PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

III.1. Historique

En biologie, Raulin (1869) découvre quô*Aspergillus niger* contient du zinc. Quelques années plus tard, il a constaté sa présence dans divers organismes végétaux et animaux. La même année, il révèle sa présence dans le foie humain. Dans les années qui suivirent, le zinc a été mis en évidence dans la plupart des plantes et des animaux à des concentrations un peu moins élevées que le fer, mais plus importantes que celles du manganèse et du cuivre. Dans lôorganisme, le zinc fait effectivement partie de la catégorie des oligo-éléments ou éléments traces métalliques **(Ameille J, et al., 1992).**

De 1955 à nos jours, une somme importante de travaux a été menée sur lôapport de zinc dans lôalimentation des animaux dôélevage et de lôhomme afin de préciser ses rôles physiologiques et de déterminer les niveaux dôapports alimentaires aptes à prévenir lôapparition de signes de carence ou de toxicité **(Ameille J, et al., 1992).**

III.2. Caractéristiques

Le zinc et ses composés ont de nombreuses applications industrielles :

- Revêtement anti-corrosion des métaux par galvano plastie, métallisation ou immersion et peintures dites riches en zinc (Zn, $ZnSO_4$) ;
- Revêtement protecteur dans le bâtiment ;
- Préparation d'alliages : par exemple laitons ou alliages de fonderie (du type Zamak) ;
- Fabrication de piles électriques (Zn) ;
- Fabrication de pigments pour peintures, émaux, matières plastiques, caoutchouc (ZnO, ZnS) ;
- Industrie textile, papetière ($ZnSO_4$, $ZnCl_2$) ;
- Flux de soudage, électrolyte pour batteries ($ZnCl_2$) ;
- Conservation du bois ($ZnCl_2$, $ZnSO_4$), des peaux ($ZnSO_4$) ;
- Fabrication des engrais et fongicides ($ZnSO_4$) ;
- Préparation d'insecticides, de produits pharmaceu tiques et vétérinaires ($ZnSO_4$, $ZnCl_2$) ;
- Activateur et accélérateur de vulcanisation du caout chouc (ZnO) ;
- Ampoules électriques à fluorescence, tubes catho diques (ZnS) (**Kirk-Othmer, 1998**).

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

III.3.1. Propriétés physiques

Le zinc est un métal blanc bleuté, brillant lorsqu'il est poli. De dureté faible à moyenne à température ambiante, il devient malléable et ductile lorsqu'il est chauffé (entre 100 °C et 150 °C), fragile, cassant et pulvérisable à 210 °C.

Le zinc est stable à l'air sec, mais se couvre d'une pellicule blanche de carbonate lorsqu'il est exposé à l'air humide (**Kirk-Othmer, 1998**).

III.3.2. Propriétés chimiques

Chauffé à des températures élevées, le zinc brûle avec émission de fumées bleu-verdâtre d'oxyde de zinc. La poudre de zinc peut s'enflammer spontanément en présence d'humidité.

À température ordinaire et en atmosphère parfaitement sèche, le zinc pur est stable. L' oxydation ne commence d'une manière sensible que vers 225 °C.

En présence d'humidité, dès la température ordinaire, le zinc se recouvre d'une mince couche de carbonate basique qui protège le métal contre une corrosion plus poussée.

Il peut être attaqué lentement par l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique dilués avec dégagement d'hydrogène : la réaction est favorisée par la présence d'impuretés dans le métal telles que le cuivre, le fer, le nickel...

Le zinc réagit lentement avec l'ammoniaque et l'acide acétique, plus rapidement avec l'acide nitrique (avec formation d'oxydes d'azote et parfois d'azote).

Il est insensible à la plupart des substances organiques, à condition que celles-ci soient exemptes d'acidité et d'humidité.

La poudre de zinc peut réagir de manière explosive avec divers produits : soufre, chlorates, chlorures, fluorures, nitrate de potassium...(**Zinc (80) - Chemical safety data sheets, 1992**)

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

-chimiques du zinc **(INERIS, 2005 ; INRS, 2012).**

Paramètre	Zinc ou Composé	Valeur	Etendue	Référence
Facteur de conversion **(dans l'air à 20 °C)**	zinc et composés (cf 1.1 identification /caractérisation)	non concerné		
Seuil olfactif **(ppm)**	zinc et composés (cf 1.1 identification /caractérisation)	non concerné		
Masse molaire **(g/mol)**	Zn	65,38(1)	65,37-65,39	ATSDR (1994), HSDB (2000), INRS (1992), Guide de la chimie (1999)
	ZnCl2	136,28(2)	136,27-136,30	ATSDR (1994), CE (1999), Guide de la chimie (1999), Merck (1996), Prager (1995) Weiss (1986)
	Zn(C18H35O2)2	632,34		HSDB (2000), Lide (1997), Merck (1996)
	ZnO	81,38(3)	81,37-81,39	ATSDR (1994), CE (1999), Guide de la chimie (1999), Lide (1997), Merck (1996)
	Zn3(PO4)2	386,11		Lide (1997)
	ZnSO 4	161,45(1)	161,4-161,45	ATSDR(1994), CE (1999), HSDB (2000), Lide (1997)
Point dôébullition (°C) **(à pression normale)**	Zn	907 (1)	907-908	Guide de la Chimie (1999) HSDB (2000), INRS (1992), IUCLID (2000), Kirk-Othmer (1984), Lide (1997)
	ZnCl2	732		ATSDR (1994), Guide de la chimie (1999),

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

				CE (1999), IUCLID (2000), HSDB (2000), Lide (1997), Merck (1996), Prager (1995)

III.3.3. Propriétés biologiques

Le zinc fait aussi parti des éléments nécessaires à la vie en quantité réduite mais non nulle. L'organisme renferme presque autant de zinc que de fer, localisé dans les cellules. Les yeux, en particulier, en contiennent une très grande quantité: Il entre en particulier dans la composition de nombreuses enzymes indispensables au métabolisme humain.

