



HAL
open science

La contamination environnementale et les intoxications au plomb liées à l'activité de chasse

Augustin Meignie

► **To cite this version:**

Augustin Meignie. La contamination environnementale et les intoxications au plomb liées à l'activité de chasse. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04131305

HAL Id: dumas-04131305

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04131305v1>

Submitted on 16 Jun 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Thèse soutenue en vue de l'obtention du
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Présentée et soutenue publiquement

Le 26 mai 2023

Par Augustin MEIGNIE

Né le 07 novembre 1996

**La contamination environnementale et les
intoxications au plomb liées à l'activité de chasse**

Sous la direction de Monsieur Arnaud Courtois

EXAMINATEURS DE LA THESE

Arnaud COURTOIS

Maître de Conférences en Toxicologie à l'Université de Bordeaux

Alain DECENDIT

Maître de Conférences en mycologie à l'Universités de Bordeaux

Marie-José PUSTETTO

Docteur en pharmacie

TABLES DES MATIERES

REMERCIEMENTS	4
INTRODUCTION	7
PARTIE I. DES PRÉMIÈRES DE LA CHASSE, À L'ÉMERGENCE DU PLOMB	14
SECTION 1. LA GENÈSE DE LA CHASSE	14
A. L'évolution de la chasse au sein de la société.....	14
B. Rétrospectives sur les techniques de chasse.....	16
1. <i>La Préhistoire</i>	16
2. <i>L'âge du bronze</i>	18
3. <i>L'âge du Fer</i>	18
4. <i>À l'époque Gréco-romaine</i>	19
5. <i>Au Moyen-Âge</i>	19
6. <i>Vers 1460 : L'apparition de l'arme à feu</i>	20
SECTION 2. L'AVÈNEMENT DU PLOMB : UNE RÉVOLUTION POUR LA CHASSE	22
A. L'élément chimique	22
B. L'histoire du plomb	25
PARTIE II. CONTAMINATION DE L'ENVIRONNEMENT LIÉE À LA CHASSE	29
SECTION 1. DE LA FABRICATION À L'UTILISATION DU PLOMB DE CHASSE : LES RÉPERCUSSIONS SUR LES SOLS	29
A. La fabrication des munitions	29
B. Quantification de la pollution liée à la chasse.....	33
C. La contamination des sols.....	37
SECTION 2. IMPACTS DE LA CHASSE AU PLOMB SUR LES ANIMAUX	45
A. La contamination du grand gibier	45
B. Le cas particulier de la contamination du gibier d'eau	51
PARTIE III. IMPACT DE LA CHASSE AU PLOMB SUR LES HOMMES	55
SECTION 1. LA TOXICOLOGIE DU PLOMB	55
A. La Toxicocinétique.....	55
1. <i>L'Absorption</i>	55
2. <i>Distribution</i>	56
3. <i>La métabolisation</i>	57
4. <i>L'élimination</i>	57
B. Les mécanismes d'action du plomb dans l'organisme	58
1. <i>Mécanismes</i>	58
2. <i>Symptomatologie</i>	60
C. Du diagnostic aux traitements.....	64
1. <i>Diagnostic</i>	64
2. <i>Traitements de l'intoxication au plomb</i>	65
SECTION 2. LE CAS PARTICULIER DU PLOMB DE CHASSE	67

A.	Identification des consommateurs de gibier-----	67
1.	<i>Le consommateur occasionnel de gibier</i> -----	68
2.	<i>Le consommateur régulier de gibier</i> -----	68
3.	<i>Le consommateur fréquent de gibier</i> -----	68
B.	Le niveau de contamination en plomb des viandes -----	69
1.	<i>Impact de la consommation de plomb</i> -----	69
2.	<i>Recommandations de consommation de gibier</i> -----	70
3.	<i>Problématique liée à l'utilisation de munitions aux plombs</i> -----	70
 PARTIE IV. LA REGLEMENTATION DE L'ACTIVITE DE CHASSE AU PLOMB ----		72
SECTION 1. LE DROIT DE LA CHASSE : DE SES PRÉLUDES À AUJOURD'HUI -----		72
A.	L'histoire du droit de la chasse -----	72
B.	L'évolution de la législation de la chasse moderne-----	74
 SECTION 2. LA MISE EN ŒUVRE D'UN ARSENAL JURIDIQUE AUTOUR DU PLOMB -----		78
A.	Le plomb un poison industriel imposant aux pouvoirs publics de légiférer-----	78
B.	De la restriction vers l'abolition de la chasse au fusil à plomb -----	79
 CONCLUSION -----		83
BIBLIOGRAPHIE -----		85
LISTE DES ILLUSTRATIONS -----		91

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je tiens à remercier Monsieur Arnaud COURTOIS, mon président de thèse pour sa gentillesse et son attention portée tout au long de ce travail.

Merci à Monsieur Alain DECENDIT et à Madame Marie-José PUSTETTO qui ont bien voulu accepter de juger cette thèse.

À mes parents, qui de par leur amour et leur soutien inconditionnel m'ont permis d'effectuer tout ce chemin et ce dans les meilleures conditions.

À Sam, mon petit bouchon. La plus belle âme que je n'ai jamais rencontrée et qui a tant fait pour moi. À nous.

À mes amis de Fac, si chers à mes yeux. Avec qui nous avons bâti, pendant ces six années, des souvenirs inoubliables. Amusons-nous encore longtemps à nous les remémorer et à en créer de nouveaux.

À mes amis du Médoc, vous étiez sans le savoir mon refuge dans les moments difficiles.

À tous mes coéquipiers du XV PHARMA, merci pour cette fabuleuse aventure.

À mes grands-parents, en espérant vous avoir rendu fier.

« Je me demande quel homme j'aurais été si je n'avais, dès mon enfance connu la chasse. Différent, c'est probable. Moins humain, c'est certain. »

Paul VIALAR

RÉSUMÉ

Face aux nombreuses polémiques qui ne cessent de remettre en question la pratique de la chasse, et ce, tant d'un point de vue éthique, que sécuritaire et environnemental, c'est plus spécifiquement, la pollution engendrée par les munitions de chasse qui demeure actuellement l'un des sujets pertinent et intéressant au cœur des débats, notamment sur la scène juridique.

Dès lors, il était essentiel de se pencher sur une telle problématique afin d'apprécier les conséquences concrètes du plomb de chasse, sur l'homme et l'environnement.

Le plomb, notoirement connu pour sa toxicité, impliquait néanmoins, outre son histoire, d'être étudié en tenant compte du milieu dans lequel il se retrouve.

C'est ainsi que ce travail tend à retracer les conséquences générées par l'utilisation du plomb de chasse, de sa fabrication à son utilisation, en vue d'étudier ses répercussions effectives sur l'homme et l'environnement.

Par suite, cette analyse a permis de mettre en avant que les retombées du plomb en milieux secs n'étaient que peu impactantes, comparées à celles en milieu humide, puisque ce dernier favorise la formation et la dispersion des composés toxiques du plomb, pouvant alors atteindre les espèces vivant dans ce milieu humide.

En sus de cet impact environnemental, il était nécessaire d'analyser l'impact du plomb de chasse à l'égard des humains, en identifiant les personnes à risque d'être intoxiqués, afin de comprendre la physiopathologie de l'intoxication et d'être en mesure de mieux la détecter et la traiter.

Ceci a permis d'établir des valeurs seuil de contamination et de mesurer les effets potentiels de consommation de gibier contaminé, pour parvenir à déterminer une fréquence de consommation tolérée.

Toujours est-il qu'en raison de la diversité des milieux à étudier et des multiples espèces vivantes dans ces derniers, de nombreuses études restent attendues pour être en mesure de qualifier et quantifier avec précision l'impact réel du plomb de chasse sur l'environnement.

Nonobstant, ce manque d'études précises, ce sujet est au centre de l'actualité juridique européenne qui n'a cessé de restreindre l'utilisation du plomb au sein de l'activité de chasse et tend désormais à son abolition totale, et ce, indépendamment du milieu considéré.

INTRODUCTION

Jadis, l'Homme n'avait pas conscience de ce qu'était la maladie, ainsi lorsqu'une douleur se faisait ressentir, Il recherchait quel mal l'accablait.

Les premières traces de ce qui pourrait s'apparenter à une prescription de médicaments, remontent à l'aube de l'histoire. Nous avons notamment pour illustration le Pen Tsao qui signifie "herbier", "racine des plantes", rédigé par les Chinois dès 3 600 av. JC), la tablette sumérienne de Nippur datée de la fin du 3^e millénaire (av. JC 2200) ou encore le Papyrus Ebers (égyptien) datant de 1350 av. JC.

Tous ont permis de constater que de nombreuses plantes et substances utilisées en ces temps très anciens, le sont toujours de nos jours, notamment l'opium, la scille, l'absinthe, l'armoise, le foie de certains animaux, desquels sont extrait aujourd'hui la vitamine A, ou encore les décoctions d'écorces de saule contre les douleurs, écorce qui permet de nos jours d'extraire l'acide acétylsalicylique.

En revanche, les prières et les incantations magiques d'antan qui accompagnaient les premières tentatives thérapeutiques, ont laissé place ensuite, aux vertus curatives et toxiques des plantes qui avaient pour but « d'aider les dieux ». Ces dernières se sont toutefois dissipées pour se centrer sur l'aspect scientifique.

En Grèce, c'est à compter du V^{ème} siècle avant notre ère, que la médecine et la volonté de guérir se séparent de l'aspect divin. Hippocrate participe à cette scission en affirmant que la maladie est un « *phénomène naturel qu'il ne faut pas cacher sous le manteau de la divinité* », il l'écarte ainsi de ses aspects divinatoires et démoniaques.

Les médecins déjà trop occupés par leur clientèle au temps d'Hippocrate et de Galien, mettaient en charge des auxiliaires, appelés "*pharmaceutae*", pour préparer leurs remèdes.

Ce sont là les prémices de la séparation de la médecine et de la pharmacie.

S'il est toutefois difficile de déterminer avec exactitude l'époque de cette disjonction, il convient de préciser que les premières écoles de médecine d'Europe, telle que l'École de Salerne datant du XI^{ème} siècle faisait d'ores et déjà le distinguo entre la médecine et la pharmacie (1).

En France, il faut attendre le XII^{ème} siècle pour que cette distinction soit ordonnée par l'université de Paris, disposant que : « *L'étudiant en médecine qui voulait devenir maître ès arts ne pouvait donc ni utiliser le mortier et le pilon ni même le rasoir du chirurgien barbier* » (2).

Au cours du Moyen-âge, ce sont les Moines désignés sous le terme d'apothicaire venant du Grec « *Apotheke* » qui signifie « *mettre de côté* », « *mettre en réserve* », qui étaient en charge de la pharmacie. Chaque monastère devait cultiver au moins seize plantes médicinales répertoriées dans un catalogue dénommé « *l'Hortulus* ».

Néanmoins, les Papes et les conciles qui n'appréciaient pas l'aspect commercial assortissant la profession d'apothicaire, ont tenté d'interdire cette profession aux moines.

De ce fait, l'apothicaire devient au XIII^{ème} siècle, un artisan qui tout en tenant la boutique, prépare les médicaments prescrits par le médecin. Mais l'apothicaire longtemps confondu avec l'épicier, mènera la profession d'apothicaire à lutter pour ses privilèges et son indépendance.

Par suite, des statuts sont venus réglementer la formation et l'exercice des fonctions d'apothicaires.

Dès lors, en France, c'est en 1271 que l'un des premiers textes interdit aux apothicaires le droit de délivrer des remèdes sans prescriptions médicale, exception faite pour les remèdes vulgaires.

