)** qui affirme l'accumulation des sucres solubles chez plusieurs variétés d'oliviers irriguées par les eaux usées traitées et avec ceux de **(Rather, 1984)** qui a travaillé sur d'autres espèces comme l'haricot et le riz. Ces résultats sont conformes à ceux de **(Bekhouche et Brinis, 2008)** qui montrent que l'irrigation avec des eaux usées provoque une augmentation des sucres solubles chez plusieurs variétés de blé.