Le zinc biologique est fourni par alimentation, mais peut être médicalement prescrit en cas de carence. La quantité nécessaire à un être humain en bonne santé est de 0.3 mg de zinc par jour et par kilogramme de l'individu sa déficience entraîne le nanisme, phénomène de vieillissementé

Le zinc est peu toxique; aussi la concentration limite d'une eau potable est fixée légalement à 5 mg/l. plus gênantes, les poussières d'oxyde de zinc produites dans les installations industrielles, de ce fait, le taux maximum ne doit pas dépasser la concentration de $5mg/m^3$ dans les lieux de son traitement. Cependant, les polluants secondaires de l'industrie du zinc (As, Cd, Mr, pb, dioxyde de soufre) sont à priori nettement plus dangereux que le zinc lui ï même (**The Merck Index, and biological., 1996**).

Le zinc existe normalement dans les tissus végétaux et dans certains organes de l'homme et des animaux; il parait même indispensable au bon fonctionnement de ces organes. L'innocuité des composes insolubles de zinc (oxyde, sulfure) est absolue. L'effet curatif, rapide et énergique des pommades à l'oxyde de zinc, sur les affections dermiques est bien connu, ainsi que leur pouvoir cicatrisant et désinfectant sur les plaies ouvertes. Les sulfates et chlorures sont solubles dans l'eau. Ils ont une saveur désagréable, mais leur toxicité, même à dose massive, n'a jamais été nettement établie. La teneur en plomb à partir de laquelle on admet généralement que l'eau peut devenir nocive est de l'ordre de 0.5 mg/l, tandis que l'on cite pour le cas du zinc l'absence d'effets nocifs même lorsque sa teneur dans l'eau constamment utilisée atteint 25 mg /l.

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

le zinc au nombre de ses oligo-élément (**Jakubovski**

III.4. Comportement

III.4.1. Dans l'eau

Le zinc existe dans lôeau sous diverses formes : ion hydraté (Zn(H2O)2+), zinc complexé par les ligands organiques (acides fulviques et humiques), zinc adsorbé sur de la matière solide, oxydes de zinc, etc.

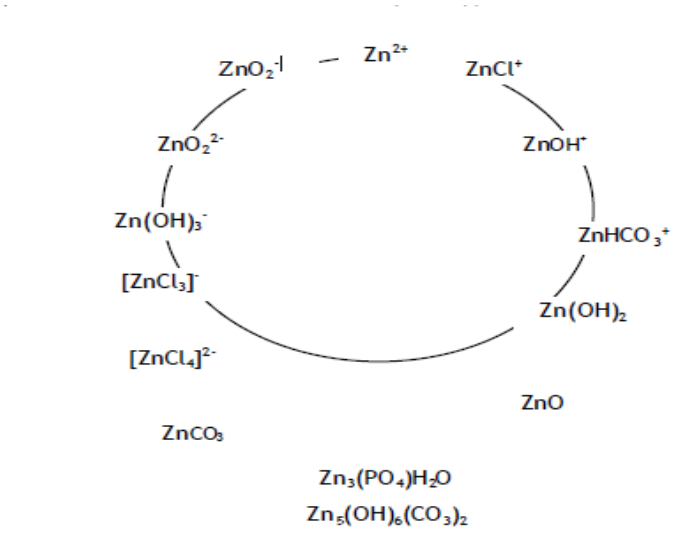
La spéciation du zinc dans le compartiment aquatique est un phénomène très complexe qui dépend de nombreux facteurs abiotiques tels que le pH, la quantité de matière organique dissoute, le potentiel redox etc.

Dans différentes rivières européennes, une distribution de 30 % de zinc libre et 70 % de zinc complexé a été rapportée par(**Jansen, *et al*, 1998**).

Le chlorure de zinc et le sulfate de zinc sont très solubles dans lôeau, mais peuvent 7sdhydrolyser en solution pour former un précipité dôhydroxyde de zinc, sous conditions réductrices. Un pH faible est nécessaire pour maintenir le zinc en solution.

III.4.2. Dans les sols

Dans lôenvironnement, le zinc se trouve principalement à lôétat dôoxydation +2 (souvent sous la forme ZnS). Mais plusieurs autres formes ioniques peuvent se trouver dans le sol, (**Kabata-Pendias et Pendias, 1992**)



PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sols. Dans les cas de contamination superficielle, rares
ndeur. Le gradient de zinc diminue puis croît avec la profondeur parallèlement avec la teneur en argile et en fer.

Lôadsorption du zinc, dans le sol, peut se faire selon deux mécanismes :

- en milieu acide, par échange de cations,
- en milieu alcalin, par chimisorption, sous lôinfluence des ligands organiques.