Depuis la déclaration royale du 25 avril 1777, les apothicaires ne sont plus des épiciers, le savoir-faire et les connaissances de ces derniers sont contrôlés. L'épicier conserve toutefois le droit de vendre certaines plantes néanmoins, dénuées de toute préparation, puisque seuls les apothicaires disposent du monopole.

La profession d'apothicaire devient un métier privilégié formant une seule corporation dénommée « *collège de pharmacie* » et les maîtres apothicaires deviennent dès lors Maîtres en pharmacie.

Par conséquent, cette déclaration devient le point de départ de l'organisation française des pharmacies modernes. Les premiers pharmaciens ont ainsi pu s'installer légalement en France dans leur pharmacie à condition de posséder leur officine en exerçant personnellement leurs charges. Si les couvents et les hôpitaux ne pouvaient plus faire commerce de médicaments, ils gardaient néanmoins la faculté de disposer de pharmacies pour leur usage interne.

Face au progrès pharmaceutique utilisant des produits toxiques, des sérums, et des vaccins, établir une réglementation stricte est apparue indispensable.

L'aspect commercial des officines impliquait d'instaurer une moralisation et une éthique professionnelle irréprochable, c'est ainsi que naquit la déontologie des pharmaciens. À tel point que cette profession devient l'une des plus réglementées au monde et l'industrie pharmaceutique fait désormais face à des obligations administratives de sécurité tellement drastiques, que pour beaucoup de scientifiques, elles constituent un frein à la découverte de nouveaux médicaments.

In fine, l'essence même de la profession pharmaceutique n'est autre que la manipulation et le stockage du remède, aujourd'hui appelé médicament.

Ce dernier vient du mot grec "*pharmakon*", signifiant, le poison, la drogue, et c'est de là, que le métier de pharmacien tire son nom : un homme qui étiquette, classe, range, surveille le *pharmakon* pour le délivrer, tout en tirant profit de cette vente ⁽³⁾.

L'histoire de la pharmacie nous apprend qu'aussi précieux soit le médicament pour la santé, il n'en est pas moins dangereux à manier.

De ce fait, il était indispensable pour les citoyens de pouvoir distinguer rapidement le spécialiste du charlatan. C'est la raison pour laquelle toutes les pharmacies disposent d'un logo identique pour indiquer leur emplacement.

Cet emblème a évolué au cours des siècles, il fut d'abord représenté au Moyen-âge par un mortier et un pilon, représentant les outils utilisés par les pharmaciens de l'époque pour fabriquer les remèdes thérapeutiques.



Figure 1. Le mortier et son pilon

Source : <https://www.istockphoto.com/fr/vectoriel/mortier-et-pilon-vintage-gravure-illustration-isol%C3%A9-sur-fond-blanc-symbole-de-la-gm1064982678-284772950>

Par la suite, apparaît le symbole du serpent enroulé autour d'une coupe que nous connaissons aujourd'hui.



Figure 2. Serpent autour de la coupe d'Hygie

Source : <https://fr.depositphotos.com/stock-photos/pharmacie-logo.html>

Il s'inspire de la mythologie grecque, notamment d'Hygie déesse de la santé et de l'hygiène et de son père Asclépios dieu de la médecine et de la guérison, tous deux étant représentés accompagnés d'un serpent.

Le serpent du logo des pharmaciens serait la couleuvre d'Asclépios, un serpent inoffensif pour l'homme, symbole de guérison et de sagesse.

Concernant le récipient, il s'agirait de la coupe d'Hygie « *patera* », à savoir un « *bol médicinal* » permettant de recueillir le venin du serpent utilisé pour fabriquer les médicaments.

S'ajoute ensuite le caducée du latin « *caduceus* » signifiant bâton, baguette. Toutes les professions médicales disposent de leur propre caducée, symbolisant leurs connaissances et leur savoir-faire.

Pour les pharmaciens, dans la mythologie, le bâton fait référence au bâton d'Esculape/Asclépios qui plantait ce dernier dans le sol pour découvrir tous les secrets de la terre et des plantes lui offrant ainsi le pouvoir de soigner tous les maux. S'il est vrai que le bâton n'apparaît pas clairement sur l'emblème des pharmacies, pour certains, il est identifiable à travers le pied vertical de la coupe rappelant ce dernier (1).

Un nouveau tournant est apporté à l'emblème des pharmacies, suite à la naissance de la Croix-Rouge en Suisse lors de la bataille de Solferino en 1859.

La première convention de Genève apparaît des 1864 permettant de créer des comités de secours dont l'étendard sera une croix rouge sur fond blanc. Ce dernier fut adopté par les pharmaciens qui commencèrent à le placer devant leur enseigne pharmaceutique, jusqu'à ce qu'une loi de 1913 vienne prohiber l'utilisation de cette croix rouge à des fins commerciales.

C'est dans ce contexte qu'il a été proposé de représenter le logo des pharmaciens par une croix verte, cette couleur à connotation végétale, rappelant l'herbe et plus

précisément les plantes utilisées comme composants par les pharmaciens pour fabriquer les médicaments.

En 1984, cette croix verte a été officiellement enregistrée comme étant le symbole des Pharmaciens de France et fut placée à l'entrée de toutes les pharmacies françaises pour s'étendre ensuite dans le monde entier (4).

S'il est indéniable que la découverte des vertus toxiques des plantes a été rendue possible grâce aux activités primitives de l'Homme, à savoir, la chasse, la pêche ou encore la cueillette, où la toxicité des plantes a été utilisée comme poison, outre l'évolution des techniques de chasse qui a fait émerger le plomb.

La chasse était indispensable à la survie des premiers hommes qui ont peuplé la terre. À tel point que l'on peut dire que la chasse est née avec l'Homme.

Outre la chasse, le soin et la guérison seraient donc pour certains anthropologues, tels que Margaret Mead, les premiers signes de civilisation. Cette dernière déclarait notamment :

« qu'aider quelqu'un d'autre dans les difficultés est le point où la civilisation commence » et elle expliquait que *« dans le règne animal, si on se casse une jambe, on meurt. On ne peut pas fuir le danger, aller à la rivière boire ou chercher de la nourriture. (...) Aucun animal ne survit à une jambe cassée assez longtemps pour que l'os guérisse. Un fémur cassé qui est guéri est la preuve que quelqu'un a pris le temps d'être avec celui qui est tombé, a bandé sa blessure, l'a emmené dans un endroit sûr et l'a aidé à se remettre »* (5).

Si autrefois, il fallait être en bonne santé pour pouvoir chasser et de ce fait se nourrir, nous comprenons aisément la raison pour laquelle les techniques de chasse n'ont cessé d'évoluer pour finir par faire émerger le plomb.

En revanche, de par l'évolution sociétale et plus spécifiquement l'industrialisation et la conscientisation de ce qui est bon pour sa santé, l'homme n'a désormais plus besoin de

chasser pour se nourrir, toutefois, il a compris l'importance de la nourriture pour préserver sa santé.

En dépit de cette industrialisation, la chasse a perduré.

À tel point qu'aujourd'hui c'est d'autant plus devenu une activité de loisirs, qu'une nécessité vitale hormis pour certains peuples reculés. L'homme ne chasse plus par besoin, mais pour beaucoup par passion et le célèbre fusil de chasse au plomb demeure désormais l'arme la plus usitée de notre ère pour cette activité.

Naturellement, la question de l'usage du plomb pour la chasse et de son impact sur l'homme et l'environnement se pose.

Depuis cette dernière décennie, la protection de l'environnement est au cœur des débats et a permis d'éveiller les consciences sur l'importance de protéger notre planète.

Si l'on remonte aux prémices de la chasse jusqu'à l'émergence du plomb (**Partie I**), ce n'est que récemment, que cette conscientisation du danger de contamination que représente le plomb pour l'environnement (**Partie II**) et ses risques d'intoxications sur l'homme (**Partie III**) a vu le jour. Dès lors, pour pallier ces risques issus pour partie de l'activité de chasse avec des munitions au plomb, un cadre législatif a été posé (**Partie IV**).

PARTIE I. Des prémices de la chasse, à l'émergence du plomb

Si le plomb est à présent utilisé comme projectile au sein des munitions des armes de chasse (**Section 2**), initialement, l'invention des armes n'était pas destinée à se nuire entre hommes mais à la chasse afin de vaincre les animaux plus forts et plus rapides que l'homme chasseur (**Section 1**).

Section 1. La genèse de la chasse

De la chasse primitive, au loisir (**A**), les techniques de chasses se sont perfectionnées (**B**).

A. L'évolution de la chasse au sein de la société

La chasse demeure pour l'Homme l'activité la plus ancienne, comprenant autrefois un sens large incluant la pêche et la cueillette.

Aux prémices de l'humanité, il s'agissait des seules ressources nutritives à la portée de l'homme, qui a rapidement appris à connaître la faune afin de chasser plus aisément.

Si l'Homme a laissé peu de traces, certaines découvertes ont tout de même permis une reconstitution approximative de l'histoire de l'homme primitif où la chasse avait une place centrale. Les peintures laissées par les premiers hommes dans les grottes ont permis d'en savoir plus sur la faune et sur ce qui préoccupait les hommes de l'époque à savoir notamment les méthodes de chasses, les animaux devenus sacrés pour telles ou telles raisons. En effet, l'art rupestre représentait presque toujours des scènes relatives à la chasse.

Au cours des siècles, la place de cette dernière n'a donc cessé de grandir dans le cœur et l'esprit des hommes et n'est pas restée longtemps une simple source d'alimentation ou d'habillement, mais a rapidement acquis des vertus économiques, artistiques, religieuses, sportives et politiques.

Pour exemple, en ex-somalie française, deux mille ans avant J-C, les défenses d'éléphants se commercialisaient, la chasse aux éléphants était présente pour obtenir l'ébène et l'ivoire (6).

Après un laps de temps, au cours de l'organisation des sociétés, la chasse s'imprégna de croyances, menant à des manifestations religieuses, civiques, où l'homme en vient à s'identifier à l'animal qu'il tuait. Notamment dans certains peuples africains, l'animal devenait un totem pour le chef de la tribu qui pensait hériter des vertus de l'animal qu'il tuait.

Outre l'utilisation d'outils pour assurer sa défense et chasser, la nécessité pour l'homme d'améliorer ses outils de chasses est rapidement apparue au cours de la période néolithique.

Cette période est un marqueur crucial dans l'histoire de la chasse où l'homme commence à dompter la nature pour ne plus avoir à subir ses aléas. L'élevage et l'agriculture font leur apparition et les armes disposent d'une conception plus minutieuse par le biais du polissage de la pierre et le tissage des peaux. C'est ainsi que le produit de la chasse devient d'une certaine façon une monnaie d'échange avec l'émergence du commerce des peaux.

Néanmoins, les armes et les techniques de chasse n'ont évolué que très lentement de la Préhistoire à l'Antiquité.

À la fin de l'antiquité la chasse n'était qu'une activité secondaire avec très peu d'intérêt économique dans la vie des Grecs et des Romains chez qui l'agriculture était l'occupation primordiale.

Malgré cela, toute la mythologie témoigne de l'amour qu'éprouvaient ces peuples pour la chasse et la nature. Ces derniers faisaient de la pratique de la chasse un atout majeur pour le soldat, en lui donnant une dimension sportive comme lors des jeux où il devait combattre la bête.

Initialement, pour les Romains, la chasse était un travail indigne laissé aux esclaves ou aux pauvres. Lorsque la tendance s'inversa pour aboutir à un privilège réservé aux hommes libres dont la chasse à l'outrance, a lourdement impacté les populations de certains gibiers (7).

A contrario, les Grecs eux s'efforçaient de préserver leurs ressources.