Les échanges de cations après adsorption du zinc se font dans lôordre préférentiel suivant : H<Ca<Mg<K<Na. La matière organique du sol retient le zinc sous des formes stables (complexes avec les acides humiques et fulviques). Les minéraux argileux, les hydroxydes, le pH et la salinité sont les principaux facteurs qui contrôlent la solubilité du zinc. Un pH élevé (> 7) permet une meilleure adsorption du zinc. Une augmentation de la salinité du milieu entraîne la désorption du zinc dans les sédiments. La matière argileuse peut retenir le zinc assez fortement. Cette adsorption sur les surfaces argileuses peut expliquer la forte dépendance au pH de la rétention du zinc sur les sols. A pH élevés, où la concentration en composés organiques est forte, le zinc se complexe dans la matière organique.

Les oxydes ou hydroxydes de fer et de manganèse et certaines argiles ont la capacité dôadsorber le zinc et ont tendance à retarder sa mobilité dans le sol.
Sous conditions anaérobies et en présence dôions sulfure, la précipitation de sulfure de zinc limite la mobilité du zinc (le sulfure de zinc étant insoluble).

Le zinc sous forme soluble, comme le sulfate de zinc, est assez mobile dans la plupart des sols. Cependant, relativement peu de sols présentent du zinc sous forme soluble et la mobilité du zinc est donc limitée par un faible taux de dissolution. Par conséquent, le déplacement du zinc vers lôeau souterraine est très lent. Même sôil a été apporté au sol sous forme soluble (irrigation avec de lôeau usée), il est rapidement converti dans ses formes chimiques les moins actives (complexes organiques et surtout précipités minéraux) (**ATSDR, 1994**).

III.5. Sources du zinc

III.5.1. Sources naturelles

Le zinc est présent dans lôécorce terrestre, notamment dans les roches volcaniques, il existe plusieurs types de minerais :

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

c'est un sulfure de zinc, associé à du fer, du cadmium, ...senic.

- ❖ calamine.
- ❖ Ghanite : il s'agit de l'aluminate de zinc.

III.5.2. Sources anthropiques

Les apports anthropiques de zinc dans l'environnement résultent des sources minières industrielles, des épandages agricoles et des activités urbaines (trafic routier, incinération ordure) **(Olivier, M.J. 2009)**.

Il est introduit dans les zones portuaires à partir de la dissolution des masses de zinc pur fixées sur les parties immergées des bateaux, pour en assurer leur protection contre la corrosion. De plus, certaines peintures anti-salissures renferment des quantités importantes d'oxyde de zinc utilisé comme adjuvant anticorrosion.

III.6. Utilisation du zinc

III.6.1. L'utilisation du Zn par l'homme dans les cycles biologiques

Le zinc est ses composés ont de nombreuses application :

- ➢ **Industrielles** : La principale utilisation du zinc est la galvanisation des aciers pour protège de la corrosion (Zn, $ZnSO_4$). La galvanisation consomme 47 % du zinc exploité dans le monde. L'acier galvanisé est utilisé dans l'automobile, la construction, l'électroménager, les équipements industriels, flux de soudage, électrolyte pour batteries ($ZnCl_2$), fabrication des piles électriques (Zn), dans la pneumatique et tous les produits de base de caoutchouc, etc. (**Johnson, P.E., et *al.*, 1992)**.
- ➢ **Agriculture** : il est utilisé pour la fabrication des engrais et fongicides ($ZnSO_4$) comme apport d'oligo-élément, essentiellement en zone de sols fortement calcaires (**Johnson, P.E., et *al.*, 1992)**.

Il est aussi utilisé dans les produits pharmaceutiques et produit cosmétiques. Il rentre aussi dans la fabrication des équipements médicaux.

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

ganisme

***La digestion du zinc chez les Mammifères en général**

Contrairement aux substances organiques, les matières minérales de la ration ne sont pas véritablement ñdigéréesò dans le tube digestif. Elles sont mises en solution, principalement sous lôaction de lôacidité gastrique, parfois après dégradation enzymatique de leur support organique. Les éléments minéraux en solution, en général sous forme ionisée, peuvent alors être absorbés par la paroi intestinale (**Olivier, M.J. 2009**).

Chez les bovins, lôabsorption du zinc a lieu majoritairement au niveau de lôintestin grêle, une très faible proportion de zinc étant également absorbé par la paroi ruminale.

Chez les Monogastriques (porc, chien), lôabsorption du zinc a lieu principalement au niveau de lôintestin grêle et plus particulièrement au niveau du duodénum (**Olivier, M.J. 2009**).

Lôutilisation digestive moyenne du zinc chez les Monogastriques et les Polygastriques varie de 30 à 60%. Le degré dôutilisation est donc moyen.

III.7. Répartition du zinc

III.7.1. Répartition du zinc dans les cellules sanguines

Le zinc se répartit de la façon suivante dans le sang :

- Erythrocytes : 85 %
- Leucocytes : 3 %
- Sérum : 12 %

A lôintérieur des hématies, le zinc est en grande partie lié à lôanhydrase carbonique.

Le zinc, dans les leucocytes, y est principalement associé à des enzymes comme la phosphatase alcaline.

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

le de donner les zinc-émies moyennes chez les
s avoir reçu une alimentation équilibrée en zinc; les valeurs dépendent à nouveau de la ration, de lôâge et de lôétat physiologique de lôanimal.

III.7.2. Dans les organes et les tissus

Le foie est lôorgane le plus riche en zinc. Le taux du zinc hépatique est fonction de lôâge des chevaux et surtout de la teneur en zinc de lôalimentation (**Gilbert, S. 2010**).