Au cours du Moyen-âge, les parties de chasse s'apparentaient à de vraies cérémonies et devenaient une manifestation de puissance et de richesse avec des cortèges immenses, des parades où les cors résonnaient, des pavillons multicolores où les chasseurs étaient habillés de vêtements nobles et luxuriants accompagnés de grandes meutes de chiens.

B. Rétrospectives sur les techniques de chasse

De la préhistoire à nos jours, l'évolution des armes de chasse n'a pas été des plus rapides.

1. La Préhistoire

Les parois des grottes préhistoriques permettent de relever que, la première technique utilisée par l'homme pour chasser aurait été le piégeage. Cet outil consistait à mettre des trappes sur les passages, là où l'homme avait repéré au préalable des traces d'animaux.

Il pouvait également s'en servir pour la chasse en groupe afin d'y rabattre le gibier.

Cet outil a perduré et n'a eu de cesse d'être amélioré (6) :

- Les fosses découvertes : où le gibier y est rabattu et mis à mort
- Fosses couvertes (méthode encore utilisée en Afrique ou en Inde)
- Les pièges à chute consistant à faire tenir un billot de bois sur des pieux verticaux, au passage de l'animal le billot tombe sur ce dernier et lui fracture la colonne vertébrale
- Les pièges à filets posés verticalement dans une coulée
- Les palissades pour canaliser le gibier vers un point déterminé
- Les lacets, sortes de cordes faites en lianes tressées avec des nœuds coulants

Au cours du Paléolithique inférieur, les hommes utilisaient d'ores et déjà des outils en bois, en silex, en pierre et savaient prélever des os sur les gibiers.

Ainsi, au-delà des pièges, les armes de l'époque étaient les suivantes :

- Les épieux en bois ou à pointe en silex
- Les massues en bois,
- La hache en silex,
- Le harpon en bois, en os ou en bois de cerf,
- Le poignard en silex,
- Les cordes en tendons ou en liane tressées,
- Le lasso de peau ou de fibres végétales,
- Les frondes en peau assouplies,
- Les bolas (deux pierres reliées par une corde en liane tressée),
- L'arc à flèche a une origine imprécise, mais son apparition est estimée être à la fin du Paléolithique.

C'est à cette période-là que les poisons issus des végétaux ou des animaux vont être utilisés sur les lances et les pointes en pierre. Les chiens quant à eux étaient déjà des compagnons de chasse pour l'homme.

Dents, os, ambre sont avec la pierre les matériaux qui vont venir perfectionner, au cours du néolithique, les armes déjà existantes et l'homme commence à se sédentariser (8).

2. *L'âge du bronze*

La sédentarisation se développe, le perfectionnement de l'agriculture et de l'élevage permet de répondre aux besoins alimentaires fondamentaux en faisant passer la chasse au second plan. C'est la raison pour laquelle il n'y a pas d'évolution majeure des armes et des techniques de chasse au cours de cette période.

Malgré tout, les outils de chasse se sont améliorés par l'addition ou la substitution de certaines parties en pierres polies par le bronze. Ainsi que l'amélioration de l'arc commun par l'arc à double courbure, permettant de réduire la taille de l'arme sans affecter sa puissance (6).

C'est dans la seconde partie de cette période que l'homme commence à domestiquer le cheval.

3. *L'âge du Fer*

Le désir de sédentarisation se confirme et la chasse perd peu à peu son caractère exclusif de recherche alimentaire. En effet, la chasse du lièvre devient courante et lorsqu'on mesure l'effort nécessaire pour acquérir ce maigre butin, nous pouvons facilement en déduire que cette activité relevait davantage du loisir que de la nécessité.

L'armement et les techniques de chasse n'ont pas grandement évolué, la chasse se pratique davantage à cheval ou à pied en poursuivant le gibier, armé de lances ou d'arcs.

En définitive, les armes et les techniques de chasse n'ont évolué que très lentement de la Préhistoire à l'Antiquité.

Avant l'invasion romaine, les peuplades d'Europe centrale chassaient de façon individuelle en temps de paix, et de manière collective en temps de guerre ou de famine (6).

4. *À l'époque Gréco-romaine*

À cette époque, la meute de chiens occupe une place centrale dans les techniques de chasse. Dans certaines régions diverses d'autres techniques sont employées (8) :

- Le piégeage au collet,
- Le piégeage à la glu
- Le filet pour les passereaux.
- À cheval à l'aide d'un arc ou à pied avec une fronde, ou à la hache.
- La fauconnerie : connue, mais non pratiquée en Europe, lorsqu'elle l'est en Eurasie.

5. *Au Moyen-Âge*

Au Moyen Âge, la chasse est réservée aux nobles qui montaient à cheval escortés de leurs meutes de chiens qui traquaient le gibier. Cette chasse a perduré jusqu'à nos jours.

Ce n'est que par la suite que ce privilège se répand aux particuliers qui se voient accorder le droit de chasser à l'arc, au filet ou à la lance, ce qui impacta grandement les populations de gibiers.

Deux techniques atypiques émergent également en Europe au cours de cette époque :

- Le guépard qui fut dressé pour la chasse
- Et l'avènement de la fauconnerie

Aucune évolution n'est par ailleurs constatée jusqu'en 1525 (6).

6. Vers 1460 : L'apparition de l'arme à feu

La première arme à feu utilisée par les chasseurs fut l'arquebuse, ancêtre des carabines, qui se tient sous le bras ou à l'épaule et qui se met à feu par un serpentin en fer ainsi qu'une mèche qui sera remplacée par un rouet vers 1510.

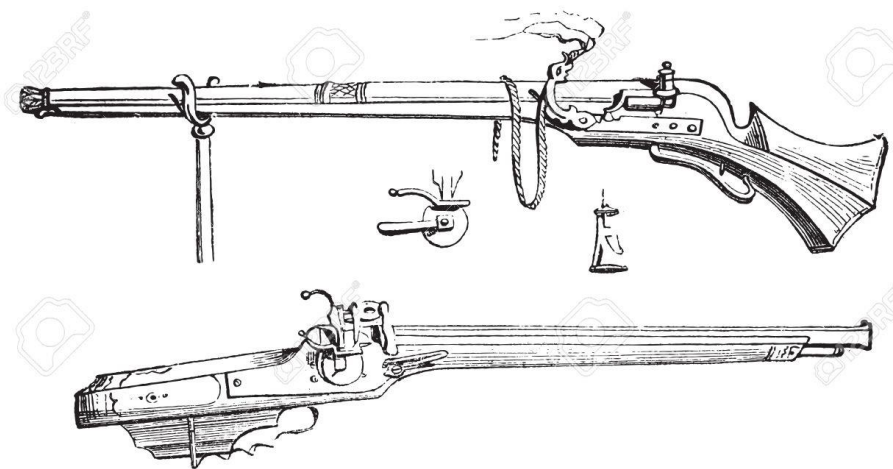


Figure 3. Arquebuse primitive (en haut) et arquebuse à rouet (en bas)

Source : https://fr.123rf.com/photo_13766554_vieux-illustration-grav%C3%A9e-de-arquebuse-ou-le-tube-crochet-ou-arquebuse-ou-harkbus-avec-son-rouet-isol%C3%A9-s.html

Vers 1521, l'arquebuse a été allongée et son calibre augmenté ce qui donna naissance au mousquet, une arme à feu également utilisée pour la chasse et dont la mise à feu se faisait par allumage d'une mèche dont le projectile unique était en plomb (9).

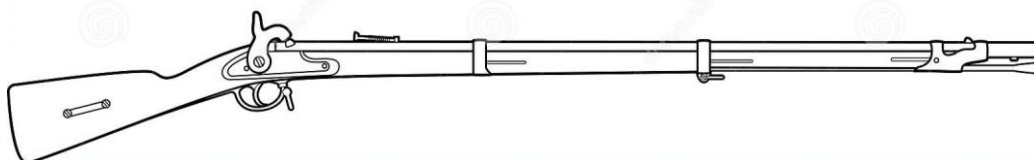


Figure 4. Mousquet

Source : <https://fr.dreamstime.com/long-mousquet-antique-feu-modifiable-illustration-extensible-vecteur-image166330690>

Lorsque l'homme ne chassait que par besoin, les facultés reproductrices des animaux compensaient largement les pertes de ces derniers. Cependant, lors de l'invention de la poudre et l'utilisation du plomb comme projectile cet équilibre fût menacé.

Section 2. L'avènement du plomb : une révolution pour la chasse

Le plomb est avant tout un élément chimique (A) utilisé depuis des millénaires (B).

A. L'élément chimique

L'étymologie du mot plomb ainsi que son symbole « *Pb* » proviennent du latin Plumbum signifiant « *plomb* ». Il s'agit de l'élément chimique issu de la famille des cristallogènes. Néanmoins, pour comprendre les mécanismes d'action de ce métal et de ses nombreux dérivés, il est nécessaire de se pencher sur leurs propriétés physico-chimiques ⁽¹⁰⁾.

Symbole : Pb

Numéro atomique : 82

Masse atomique : 207,2 u

Densité : 11,34

Point de fusion : 327,43 °C

Point d'ébullition : 1740 °C

Électrons par niveau d'énergie : 2,8,18,32,18,4

Le tableau périodique des éléments est présenté ci-dessous. Le plomb (Pb) est entouré d'un cercle rouge. Les lanthanides et actinides sont indiqués par des astérisques (* et **) dans les cases correspondantes.

1A	1	H	2	He	VIIIA													
1	Hydrogène			Hélium														
2	3	Li	4	Be														
2	Lithium	Béryllium																
3	11	Na	12	Mg														
3	Sodium	Magnésium																
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4	Potassium	Calcium	Scandium	Titane	Vanadium	Chrome	Manganèse	Fer	Cobalt	Nickel	Cuivre	Zinc	Gallium	Germanium	Arsenic	Sélénium	Brome	Krypton
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
5	Rubidium	Strontium	Yttrium	Zirconium	Niobium	Molybdène	Technétium	Ruthénium	Rhodium	Palladium	Argent	Cadmium	Indium	Étain	Antimoine	Tellure	Iode	Xénon
6	55	56	*	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
6	Césium	Barium		Hafnium	Tantale	Tungstène	Rhénium	Osmium	Iridium	Platine	Or	Mercure	Thallium	Plomb	Bismuth	Polonium	Astato	Radon
7	87	88	**	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
7	Francium	Radium		Rutherfordium	Débiérium	Séabergium	Bohrium	Hassium	Méitnerium	Darmstadtium	Röntgenium	Ununbium	Ununtrium	Ununquadium	Ununpentium	Ununhexium	Ununseptium	Ununoctium
* lanthanides		57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71		
* lanthanides		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
** actinides		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103		
** actinides		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

Figure 5. Tableau périodique des éléments

Ce métal, gris bleuâtre qui s'oxyde à l'air n'en reste pas moins très malléable et facile à tréfiler. Outre son caractère mutagène, reprotoxique et toxique, il demeure sans valeur d'oligoélément connu à ce jour. Malgré sa faible conductivité électrique, il dispose d'une capacité d'absorption des rayons électromagnétiques (X et γ) par sa masse importante. Présent sous de multiples aspects dans l'environnement, il est essentiellement observé dans la croûte terrestre et les sols, mais constitue une ressource non-renouvelable.

S'il est très peu probable de rencontrer du plomb pur à l'état naturel, il se retrouve en grande proportion dans les minéraux suivants : la Galène (qui en contient près de 87 %), la Cérusite (77 %) et l'Anglésite (68 %). Plus de 240 minerais contiennent du plomb et une grande partie en contient moins de 10 %. À noter que lorsque les minerais en contiennent moins de 3 %, ils ne sont pas économiquement rentables et sont de ce fait, inexploités ⁽¹⁾.

On remarque aussi qu'une minorité du plomb de notre environnement provient de la décomposition radioactive de l'Uranium.