Les os fixent un faible pourcentage du zinc circulant. En revanche, le zinc y est stocké sous une forme minérale non mobilisable, même en cas de carence (**Gilbert, S. 2010**).

Les organes les plus riches en zinc sont le foie, le pancréas, les os et les poils . Lôî il, la prostate et les poils sont particulièrement riches en zinc. La teneur en zinc du plasma constitue un paramètre fiable pour détecter ou confirmer une carence (**Johnson, P.E., et *al.*, 1992**).

III.8. Le métabolisme du zinc

Tout comme pour de nombreux minéraux essentiels, le zinc corporel est soumis à une régulation visant lôhoméostasie ou lôhoméorhèse lorsquôil y a accrétion corporelle chez des animaux en croissance ou sécrétion via le lait ou lôî uf. Le système tend donc vers un statut en zinc équilibré permettant le bon fonctionnement métabolique, en dépit des contraintes extérieures, telles que par exemple, la variation de la quantité de zinc ingéré. La régulation homéostatique du zinc est principalement contrôlée par lôadaptation de son absorption intestinale, de son excrétion endogène fécale, qui résulte du niveau de sécrétion endogène intestinale et de sa réabsorption, et de sa mise en réserve / mobilisation dans des tissus et le squelette. Contrairement aux oligo-éléments anioniques, lôexcrétion urinaire de zinc constitue une voie mineure dôélimination du zinc qui nôexcède pas 1 à 2% de lôexcrétion totale chez le porc. Lôélément central de la régulation homéostatique du zinc se situe donc au niveau du système digestif, avec principalement lôintestin grêle, le foie et le pancréas (**Olivier, M.J. 2009**).

Chez le rat adulte, quatre jours sont nécessaires pour adapter lôabsorption réelle du zinc et environ sept jours sont nécessaires pour adapter son excrétion endogène fécale en

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

ıtion alimentaire de 58 mg à 2 mg Zn / kg dôaliment

a) Adaptation de lôabsorption du zinc : Lôabsorption est définie comme étant la quantité dôun nutriment de lôaliment qui passe de la lumière digestive, à travers la muqueuse, dans la circulation portale. Lôabsorbabilité représente la proportion de lôabsorption par rapport à la quantité du nutriment ingéré. Lôintestin grêle est le principal site dôabsorption du zinc chez la plupart des espèces animales. Chez le rat, lôabsorption de zinc la plus intense se situe au niveau du duodénum, la section la plus courte de lôintestin grêle. Mais, compte tenu de la longueur des différentes sections, environ 20, 20 et 60% du zinc absorbé le seraient respectivement dans le duodénum, le jéjunum et lôiléon. Chez le poulet, le flux le plus important de zinc absorbé se situe également dans lôiléon. Chez le poulet, le zinc pourrait même être absorbé au niveau du gésier. Chez les mammifères, comme chez lôoiseau, le zinc est absorbé selon deux procédés. Le premier est un mécanisme dôabsorption paracellulaire, passif et non saturable, qui dépend du gradient de concentrations intraluminale et interstitielle et le deuxième un mécanisme de transport Thèse de doctorat : Schlegel Patrick 30 transcellulaire, actif et saturable. Le sens du flux paracellulaire est généralement orienté vers le secteur plasmatique, à lôexception de situations particulières comme les diarrhées. Chez les mammifères, la voie active est considérée comme prédominante. Chez le poulet, ont mis en évidence une absorption principalement passive dans lôiléon, alors que le zinc serait absorbé par voie active dans le duodénum et le jéjunum. Lorsque la concentration intraluminale de zinc augmente, le flux de zinc absorbé par voie passive augmente. Les deux procédés dôabsorption du zinc sont schématisés à la figure 02. Flux dôabsorption passive, dôabsorption active et dôabsorption totale de zinc en fonction de sa concentration luminale. Lôabsorption active de zinc sôeffectue en plusieurs étapes : le zinc présent dans le milieu intraluminal entre dans lôentérocyte à travers la membrane apicale, migre à travers le cytoplasme, jusquôà la membrane basale dôoù il est transporté dans le système de circulation sanguine. Dans lôentérocyte, une partie du zinc est fixé aux métallothionéines (MT), protéines qui favorisent la captation du zinc intracellulaire et limitent son transfert vers le milieu intérieur. Chez le mammifère et lôoiseau (**Gilbert, S. 2010**), la synthèse de MT dans lôentérocyte et autres tissus (foie, pancréas et reins) est induite par une augmentation de la teneur en zinc alimentaire. Les MT ne semblent pas indispensables à la survie, mais sôavèrent être un atout lorsque lôanimal est sous stress, présente des inflammations, des infections, une consommation alimentaire faible ou un apport insuffisant ou excessif de zinc alimentaire, car côest une forme de réserve

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

ible. Deux familles de transporteurs de zinc ont été
2+ transporters » et Zip « Zn2+ and Fe2+ regulating proteins » qui ont des rôles opposés dans la régulation homéostatique du zinc cellulaire. Les transporteurs Zip (14 transporteurs identifiés) favorisent la présence de zinc intracellulaire en stimulant lôabsorption cellulaire

depuis le fluide extracellulaire ou les vésicules intracellulaires. Les transporteurs ZnT (10 transporteurs identifiés) stimulent la sécrétion de zinc dans des vésicules cellulaires ou en dehors de la cellule. ZnT-1 est responsable du transport du zinc de lôentérocyte vers la circulation sanguine. Lôexpression de ces transporteurs change en fonction de lôapport alimentaire de zinc. Lors dôune déficience en zinc, son absorption augmente grâce à lôaccroissement du nombre de transporteurs Zip chez le mammifère comme chez le poulet. Chez lôHomme, les sujets ayant consommé un supplément de 25 mg de zinc par jour ont présenté une présence de ZnT1, ZnT5 et Zip4 réduite au niveau iléal par rapport aux sujets sans supplément de zinc (**ATSDR, 1994**) .

b) Adaptation de lôexcrétion endogène fécale en zinc

Chez lôanimal en croissance, lôexcrétion endogène fécale est la principale voie de sortie du métabolisme pour le zinc. Les sécrétions endogènes intestinales de zinc proviennent des sécrétions gastriques et pancréatiques, de la bile, de la salive, de la muqueuse intestinale et des cellules intestinales. La part relative de ces différentes composantes dépend de la quantité de zinc ingéré : les sécrétions pancréatiques sont relativement importantes lorsque le zinc est apporté en faible quantité alors que la bile est prédominante lorsque lôapport de zinc alimentaire est excédentaire (**ATSDR, 1994**). Lôélimination continue des entérocytes par desquamation contribue aux sécrétions de zinc dans la lumière intestinale. Cette voie dôélimination est dôautant plus importante lorsque le zinc alimentaire est apporté en abondance et est séquestré par les MT dans lôentérocyte. Une partie du zinc endogène secrété peut être réabsorbé par les mêmes voies que le zinc alimentaire.

Lôadaptation combinée des sécrétions endogènes intestinales et de lôabsorption du zinc alimentaire et endogène, rend possible un flux entrant de zinc net (absorption apparente = absorption réelle ï excrétion endogène), stable sur une large palette de concentrations alimentaires de zinc (Figure 03).

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

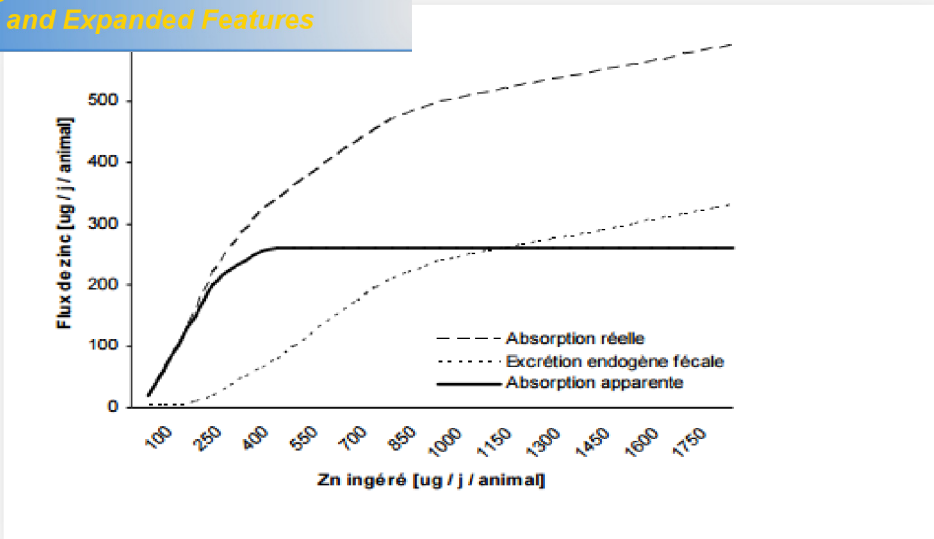


Figure 03 : Flux dôabsorption réelle, apparente et excrétion endogène fécale de zinc selon la teneur en zinc alimentaire chez le rat en croissance (**ATSDR, 1994**).

c) Transport, mise en réserve et mobilisation du zinc dans les tissus

Le zinc est transporté par voie sanguine, principalement lié faiblement à lôalbumine (65% du zinc plasmatique), fermement à lôŬ2-macroglobuline (30% du zinc plasmatique) et à dôautres protéines (5%), telles que la transferrine et la céruloplasmine. Le zinc plasmatique, lié à lôalbumine, représente la source principale pour alimenter les tissus en zinc. Ces tissus sont en premier lieu le foie, puis les autres organes producteurs dôenzymes et de protéines dépendantes du zinc et / ou les tissus de stockage. Le foie, considéré à la fois comme organe de distribution de lôélément, de stockage et de détoxification (par la sécrétion via la bile) possède un turnover du zinc 5 à 6 fois plus élevé que les autres tissus. Il capte entre 30 et 40% du zinc plasmatique nouvellement absorbé (**Olivier, M.J. 2009**) quôil stocke sous forme liée aux MT quôil synthétise. Les tissus de stockage sont principalement les tissus musculaires et le squelette qui contiennent respectivement 60% et 30% du zinc corporel. Les 10% restants se trouvent distribués dans les entérocytes, les cellules épithéliales, le sang, le foie, les reins, les poumons, le cî ur et le cerveau. La concentration de zinc la plus élevée se mesure dans lôî il, les testicules, le foie, le pancréas, le squelette et les phanères. Pour résumer, les différents flux corporels du zinc sont schématisés dans la (Figure 04).