C'est à compter de 1980 qu'il est déclaré comme étant potentiellement cancérigène, puis devient en 2004 « *probablement cancérigène* » pour l'humain, mais également l'animal.

Les principaux responsables du caractère toxique du plomb proviennent de ses composés minéraux dérivés à savoir les oxydes de plomb et certains sels ⁽¹²⁾ :

- **Le Sulfate de Plomb (PbSO_4)** autrement désigné « *Anglésite* » est présent à la fois à l'état naturel, mais également sur les sols pollués par des usines travaillant le plomb par suite de l'oxydation des sulfures. Faiblement soluble dans l'eau, il l'est davantage dans les solutions d'acide chlorhydrique.
- **Le Sulfure de Plomb (PbS)**, aussi appelé « *Galène* » présent à l'état naturel compose le minerai principal. S'il est à la fois très peu soluble dans l'eau, mais

aussi dans l'acide chlorhydrique, il demeure sensible à l'oxydation de l'air pour former du sulfate de plomb.

- **Le monoxyde de plomb (PbO)** ou la litharge est au même titre que le monoxyde de carbone issu de la combustion du plomb et de ses dérivés, à savoir la métallurgie, les moteurs thermiques, etc... Il peut aussi être obtenu par oxydation du plomb fondu, mais également par oxydation de la galène. Malgré sa faible solubilité dans l'eau, il est très soluble dans l'acide acétique, et sert particulièrement à fabriquer du cristal et des verres.
- **Le carbonate basique** également dénommé céruse ou blanc de Saturne (**Pb (OH)₂, 2PbCO₃**), est soluble dans les acides. Il fut principalement employé pour fabriquer les peintures jusqu'en 1948.
- **Le carbonate neutre ou cérusite (PbCO₃)** quant à lui est très soluble dans les acides, mais peu dans l'eau sauf en présence de CO₂.
- **Le séléniure de plomb (PbSe)** est le composant majoritaire de la clausthalite, il demeure très peu soluble dans l'eau et dans l'acide chlorhydrique.
- **Les acétates de plomb** dont le plus fréquemment retrouvé est l'acétate trihydraté (**Pb(CH₃COO)₂, 3H₂O**) dispose d'une grande solubilité dans l'eau.
- **Le dioxyde de plomb ou oxyde puce (PbO₂)** est photosensible. Soluble dans l'acide chlorhydrique, il ne l'est pas dans l'eau. C'est un oxydant fort que l'on peut retrouver dans les batteries au plomb.
- **Le minium (Pb₃O₄)** tout comme le dioxyde de plomb, est un oxydant insoluble dans l'eau, mais soluble dans les acides chlorhydriques.

Le plomb possède également des affinités avec diverses entités auxquelles il s'associe aisément dans l'organisme, telles que ⁽¹²⁾ :

- Le **carbone** avec lequel il peut former divers composés organiques. Parmi ces derniers, nous pouvons relever le Plomb tétraéthyle $Pb(C_2H_5)_4$ composé volatile très soluble dans les huiles, utilisé pour stabiliser l'essence. Le Plomb tétraméthyle $Pb(CH_3)_4$ présente quant à lui les mêmes propriétés.
- Le **soufre**, ce qui permet de comprendre certains mécanismes d'action faisant intervenir des enzymes ou molécules présentant des groupements thiols.
- Le **sélénium** expliquant ainsi les insuffisances en sélénium pour les individus exposés au plomb.
- Les dérivés **dicarboxyliques** permettant son transport par l'ostéocalcine et sa complexation avec l'EDTA (acide éthylènediaminetétraacétique) pour le traitement des intoxications au plomb.
- Le **calcium** : ceci est dû à ses caractéristiques similaires (densité de charge, charge de valence, et rayon ionique).

B. L'histoire du plomb

Le plomb est un composant majeur de la croûte terrestre, c'est la raison pour laquelle il était l'un des métaux les plus usités et populaires de l'histoire. De nombreuses découvertes relatent la présence de plomb dans des tombes et divers objets datant de 40 000 ans av. J-C ⁽¹³⁾.

Au cours de l'Antiquité, les Égyptiens, les Grecs et les Romains savaient isoler le plomb pour notamment produire du maquillage, colorer des faïences, alourdir les hameçons, mais aussi produire d'autres objets plus communs.

Sous l'empire Romain, la production de plomb est estimée à 60 000 tonnes par an, ce qui ne se reproduira qu'à compter du XIX^{ème} siècle en Europe ⁽¹⁴⁾.

À l'époque romaine, les tuyauteries étaient déjà faites de plomb, de même qu'il était utilisé pour conserver et sucrer le vin, ce qui permit de révéler sa toxicité puisque les grands consommateurs de l'époque souffraient des symptômes de l'intoxication. La toxicité de ce dernier était donc d'ores et déjà connue des médecins de l'Antiquité et pour certains historiens, ce serait en partie, l'une des causes à l'origine de la chute de l'empire romain.

Pourtant ce n'est qu'au cours du moyen-âge qu'un terme spécifique est venu désigner l'intoxication par le plomb « *Le Saturnisme* ». Cette appellation trouve son origine dans la mythologie romaine, où le Dieu Saturne dévora l'un de ses fils. C'est de ce mythe qu'une analogie fût établie avec le plomb. En effet, depuis 3 000 ans avant notre ère, la purification de l'or, mais également de l'argent était effectuée par coupellation, technique par laquelle, sous l'effet de la chaleur, le plomb fondu va dissoudre les impuretés associées aux métaux précieux recherchés.

Récemment, une étude américaine publiée en 2019 ⁽¹⁵⁾ décida de comparer le taux de plomb dans les ossements des occupants londoniens, avant et après la conquête de l'Angleterre par l'empire romain. Cette étude a permis de constater que les concentrations en plomb des ossements humains datant de la période romaine de Londres (43 à 410 après JC) étaient 70 fois supérieures à celles des populations préromaines (700 av. JC à 43 ap. JC).

Au cours de la première révolution industrielle, le plomb devient l'un des principaux métaux, composant les toitures, les canalisations, etc... Les Etats Unis en sont les principaux producteurs à l'échelle mondiale ⁽¹⁴⁾.

À la fin du XIX siècle, le plomb sera notamment utilisé pour la peinture, les moteurs thermiques et les batteries. À compter de 1920, la production mondiale de plomb atteint le million de tonnes, avec pour premiers producteurs les Etats-Unis, le Mexique, l'Espagne et l'Australie.

A titre illustratif, en 1980, c'est 3.5 millions de tonnes de plomb qui étaient produits. Aujourd'hui, 65 % de la production mondiale de plomb est assurée par trois pays : la

Chine (30 %) l'Australie (22 %) et les Etats-Unis (14 %). Ces derniers, additionnés au Pérou (10 %) au Mexique (4 %) et au Canada 2 %), représentent 82 % de la production mondiale. En 2006, ce sont 7,25 millions de tonnes qui sont consommées dans le monde avec en tête de classement, dans l'ordre ⁽¹¹⁾ :

- les Etats Unis qui vouent 85 % de leur consommation à la production de batteries et d'accumulateurs,
- la Chine,
- l'Allemagne,
- la Corée du Sud
- et la Grande-Bretagne.

En 2007, sur les 8.3 millions de tonnes produites, seulement 45 % sont issues des mines, le reste, provient du circuit de recyclage des batteries.

Ce n'est qu'un siècle plus tard que l'on se rendra compte outre la toxicité du plomb, de son impact néfaste sur l'environnement ce qui induira la fermeture de nombreuses fonderies comme celle de Noyelles en France en 2003. Ceci accélérera les recherches pour remplacer le plomb notamment dans les batteries et les munitions ⁽¹⁶⁾.

En dépit de cette toxicité connue du plomb, il n'en reste pas moins dense, très malléable et peu cher, ce qui explique que son usage a été maintenu dans de nombreux domaines, à savoir ⁽¹⁷⁾ :

- Les batteries
- Radioprotection
- Fusibles
- Imprimerie
- Lubrifiant solide en sidérurgie
- Stabilisateur dans l'essence
- Plomberie (toiture, vaisselle, tuyauterie, revêtement anticorrosion...)
- Optique (ajouté au verre, il augmente l'éclat de ce dernier.)
- Céramique
- Cosmétique comme dans le khôl

- Peinture
- Munitions de chasse/guerre

Face aux problèmes causés par la toxicité du plomb principalement lorsqu'il est absorbé par l'Homme, ce métal a été prohibé pour un grand nombre de produits notamment les cosmétiques, les ustensiles de cuisine, les jouets, les peintures, les meubles, les crayons, les tuyauteries... Toutefois, chaque pays dispose de son propre système de réglementation relatif au plomb ⁽¹⁸⁾.

De nos jours, c'est autour d'anciennes tours à plomb spécialement conçues pour la production de grenaille de chasse que l'on peut retrouver des sites hautement contaminés.

PARTIE II. Contamination de l'environnement liée à la chasse

Les effets du plomb sur les sols (Section 1) et les animaux (Section 2).

Section 1. De la fabrication à l'utilisation du plomb de chasse : les répercussions sur les sols

La création des munitions de plombs (A) et son usage pour la chasse (B) engendre des retombées sur les sols (C).

A. La fabrication des munitions

Personne n'ignore que le plomb est le principal composant d'une munition d'arme.



Figure 6. Composition d'une cartouche de chasse

Source : <https://www.munichasse.com/le-contenu-des-cartouches/>

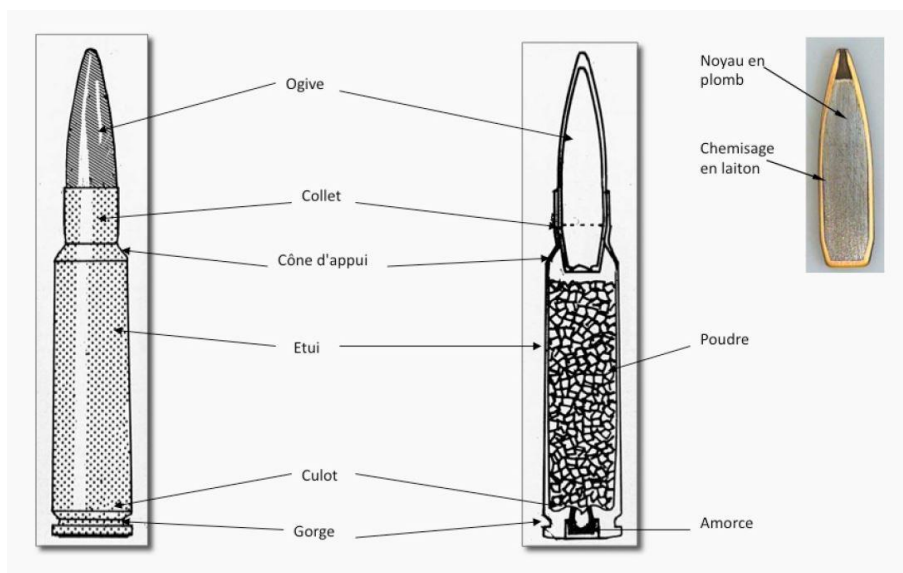


Figure 7. Composition d'une balle de chasse

Source : https://www.snipersori.com/wa_files/capture%20balle.jpg

Toutefois, le plomb usité n'existe pas à l'état naturel et se trouve dans les minerais suivants :

minéral	formule chimique	système cristallin
galène	PbS	cubique
anglésite	PbSO ₄	orthorhombique
cérusite	PbCO ₃	orthorhombique
boulangérite	Pb ₅ Sb ₄ S ₁₁	monoclinique
bournonite	CuPbSbS ₃	orthorhombique
minium	Pb ₃ O ₄	quadratique
plattnérite	PbO ₂	quadratique
phosgénite	Pb ₂ Cl ₂ (CO ₃)	quadratique
plombojarosite	PbFe ₆ (SO ₄) ₄ (OH) ₁₂	rhomboédrique
pyromorphite	Pb ₅ (PO ₄) ₃ Cl	hexagonal
mimétite	Pb ₅ (AsO ₄) ₃ Cl	hexagonal
vanadinite	Pb ₅ (VO ₄) ₃ Cl	hexagonal
descloizite	PbZn(VO ₄)(OH)	orthorhombique
wulfénite	PbMoO ₄	quadratique
stolzite	PbWO ₄	quadratique
crocoïte	PbCrO ₄	monoclinique

Figure 8. Tableau des principaux minerais de plomb

Source : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/plomb/>

Le plomb se retrouve plus majoritairement dans un minerai dénommé la galène composée en moyenne de 86,6 % de plomb, issue du terme latin « *galena* » signifiant minerai de plomb.