Lorsque lôapport alimentaire de zinc devient insuffisant, la mobilisation des réserves de zinc permet dôassurer les fonctions physiologiques dépendantes de cet élément jusquôà leur

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

le turnover métabolique diminue et la distribution de 0 0 550 700 850 1000 1150 1300 1450 1600 1750 Zn ingéré [ug / j / animal] Flux de zinc [ug / j / animal] Absorption réelle Excrétion endogène fécale Absorption apparente Thèse de doctorat : Schlegel Patrick 33 zinc dans les différents tissus est réattribuée. Contrairement au zinc présent dans le muscle, le zinc présent dans lôos est largement mobilisable. En lôespace de 12 jours, la réserve osseuse de zinc a été diminuée de 20% chez le rat lorsque lôapport de zinc alimentaire a été réduit de 20,5 mg / kg à 1,4 mg / kg. Dès que lôapport de zinc alimentaire est à nouveau suffisant pour permettre son accumulation, la concentration initiale de zinc dans lôos est progressivement rétablie. Lorsque le zinc alimentaire est en excès, le système sôinverse : lôabsorption de zinc diminue, les sécrétions endogènes de zinc augmentent (**Kabata-Pendias et Pendias, 1992**). Cette régulation peut être dépassée lorsque lôapport alimentaire de zinc est excessivement bas ou haut pour une période prolongée dépassant ainsi la capacité de lôanimal à mobiliser ou déposer le zinc dans les organes de stockage. Dans ce cas, lôanimal se situe dans une situation de carence ou de toxicité.

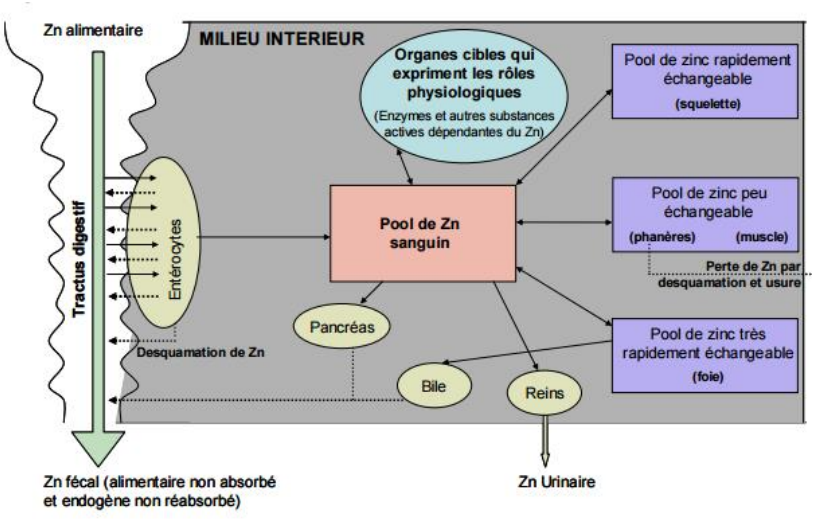


Figure 04 : Schéma des flux corporels de zinc (**Olivier, M.J. 2009**) .

III.9. Rôle biologique

Le rôle essentiel du zinc a été démontré pour la première fois pour la croissance *d'Aspergillus niger*, puis chez l'animal.

Le zinc joue un rôle dans l'expression des gènes, la stabilisation de la structure des protéines, la réplication cellulaire, la stabilisation de la membrane et du cytosquelette et dans

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

G.,et *al.*,1987). Il intervient dans la plupart des ux (synthèse et dégradation des glucides, lipides, protéines et acides nucléiques) par l'intermédiaire de plus de 300 enzymes dans les 6 classes : oxydoréductases, transférases, hydrolases, lyses, isomérases et ligases.

Le zinc est également un constituant de l'anhydrase carbonique rénale et contribue, à ce titre, à l'équilibre acido-basique. Il stabilise la structure tertiaire d'hormones peptidiques (insuline, facteur de croissance des nerfs (NCF), gustine, thymuline), leur conférant une forme active ou une plus grande stabilité. Il protégerait les chevaux de troubles osseux et articulaires, se manifestant par l'enflure au niveau des jarrets et des boulets (**Dave G.,et *al.*,1987**).

III.10. Symptômes

Il existe de nombreux symptômes généraux qui ne sont pas typiques de la carence en zinc : diminution de lôappétit, modification du comportement alimentaire par ingestion de laine, diminution de la vitesse de croissance, amaigrissement. La laine est fine sans consistance et a tendance à tomber. Des zones dôalopécie apparaissent.

Certains symptômes sont plus typiques particulièrement au niveau des modifications cutanées :

- Alopécie péri-oculaire et péri-labiale sans érythème, ni prurit ;
- Modification de la kératinisation cutanée avec apparition de croûte au dessus des sabots et au niveau des bourses ;
- Dans les races cornées, on voit des perturbations dans la croissance des cornes.

Une carence en zinc, expérimentalement induite, a provoqué une diminution de la spermatogenèse (oligospermie et azoospermie) chez les jeunes béliers ainsi quôune réduction de la taille des testicules.

Les brebis allaitantes sont plus sensibles à une carence. Après la mise basse, il y a une chute assez importante du taux de zinc dans le sang car le lait est très concentré en Zn **(Cousins R.J.1985).**

Ce déficit peut entraîner des troubles de fertilité ultérieurs sans que lôon connaisse exactement le rôle du zinc au niveau de lôovaire. Une complémentation plus riche en zinc

Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

une mise en réserve plus importante au niveau du foie

III.11. Diagnostic

Un diagnostic clinique précis est rarement possible même au vue des symptômes tels que la parakératose cutanée, lôalopécie ou le squamosis.