C'est une espèce minérale qui se compose de Sulfure naturel de plomb (PbS). De nos jours, il s'agit pratiquement du seul minerai de plomb qui demeure exploité avec la cérusite (PbCO₃) et l'anglésite (PbSO₄).

A l'état naturel, la galène se disperse autour d'une gangue, terme générique employé en géologie pour définir une matière sans valeur, non exploitable, entourant le minerai d'intérêt ⁽¹¹⁾.



Figure 9. Galène en France

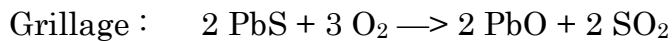
Source : <https://www.le-comptoir-geologique.com/galene-encyclopedie.html>

Pour extraire, la galène de sa gangue, deux méthodes minéralurgiques peuvent être utilisées selon la densité de cette dernière ⁽¹⁹⁾ :

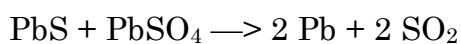
- La gravimétrie qui permet de séparer les minéraux, en fonction de leur densité en utilisant la force centrifuge.
- Et la flottation qui se définit comme « *la séparation d'un mélange de corps finement broyés, utilisant la propriété qu'ont certaines substances en milieu aqueux de fixer des bulles d'air, acquérant ainsi une densité artificiellement réduite* » ⁽²⁰⁾.

Une fois la galène extraite de sa gangue, deux étapes sont nécessaires pour isoler le plomb (Pb) ⁽²¹⁾ :

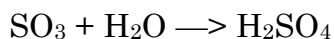
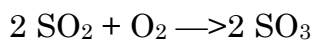
D'abord, la galène est grillée à une température comprise entre 950 °C (température à partir de laquelle peut être évité la formation de PbSO₄) et 1114 °C (température de fusion de PbS)⁽¹⁹⁾.



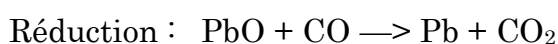
Une petite quantité de plomb fondu reste dans le concentré selon l'équation suivante :



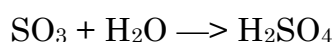
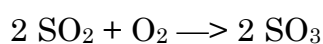
Réactions annexes : Le dioxyde de soufre est isolé pour former de l'acide sulfurique par le procédé suivant :



L'oxyde de plomb obtenu est ensuite réduit par le monoxyde de carbone apporté par le coke entre 500 et 1 000 °C.



Réactions annexes : Le dioxyde de soufre est éliminé sous forme d'acide sulfurique par le procédé suivant ⁽²¹⁾ :



La pureté du plomb ainsi obtenu est en moyenne à 98,5 %. Un raffinage sera donc nécessaire et pour ce faire, deux techniques existent :

- L'une basée sur la sensibilité à l'oxydation de la majorité de ces impuretés : pyrométallurgie.
- L'autre se basant sur la technique de l'électrolyse : électrométallurgie.

Après ce raffinage, le plomb obtenu est pur à 99,99 % et sera coulé sous forme de lingots de 45 kg appelés « *saumons* » (21).

Dès lors pour fabriquer des munitions, ces saumons sont fondus en haut d'une tour. Le plomb fondu est ensuite versé dans un tamis placé à 40 mètres au-dessus d'une cuve d'eau, ce qui permet aux gouttes de plomb de se solidifier durant leur chute avant d'entrer en contact avec l'eau (22).

Les billes de plombs ainsi ramassées sont de tailles diverses, puis triées machinalement pour être lustrées dans des cylindres contenant du graphite.

Deux espèces de plomb de chasse se distinguent alors, le plomb doux et le plomb durci. Ce dernier étant obtenu par l'ajout d'un faible pourcentage d'antimoine dans le plomb.

À noter que la cartouche moderne utilise également un composant polluant : le plastique.

B. Quantification de la pollution liée à la chasse

Une cartouche se compose en moyenne de 200 à 300 billes de plomb soit environ 32 grammes de plomb.

La Fédération française de chasse recense en 2022, 1,2 million de chasseurs actifs en France et selon l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), 250 millions est le nombre moyen de cartouches tirées en France, ce qui représente pour les adeptes de la chasse, environ 6 500 tonnes de plomb chaque année en France (23).

Pour environ 21 000 tonnes, au sein de l'Union européenne, à savoir, 14 000 tonnes dans les zones terrestres et 7 000 pour les zones humides, selon un rapport de l'Agence européenne des produits chimiques (Echa) effectué à partir des données de l'année 2012 du bureau d'études Amec ⁽²⁴⁾.

Ces chiffres n'incluent pas l'activité de tir sportif dans l'Union européenne, dont les adeptes consomment à eux seuls, selon l'Echa, environ 10 000 à 20 000 tonnes de plomb par an et 2 000 à 6 000 tonnes pour les pêcheurs au plomb ⁽²⁵⁾.

La pollution au plomb due à la chasse en Union européenne En tonnes

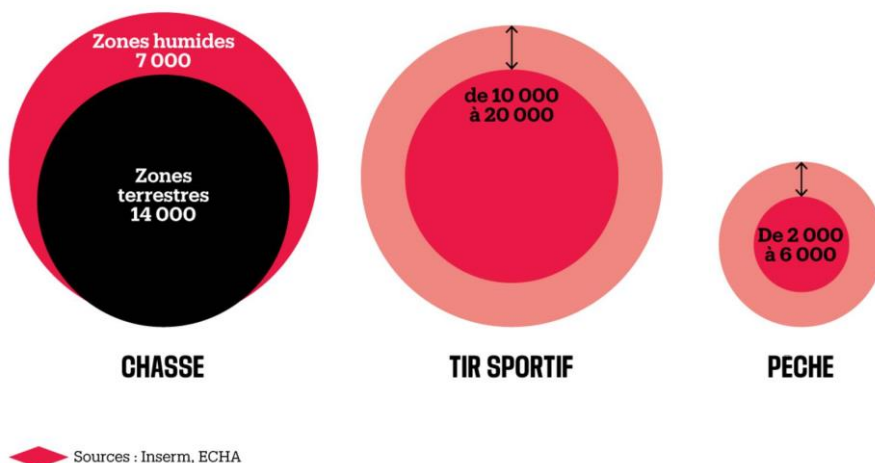


Figure 10. Graphique sur la pollution au plomb due à la chasse en UE

Source : https://www.libération.fr/france/2019/02/14/chasse-le-plomb-un-poison-pour-l-homme-et-l-environnement_1704800/

Le Groupement d'intérêt Scientifique Sol (Gissol4) a mesuré les niveaux de plomb dans les sols agricoles géoréférencés sur l'ensemble du territoire français, sachant qu'un sol est considéré pollué lorsqu'il contient plus de 110 mg/kg de plombs.

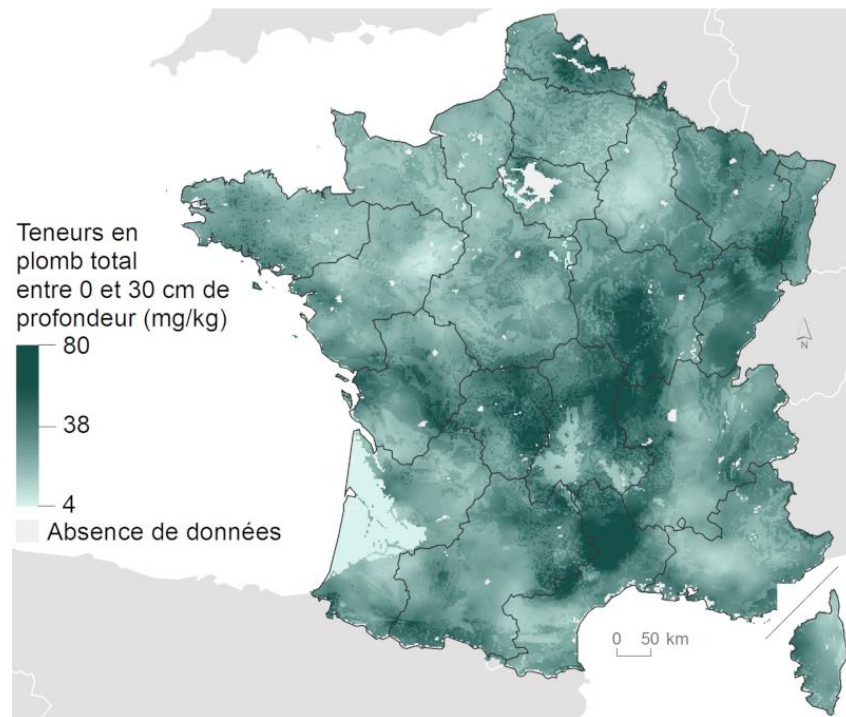


Figure 11. Teneur en plomb des sols en France

Source : <https://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/sante/la-pollution-des-sols-ressources/article/la-contamination-des-sols-par-les-metaux>

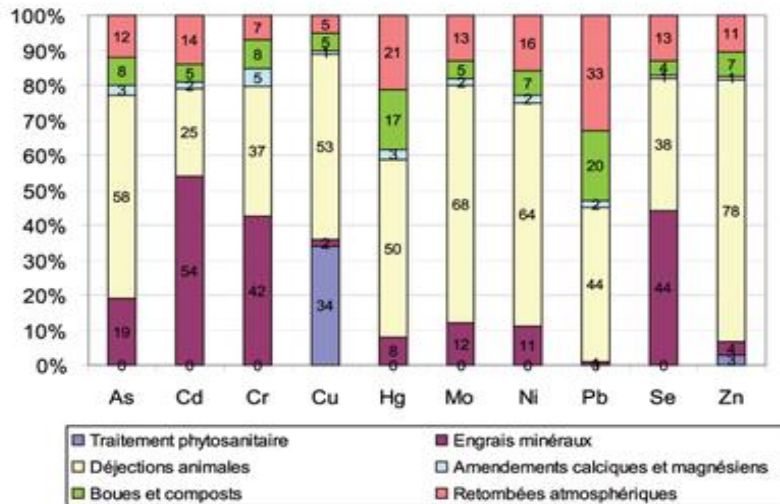
Cette carte révèle la teneur en plomb de 0 à 30 centimètres des sols français en 2011.

On peut constater que la contamination de l'environnement par le plomb est principalement issue du secteur de l'industrie, mais les zones agricoles ne sont pas pour autant épargnées.

Auparavant, il existait des contaminations diffuses en plomb des sols périurbains probablement due au plomb ajouté comme antidétonant dans les carburants avant que l'essence sans plomb ne soit commercialisée en 1990 et que le plomb ne soit totalement interdit dans le carburant à compter du 1er janvier 2000 ⁽²⁶⁾.

La chasse représente environ 6 500 tonnes par an de pollution au plomb, mais ne prend pas en compte le plastique composant les cartouches.

Néanmoins, il convient de souligner que les principales causes de contamination par le plomb dans les sols agricoles ne sont pas issues de l'activité de chasse, mais principalement dues aux traitements phytosanitaires et aux engrais (26).



Source : *Source : Gissol Adama, 2007*
 Figure 12. Graphique des différentes sources contribuant aux apports d'éléments traces métalliques sur les sols agricoles en France métropolitaine

Source : https://www.gissol.fr/rapports/synthese_HD.pdf

Un tel constat s'explique notamment par le fait que le temps nécessaire pour la décomposition totale d'une balle de plomb en milieu naturel est de 30 à 200 ans pour être désagrégée et dissoute.

Dès lors, les quelque 6 000 tonnes de plomb tirées chaque année sont tellement dispersées dans la nature que la chasse en devient un problème mineur sur l'environnement, donc quasiment négligeable contrairement à la chasse au gibier d'eau qui comme nous le verrons ci-après (**Section 2**) peut s'avérer problématique (25).

C. La contamination des sols

Le sol est le lieu de vie, des végétaux qui y prennent racine, s'y nourrissent et s'y abreuvent, pour que les animaux et les hommes puissent eux même se nourrir, mais il est également le support et la mémoire des activités humaines telles que la chasse.

Or, les facultés « auto-épuratrices » et d'absorption des sols ne sont pas sans limites et n'empêchent pas toujours la contamination de la nappe phréatique.

Les processus de transferts diffèrent selon les métaux et la nature des sols. Le ruissellement en emporte une partie lorsque le reste pénètre dans le sol.

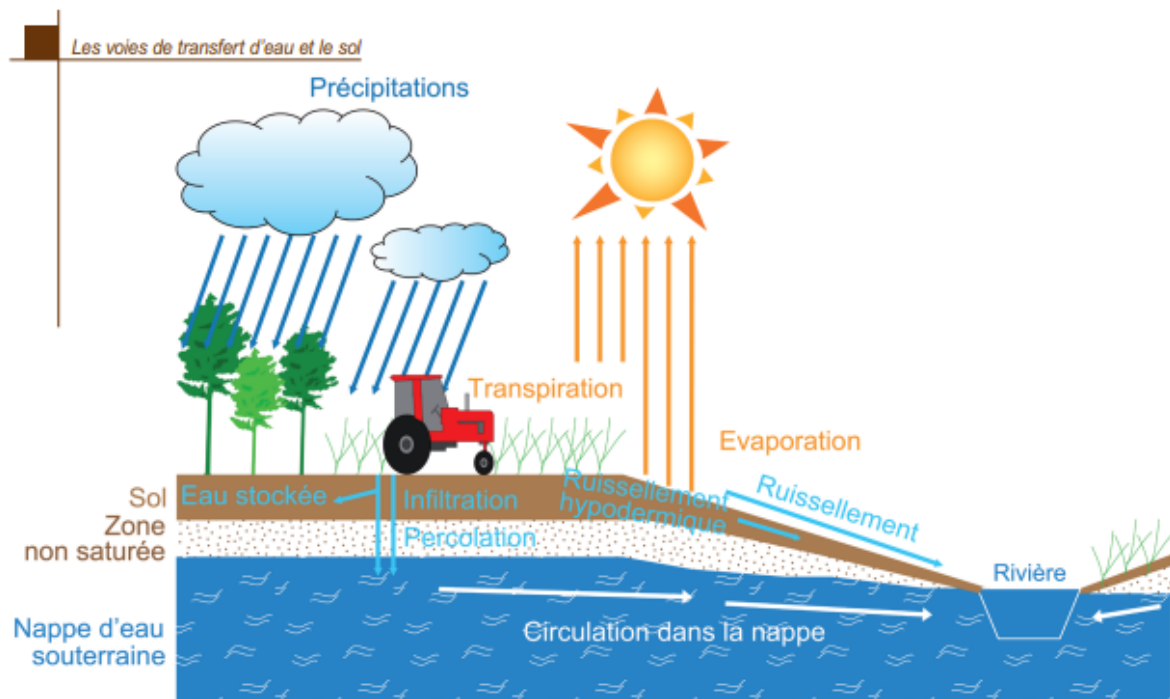


Figure 13. Les voies de transfert entre l'eau et le sol

Source : https://www.gissol.fr/rapports/synthese_HD.pdf

Outre la teneur en métaux lourds, il est primordial de déterminer la fraction phytodisponible, autrement dit la part accessible aux végétaux. Lorsqu'une quantité d'éléments trace a l'aptitude à se transférer à une plante, nous parlons de fraction biodisponible. Cette dernière dépend de la solubilité du métal.

Un métal soluble passera dans le sol et les plantes lorsqu'un métal insoluble restera dans le sol (27).

Il est important d'identifier les facteurs influençant la solubilité d'un élément trace tel que le plomb :

- L'acidité du sol. En règle générale, un sol acide rend la mobilisation des éléments traces plus simple, mais ceci n'est pas toujours vérifié et les modifications de pH peuvent avoir des effets inverses dans certains cas de figure. (Présence ou non de ligands organiques ou inorganiques).
- L'aération. Un sol aéré active les composés de fer et de manganèse eux même peu solubles qui vont immobiliser les métaux, alors qu'un sol tassé par les engins par exemple augmente leur diffusion.
- Le potentiel redox des sols influence également la mobilité du plomb. Par exemple, en milieu réducteur, les sulfates deviendront des sulfures ce qui immobilisera facilement le plomb.
- Bon nombre de phénomènes biologiques, faisant intervenir les microorganismes et les plantes jouent un rôle dans la solubilité des éléments traces dans les sols, les principaux étant :
 - La solubilisation suite à la production de composés acides (ac. Carboxyliques, phénoliques, aliphatiques, nitriques, sulfuriques) par les plantes ou les champignons.
 - L'insolubilisation qui est également une conséquence de la sécrétion extracellulaire et de la complexation avec les éléments traces, d'acides de faible poids moléculaire (ac. Oxalique, citrique, fumarique) qui normalement interagissent dans le milieu intracellulaire avec les nutriments de la plante.

- La volatilisation quant à elle fait intervenir certains microorganismes, qui si l'on prend le cas du plomb, peuvent engendrer une bio méthylation (transfert de groupement méthyle) directement sur l'atome (Pb) et permettent sa volatilisation.
- La température a elle aussi un rôle important en agissant sur toutes les réactions physico-chimiques que nous venons de voir.

Sur les sols agricoles, principalement, tout ceci peut être affecté par l'apport de matières fertilisantes, telles que les boues et l'origine de ces dernières peuvent donc modifier ces propriétés.

Malgré tout, la mobilité de la grenaille de plomb dans le sol reste négligeable comme le prouve l'étude de Knechtenhofer, en 2003 ⁽²⁸⁾ qui démontre que sur un champ de tir hautement contaminé en plomb ou le sol est très acide, 95 % des billes de plomb se situent à moins de 10 centimètres de la surface ⁽²⁹⁾.

Par comparaison, il a été démontré qu'un sol fortement contaminé par les retombées atmosphériques autour d'une usine peut présenter du plomb jusqu'à 60 cm de profondeur ⁽³⁰⁾.

La grenaille de plomb après avoir été tiré se retrouve en contact avec l'eau et l'air. De ce fait, les grains vont s'oxyder, se carbonater et engendrer divers composés de plomb ⁽³¹⁾.

Jorgensen et Willems, en 1987, mais également Emerson, en 1994 ont publié des études ayant permis d'identifier le devenir de la grenaille de plomb dans les sols et en ont conclu que les grains se corrodent et se recouvrent d'une croûte blanchâtre, grisâtre ou brunâtre contenant en majorité de la cérusite, de l'hydro cérusite et de l'anglésite ⁽²⁹⁾.

Ces produits de dégradations auront un devenir différent en fonction des caractéristiques du sol dans lequel ils se trouvent. Il a été démontré que dans des sols à pH alcalin et à forte teneur en matières organiques, soit en général des sols cultivés, ces

derniers adhèrent solidement à la bille de plomb et ne sont que très peu soluble, donc peu biodisponibles.

En ce qui concerne les sols non cultivés dont le pH est plus acide, environ 5,5, il a été calculé que la dégradation complète de la grenaille prendrait entre 100 et 300 ans ⁽²⁹⁾.

Le milieu où la grenaille de plomb aurait le plus d'impact serait dans les plans d'eau. Dans ces milieux, les produits de dégradations du plomb sont facilement mis en suspension de par leur contact permanent avec l'eau, surtout dans des conditions acides. Quand bien même le pH du milieu serait alcalin diminuant la solubilité des composés, l'érosion entraînée par les sédiments solides présents faciliterait leur arrachement et leur dispersion.

Maintenant, admettons que les produits de dégradations d'un grain de plomb rentrent en contact avec les plantes environnantes.

La tolérance des plantes vis à vis des métaux dépend aussi de leur variété. Certaines meurent à leur contact lorsque d'autre développent des mécanismes de défenses comme la sécrétion de composés consistant à ralentir leur absorption.

Les plantes peuvent se classer en trois groupes en fonction de leur comportement face à un sol lourdement chargé en éléments traces ⁽²⁷⁾ :

- Les accumulateurs, les métaux se concentrent principalement dans les parties aériennes, et ce, quelle que soit la concentration métallique dans le sol.
- Les « *excluders* » ont quant à eux une faible concentration dans les feuilles celle-ci étant régulée au niveau des racines lorsque la concentration de métaux dans le sol est peu élevée, à l'inverse si la concentration dans le sol est trop élevée la plante meurt.

- Les indicateurs, présentent une concentration égale au niveau des racines et des parties aériennes de façon proportionnelle aux teneurs des sols comme le pissenlit.

C'est aux racines que les éléments traces sont absorbés, certains s'y concentrent comme le plomb tandis que d'autres migrent vers les parties aériennes des plantes, comme le cadmium.

Un constat indéniable ressort de ces éléments, les plantes révèlent deux avantages :

- Ce sont de bons bioindicateurs pour observer la nature des polluants
- Et elles disposent d'un rôle stabilisant, voir curatif

En effet, les plantes peuvent être de bons bioindicateurs permettant d'identifier la nature des polluants, analyser leurs origines et l'évolution d'une contamination. À titre d'exemple d'origine de la pollution, les lichens n'ayant pas accès au sol sont les témoins d'une pollution atmosphérique.

Toutefois, de telles qualités ne sont pas propres aux plantes, puisque les invertébrés peuvent également être des bioindicateurs, comme le zinc qui impacte la survie des gastéropodes et non des coléoptères.

Des études ont montré que malgré les fortes teneurs en métaux lourds des sols la fraction extractible par solubilisation (lixiviation) est moindre. Cependant, il ne faut pas oublier que les végétaux peuvent jouer sur la solubilité des métaux lourds comme nous l'avons vu précédemment.

De plus, il a été prouvé qu'il y a une différence paradoxale entre la fraction phytodisponible potentielle et la quantité accumulée. Par exemple, le plomb serait bien plus phytodisponible que le chrome, mais lorsque que nous comparons l'accumulation de ces derniers, nous pouvons nous rendre compte que le chrome est largement plus accumulé que le plomb. Ceci nous montre alors qu'il est préférable d'analyser les végétaux plutôt que les sols.

Aussi, la comparaison des concentrations en éléments traces métalliques dans des plantes poussant en milieu contaminés avec celles poussant en milieu sains ne révèle pas de différence significative (sauf pour le Ni, le Cu et le Zn). Ainsi, le risque de transfert du Plomb vers la flore et les nappes phréatique est bien en deçà de ce que les calculs de la part biodisponible ne laisse envisager ⁽²⁷⁾.