La maladie est le plus souvent sub-clinique et elle doit être confirmée par des analyses histologiques voire sérologiques.

On peut considérer que la concentration sanguine minimale se situe à 80 µg/dl.

Cependant dôautres pathologies comme une simple infection peuvent faire chuter le zinc sous cette valeur limite.

III.12. Traitement et prévention

Lôadministration per os de 50 mg/jour de zinc, soit sous forme de comprimés, soit sous forme de poudre entraîne en quelques temps la disparition complète des symptômes

La concentration de zinc de la ration de base doit au minimum être de 30 mg/kg de matière sèche et les compléments énergétiques doivent au minimum concentrer 50 mg/kg de matière sèche (**Dave G.,et *al.*,1987**).

III.13. Toxicité du zinc

III.13.1. Effets toxiques du zinc

Le **zinc est un des métaux les plus toxiques pour le corps**, bien qu'il soit nécessaire en petite quantités pour la santé de l'organisme.

Chaque minéral a des "organes cibles" où il a tendance à s'accumuler. Les organes dans lesquels s'accumulent le zinc sont généralement le cerveau, les yeux et les organes reproducteurs.

La **toxicité du zinc** peut affecter n'importe quel organe ou système du corps. Cependant, elle affecte habituellement environ quatre ou cinq principaux systèmes du corps. Ce sont le système nerveux, le système reproducteur mâle et femelle, les tissus conjonctifs tels que les cheveux, la peau et les ongles ainsi que les yeux et le cerveau.

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

p de symptômes d'excès de zinc dans le corps

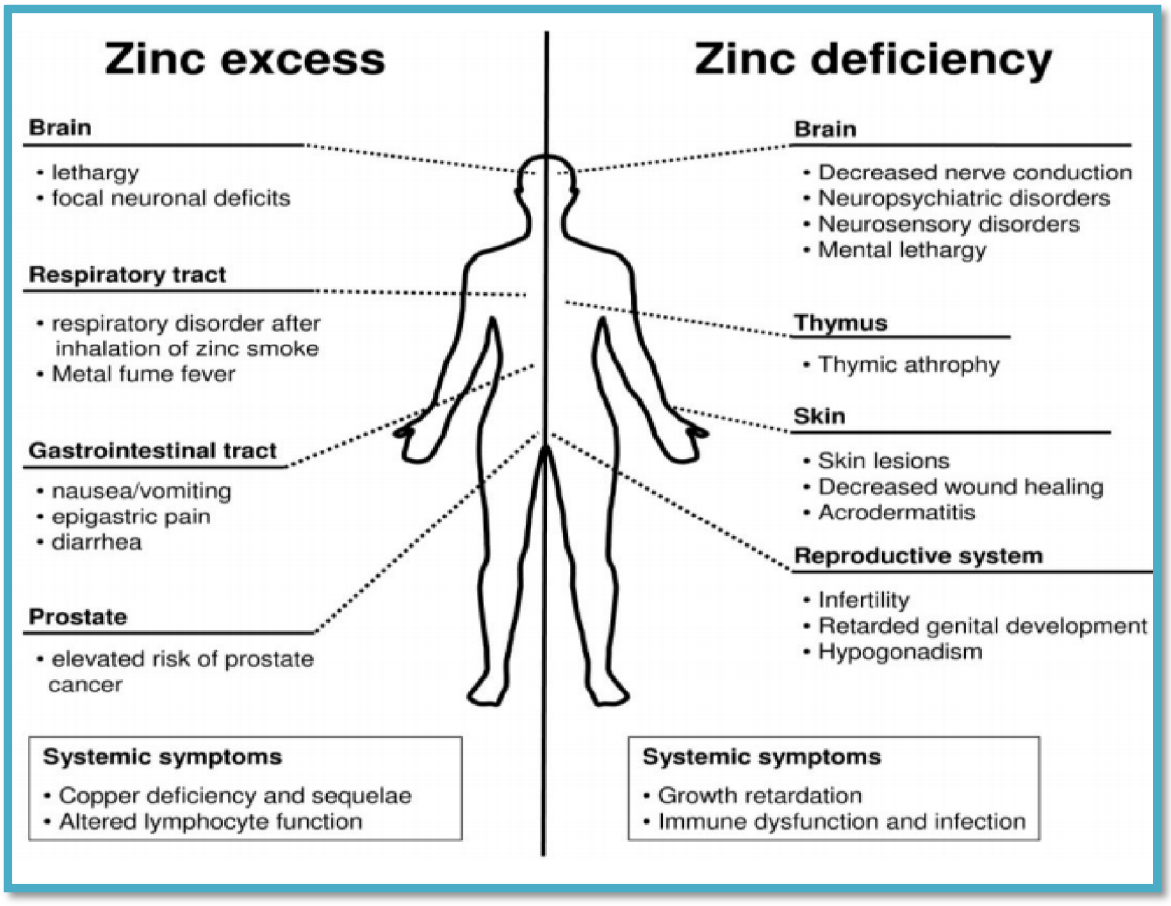
nté hormonale.

Pour la vision par exemple, il a été prouvé que le zinc était directement responsable de la myopie élevée (supérieure à 6 dioptres) et des détachements de la rétine qui vont avec. L'accumulation de zinc dans l'î il cause une augmentation de la pression intraoculaire, ce qui entraîne une élongation de l'î il et tous les problèmes qui vont avec : myopie, flotteurs, détachement de la rétine (http://www.maxsante.com).