Par ailleurs, nous ne connaissons, à ce jour, qu'une seule plante accumulant réellement le plomb dans ses parties aériennes, il s'agit de la Moutarde de Chine (du latin : *Brassica juncea*). Cette dernière est parfois utilisée pour décontaminer les sols pollués par le plomb.

Concernant les autres plantes, les traces de plomb que l'on retrouve sur ces dernières sont généralement issues de source atmosphérique.

Plantes	Cadmium	Zinc	Cuivre	Nickel	Plomb
Fortement accumulatrices	Carotte, laitue, épinard		Carotte	Chou	-
Moyennement accumulatrices	Chou, céleri	Maïs, betterave	Laitue, betterave	Betterave	-
Faiblement accumulatrices	Betterave, poireau	Céréales, poireaux	Pommes de terre, chou, épinard	Céréales, maïs, pommes de terre	
Très faiblement accumulatrices	Céréales, maïs	Pommes de terre	Pommes de terre		toutes espèces

Source ADEME - *Connaissance et maîtrise des aspects sanitaires de l'épandage des boues - 1990*

Figure 14. Tableau sur les qualités accumulatrices de certaines plantes

Source: <https://www.senat.fr/rap/100-261/100-26189.html>

Aussi, les mécanismes moléculaires impliqués dans les troubles de la croissance induits par des contaminations aux métaux lourds des plantes sont très peu étudiés, mais nous nous accordons à dire qu'ils sont le résultat d'un stress oxydatif qui va perturber les fonctions physiologiques de bases telles que la photosynthèse ⁽²⁷⁾.

Or, la surface de contact entre le plomb et les racines est moindre. L'arrivée de l'élément trace est donc progressive et non soudaine au niveau de la plante. Le stress oxydatif généré devient alors moindre ⁽³⁰⁾.

En milieu naturel, les champignons, au même titre que les plantes, sont impliqués dans des mécanismes d'accumulation des métaux. D'un point de vue chimique, le plomb est capturé dans la paroi fongique grâce à la présence de groupements fonctionnels acides tels que COOH, SH, OH, H₂PO₄ ⁽³²⁾.

Il convient de distinguer trois espèces de champignons selon leurs modes de vie :

- Les saprophytes qui se développent sur de la matière organique en décomposition,
- Contrairement aux espèces parasites qui se développent sur de la matière vivante au détriment de cette dernière.
- Enfin, les espèces mycorhiziennes qui vivent en symbiose avec les racines d'arbres ou de plantes.

Ainsi les champignons mycorhiziens peuvent dans certains cas protéger les plantes vis-à-vis des éléments traces. La résistance au plomb des plantes dans un contexte de symbiose, a fait l'objet de plusieurs études :

L'étude réalisée par Tam en 1995 ⁽³³⁾ a permis de révéler la résistance de 5 associations ecto mycorhiziques en présence de forte concentration de plomb. Une symbiose ectomycorhizienne n'est autre que l'association mutualiste entre les racines fines des plantes et des champignons du sol.

La conclusion de cette étude a révélé que toutes les associations ecto mycorhiziques analysées ont une tolérance identique et très importante au plomb, de sorte que la concentration entraînant l'inhibition de 50 % de la croissance des champignons s'élevait à 200 µg/ml, ce qui est très élevé.

Aussi, l'étude de HASHEM (1990) ⁽³⁴⁾ nous montre deux choses :

- que l'association plante-champignon peut dans certains cas augmenter la tolérance de la plante ;
- qu'une telle association peut exclure le plomb des parties aériennes de la plante et le concentrer dans les racines ;

Une autre étude, réalisée par Galli et al en 1994 ⁽³⁵⁾, a quant à elle prouvé que l'augmentation de la séquestration du plomb pouvait nuire à la plante.

En définitive, parmi toutes les études menées, nous pouvons en conclure que dans la majorité des cas, les champignons, vivant en symbiose avec les plantes, peuvent être protecteurs vis à vis de l'effet du plomb dans ces dernières ⁽³²⁾.

Section 2. Impacts de la chasse au plomb sur les animaux

Le plomb de chasse peut contaminer le grand gibier (A), mais plus spécifiquement le gibier d'eau (B).

A. La contamination du grand gibier

La Direction Générale de l'Alimentation et la Direction Générale de la Santé a mandaté en mai 2015 l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) aux fins d'étudier suite à des recommandations, les risques sanitaires liés à la consommation de gibier au regard des contaminants chimiques environnementaux, dont le plomb ⁽³⁶⁾.

L'ANSES devait principalement rendre des comptes quant au niveau de contamination des viandes et abats de gibier en plomb, mais également en cadmium, dioxines et polychlorobiphényle (PCB).

Cette étude très attendue a permis de relater les répercussions chez les consommateurs de viande contenant du plomb.

En effet, le gibier en fonction de son mode de vie et de son alimentation est à même d'être contaminé par plomb présent dans son environnement.

Au-delà d'une telle contamination que l'on peut qualifier d'indirecte, le plomb de chasse peut en sus, directement contaminer la chair de l'animal. « *Interagir* » avec l'animal.

Lors de l'impact de la munition dans la chair de l'animal, le plomb se fragmente et plusieurs particules sont dispersées à proximité de la zone d'impact. Ce phénomène dépend cependant de plusieurs paramètres à savoir la distance, l'angle de tir ou encore le type de munition utilisée, etc...

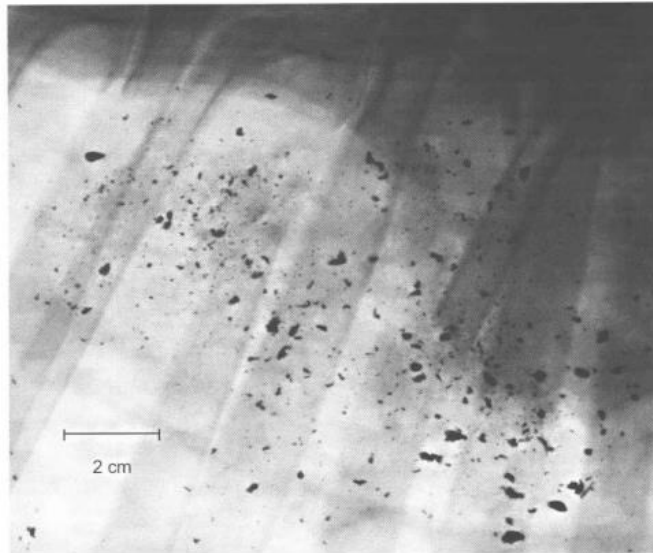


Figure 15. Radiographie thoracique d'un cerf adulte abattu par une munition au plomb

Source: <https://www.anses.fr/fr/system/files/ERCA2015SA0109.pdf>

Parmi les gibiers étudiés, deux catégories seront distinguées :

- le gibier sauvage comprenant également les gibiers issus d'élevages pour être relâchés dans la nature en vue d'être chassés
- puis le gibier commercialisé qui n'est autre que le gibier d'élevage destiné à l'abattoir

Force est de constater, qu'en ce qui concerne le gibier contaminé directement par les munitions, ce sont les sangliers et les cervidés les plus impactés, a contrario du petit gibier sauvage à poil et à plume.

Lorsqu'en ce qui concerne la contamination indirecte, seuls les faisans, perdrix et cailles issus d'élevage ont été étudiés.

Espèces	Muscle				Foie			
	Pb	Cd	PCDD/F	PCB	Pb	Cd	PCDD/F	PCB
Sanglier	127	306	28	88	119	299	0	0
Cervidé	149	267	31	101	129	246	0	0
Caille	55	47	5	14	50	43	0	0
Faisan	5	3	2	2	2	0	0	0
Perdrix	2	2	1	3	2	2	0	0
Pigeon	12	11	0	0	26	23	0	0
Ratite	0	0	0	0	8	8	0	0
Lapin	0	0	2	2	52	52	0	0
Lièvre	0	4	0	2	0	4	0	0
Mouflon	0	4	1	1	0	4	0	0
Sans précision	2	3	19	19	4	14	0	0
Total	352	647	89	232	392	695	0	0

Note : l'échantillonnage des gibiers pour les analyses en plomb et cadmium est différent de celui pour les PCDD/F et PCB.

Figure 16. Dénombrement des prélèvements effectués sur les gibiers dans le cadre des Plans de contrôle (PC) entre 2007 et 2015, (selon foie ou muscle)

Source : <https://www.anses.fr/fr/system/files/ERCA2015SA0109.pdf>

Lors de l'étude ⁽³⁶⁾, la concentration en plomb dans les muscles et les foies du gibier d'élevage et du gibier sauvage ont été comparés.

Concernant le gibier d'élevage, la concentration en plombs est très dispersée.

Les résultats sont présentés de la façon suivante :

On constate que les données sont très dispersées pour les concentrations en plomb dans les foies des gibiers d'élevage, à l'inverse des muscles de ces mêmes animaux.

A contrario les muscles des animaux sauvages présentent des résultats très dispersés.

Des écarts qui ne peuvent être expliqués d'un point de vue physiologique ont également été observés dans les muscles et le foie provenant d'un même individu.

Différentes études ont présenté des résultats de concentrations dans les foies gibiers toujours supérieurs à celles de leurs muscles.

Compte tenu que le foie est l'organe accumulateur du plomb, en théorie si la contamination était d'origine environnementale les concentrations élevées dans les muscles correspondraient aux concentrations élevées dans le foie. Or, dans les faits tel n'est pas le cas, il s'avère que les muscles présentent plus de plomb que le foie de ces mêmes individus.

Ceci peut notamment s'expliquer par le phénomène des micros fragments de plombs incrustés, issus des munitions, même s'il peut arriver que le foie présente des concentrations plus élevées que les muscles d'un même animal, dont l'« *effet munition* » peut aussi en être la raison.

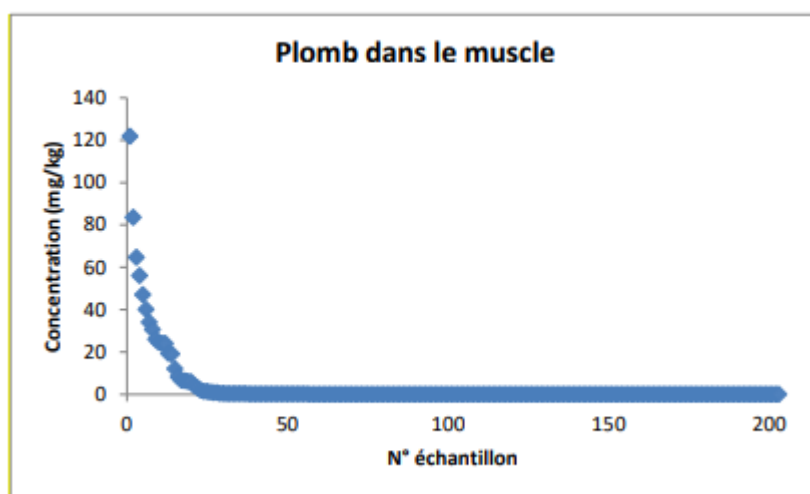


Figure 17. Concentration décroissante des résultats en Pb dans les muscles d'animaux sauvages

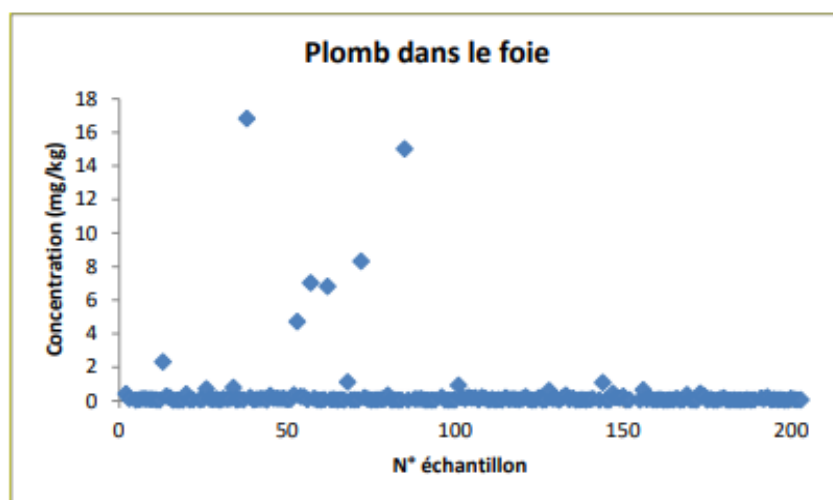


Figure 18. Concentrations en Pb dans les foies d'animaux sauvages

Source : <https://www.anses.fr/fr/system/files/ERCA2015SA0109.pdf>

Les espèces les plus étudiées ont été les cervidés et les sangliers aux fins de rechercher une éventuelle différence entre ces deux espèces aux modes de vie et d'alimentation bien distincts.