III.13.2. Toxicité du zinc au niveau des organismes

Les connaissances sur les risques potentiels pour l'homme lié à la pollution des sols par les métaux lourds sont encore fragmentaires, mais sont mises à l'honneur ces dernières années **(Cousins R.J.1985).**

Selon le métal considéré, la toxicité peut porter sur différents organes, sur la reproduction ou être cancérogène. Bien sûr, ces effets toxiques dépendent des voies et niveaux d'exposition, ainsi que de l'espèce considérée.



PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

ts dôun excès et dôune carence en zinc chez lôhumain (mdpi.com/journal/ijerph).

Lôintoxication est due à une exposition excessive ou l'apport de zinc (partie de gauche), alors que la carence de zinc est due à la malnutrition ou la maladie (à droite). Les deux états ont des effets néfastes sur les différents systèmes d'organes. Les effets ne pouvant être attribués à un système particulier ou affectant plusieurs organes sont décrits comme des symptômes systémiques (mdpi.com/journal/ijerph).

Les principaux effets dôune intoxication au zinc chez lôhomme sont présentés sur la (figure 04). Concernant le zinc, trois voies d'entrée dans le corps humain sont à considérer **(Cousins R.J.1985).** :

Lôinhalation : Lôinhalation de poussières contenant du zinc est généralement due aux industries et touche principalement les ouvriers. La conséquence la plus fréquente de cette inhalation est une maladie aiguë présentant diverse symptômes:

- ✓ Une inflammation des alvéoles et des canaux alvéolaires avec fonction macrophagique altérée ;
- ✓ Une modification morphologique des poumons (épaississement interstitiel) ;
- ✓ Et une altération de la fonction pulmonaire (baisse de la complaince, de la capacité pulmonaire totale et de la capacité de diffusion).

Le rat, le lapin et le chat, exposés pendant 3h à 110-600 mg zinc/m^3 ne présentent quôune chute de température corporelle et une augmentation du nombre des leucocytes : à lôautopsie, on observe des signes de broncho pneumonie aux fortes concentrations. Après exposition à des fumées de chlorure de zinc de concentration Ó 950 mg zinc/m^3 (1980 mg/m^3 $ZnCl_2$), le rat développe graduellement une détresse respiratoire : à lôautopsie on note atélectasie, hyperémie, hémorragies et î dème au niveau pulmonaire.

- **Le contact cutané :** Lôeffet observé est une irritation qui dépend du type de zinc incriminé. Ainsi, le chlorure de zinc est clairement lôespèce de zinc la plus irritante, puis vient l'acétate de zinc et le sulfate de zinc. L'oxyde de zinc nôa priori pas d'effet irritant sur la peau. Contrairement à lôeffet potentiellement nocif du zinc sur la peau décrit ci-dessus, il convient de noter que le zinc est un complément bien connu pour le traitement topique de plaies et de plusieurs affections dermatologiques.
- **Lôingestion :** En raison de sa nature comme un oligo-élément essentiel, l'absorption orale de petites quantités de zinc est essentielle pour la survie. L'apport nutritionnel

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

c est de 11 mg par jour pour les hommes et 8 mg par

urs sont nettement inférieures à la valeur DL50 (Dose Létale 50 : cet indicateur mesure la dose de substance causant la mort de 50 % d'une population animale donnée (lapins ou souris ou des rats) qui a été estimée à 27g de zinc par jour. En général, l'absorption d'une telle quantité est peu probable, car environ cela correspond à une absorption de 225 à 400 mg de zinc. Les symptômes immédiats après l'absorption de quantités toxiques de zinc, en induisant de métallothionéine intestinale, diminue lôabsorption du cuivre alimentaire, ce qui entraine une anémie sidéroblastique avec pour conséquence une baisse du taux dôhémoglobine, de lôhématocrite, du nombre dôérythrocytes et de leucocytes, et une augmentation des infections, des plaies, des ulcérations de la bouche ou de la gorge, ainsi quôune faiblesse générale **(Cousins R.J.1985).**

Des lésions apparaissent dans le pancréas (nécrose des cellules acinaires, métaplasie, fibrose, pancréatite) et les riens (augmentation du poids, néphrose diffuse), des douleurs abdominales, des nausées, des vomissements et des vertiges **(Cousins R.J.1985).**

Tableau 04 : DL_{50} et CL_{50} du zinc et quelques composés chez différent espèces

(INRS, 2012)

Composé	**Espèce**	**DL_{50} orale**	**CL_{50}**
Chlorure de zinc $ZnCl_2$	Rat Souris Cobaye	350 mg zinc/kg 329 mg zinc/kg 200 mg zinc/kg	1260 mg/m^3/30 min 354 mg/m^3/30 min
Oxyde de zinc ZnO	Rat Souris	> 5000 mg/kg 7950 mg/kg	2500 mg/m^3
Sulfate de zinc $ZnSO_4$	Rat Souris Lapin	623 mg zinc/kg 245-337 mg zinc/kg 2000 mg /kg	/
Sulfate de zinc di-hydraté $ZnSO_4.2H_2O$	Rat Souris	1710 mg /kg 926 mg /kg	/
Sulfate de zinc hepta-hydraté	Rat	1260 mg /kg	/

Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

	200 mg /kg	