Lors de l'étude, les valeurs trop importantes de concentrations en plomb dans les muscles dues à la dispersion du plomb proche de la zone d'impact ont été exclues.

Ceci a permis de constater que la dispersion des concentrations était plus importante pour les muscles et les foies de sangliers. Toutefois, pour les muscles, les moyennes et médianes des sangliers et cervidés sont proches, tandis que pour les foies, elles sont plus élevées chez les sangliers.

De tels résultats s'expliquent en tenant compte du mode d'alimentation du sanglier qui consiste à retourner la terre pour manger ce qui s'y trouve, comme les insectes, les vers de terre ou encore les graines... Dès lors, le sanglier serait en principe un bon indicateur de la contamination environnemental.

Matrices	Muscles			Foie		
	médiane	moyenne	95 ^{ème} centile	médiane	moyenne	95 ^{ème} centile
Concentrations (mg.kg ⁻¹)						
Animaux de boucherie	<i>(porc/porcelet)</i>			<i>(diverses espèces)*</i>		
	0,020	0,054	0,025	0,033	0,046	0,111
Gibiers (sanglier sauvage)	0,029**	3,273**	25,2	0,080**	0,654**	4,34

* : foie de bœuf, moutons et agneaux.

** : p<0,05. Un test de Wilcoxon a été réalisé pour comparer moyennes et médianes entre sangliers sauvages et animaux de boucherie

Figure 19. Tableau présentant les concentrations en Pb des animaux de boucherie et des sangliers sauvages

Source : <https://www.anses.fr/fr/system/files/ERCA2015SA0109.pdf>

Ce tableau démontre que le gibier sauvage présente des organes plus concentrés en plomb que les animaux de boucherie présentant quant à eux des valeurs de concentration en plomb proches de celles des animaux d'élevage. Il apparaît également que le muscle présente des concentrations largement supérieures à celles du foie.

En définitive, les données analysables prouvent que les gibiers sauvages, principalement les cervidés et les sangliers, présentent des concentrations en plomb plus élevées que les animaux d'élevage.

Néanmoins, les concentrations les plus importantes sont retrouvées dans les muscles et non dans le foie, ce qui pourrait potentiellement exclure l'origine environnementale de la contamination, au profit du phénomène dit d'effet munition comme précédemment expliqué.

Le rapport précise également que d'autres études, telles que celle de Hermoso De Mendoza Garcia Et Al., 2011 et Venäläinen et al., 2005 ⁽³⁷⁾, présentent des élévations de concentrations en plomb (Pb) dans les tissus d'animaux vivants au sein des zones hautement contaminées en plomb.

Ce rapport révèle que si l'on fait fi des résidus de munitions, la contamination du gibier d'origine environnementale est négligeable, mais qu'il faudrait tout de même apporter une attention particulière aux animaux fréquentant les zones fortement contaminées par le plomb.

En conséquence, pour étudier réellement l'impact de la chasse au plomb sur le gibier sauvage, il conviendrait de sélectionner une large zone contaminée par le plomb de chasse pour prélever le gibier vivant dans cette zone et pouvoir comparer les concentrations de leurs muscles et leurs foies avec celles d'autres individus issus de zones non contaminées. Précisions étant faites que les prélèvements devraient évidemment se faire sans utiliser de munitions au plomb.

B. Le cas particulier de la contamination du gibier d'eau

Par praticité l'impact de la grenaille de plomb est étudié sur le petit gibier, dont nous pouvons distinguer :

- les oiseaux terrestres
- et les gibier d'eau

La raison d'une telle distinction n'est autre que les sols des zones de chasse d'oiseaux non-aquatiques disposent d'une teneur en plomb généralement bien plus faible, moins localisée entraînant de facto un moindre taux d'ingestion et d'impact de la grenaille de plomb sur le gibier en circulation, telle que le démontre le tableau ci-dessous.

Habitat	Pays	Densité (nbre de grains par hectare)	Profondeur des échantillons de sol (cm)	Etude de référence
Zones humides				
	USA	99.025		Schranck et Dollahon, 1975 ^a
	USA	303.415		Fredrickson <i>et al.</i> , 1977 ^a
	USA	109.833		Esslinger et Klimstra, 1983 ^a
	USA	157.150		Windingstad et Hinds, 1987 ^a
Marécages, chasse peu intense	Australie	3.400		Sharley <i>et al.</i> , 1992
Marécages, chasse très intense	Australie	70.000-1.060.000		Sharley <i>et al.</i> , 1992
Marécages	France	2.000.000		Pain, 1991 ^c
Marécages	GB	300.000		Mudge, 1984 ^c
Marécages	Danemark	1.840.000		Peterson et Meltofte, 1979 ^c
Habitats terrestres				
Hautes-terres	USA	7.800	2,54	Keel, 2002 (voir plus haut)
Champ de tourterelles	USA	172.222-348.750		Buck, 1998 ^a
Réserve d'eau	USA	860.185		Best <i>et al.</i> , 1992 ^a
Champ de tourterelles (après)	USA	108.900	0,95	Lewis et Legler, 1968 ^b
Champ de tourterelles (avant)	USA	26.909	0,95	Lewis et Legler, 1968 ^b
Champ cultivé (1)	USA	51.643	2,5	Anderson et Havera, 1989 ^b
Haies/champs de maïs (1)	USA	136.150	2,5	Anderson et Havera, 1989 ^b
Tir au pigeon d'argile/Tir sur cibles				
Argile	Pays-Bas	29.250.000		Smit <i>et al.</i> , 1988 ^c
Argile	Danemark	200.000.000		Peterson et Meltofte, 1979 ^c

Notes :

^a = d'après Keel (2002), niveaux postérieurs à la saison de la chasse.

^b = d'après Kendall (1996).

^c = d'après Pain (1992), données maximales.

(1) = chasse aménagée au faisan.

Figure 20. Densité du dépôt de grains de plomb selon plusieurs études

Source : <https://rm.coe.int/1680746886#:~:text=Le%20plomb%2C%20cependant%2C%20a%20un,composantes%20biologiques%20de%20l%3%A9cosyst%C3%A8me.>

Le saturnisme du gibier d'eau ne provient pas de l'incrustation du plomb dans le corps de l'animal qui ne sera pas dissous, mais est plutôt issu de l'ingestion de billes de plomb par ce dernier.

En effet, après le tir, les billes de plomb se dispersent dans le milieu, facilitant dès lors leur ingestion par les anatidés qui ne parviendront pas à les distinguer des petits cailloux « *le grit* » qu'ils consomment et emmagasinent naturellement dans leur gésier afin de broyer les graines dont ils se nourrissent (38).

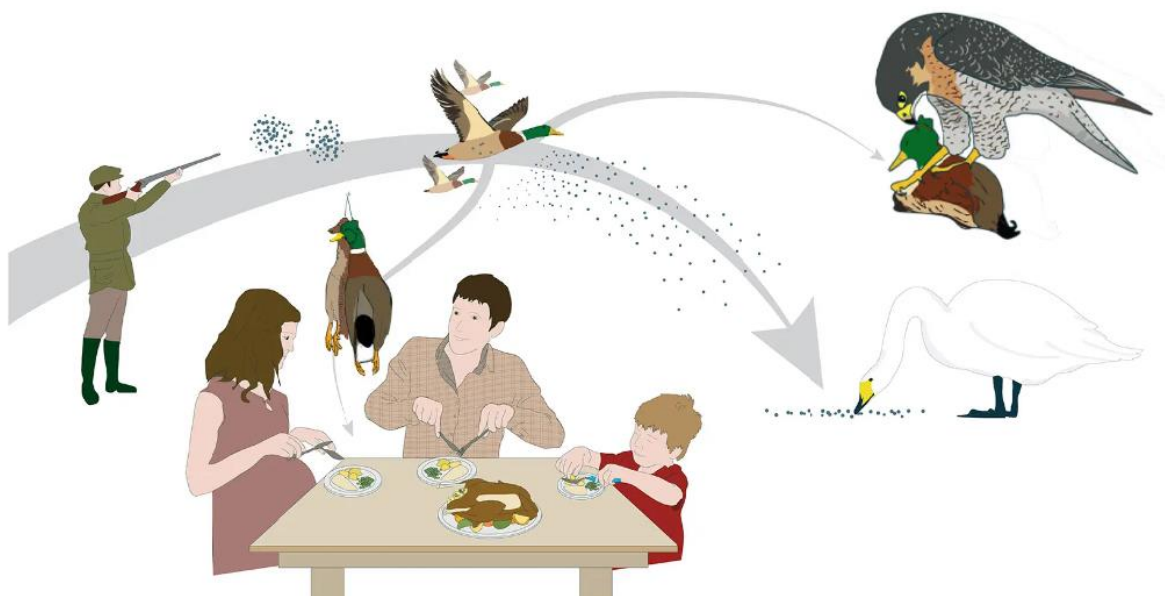


Figure 21. Illustration de l'impact de la grenaille de plomb

Source: <https://leadammunitionhub.org/introduction/>

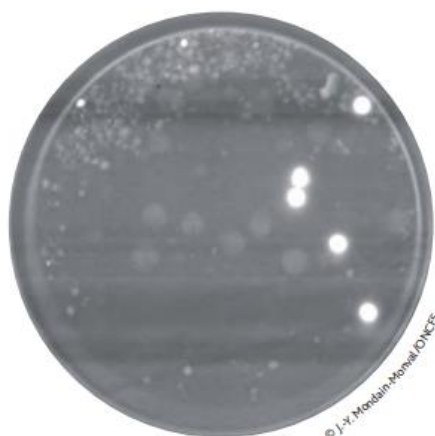


Figure 22. Radiographie du contenu d'un gésier d'une sarcelle d'hiver dans une boîte de Pétri laissant apparaître cinq billes de plomb et deux fragments en haut à gauche

Source: https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/RevueFS/FauneSauvage314_2017_Art2.pdf

Précisions étant faites, qu'il faut entre cent et trois cent années pour qu'un plomb se désagrège dans la nature. Tandis que vingt jours suffisent pour dissoudre totalement le plomb ingéré par un oiseau, de par le pH acide de son système digestif (39).

Cependant, les sels du plomb circulent dans l'organisme de l'oiseau et intoxiquent ce dernier, c'est ce que l'on nomme le saturnisme.

Dès lors, de nombreuses études se sont intéressées aux taux d'ingestion de plomb de chasse par les populations de canard, sur une vingtaine d'études menées en France, il en ressort qu'en moyenne 22 % des canards rencontrés possèdent au moins 1 plomb dans son organisme (40).

	1995-1999				2003-2005			
	n	Pb IR (%)	Fe IR (%)	Pb ou Fe IR (%)	n	Pb IR (%)	Fe IR (%)	Pb ou Fe IR (%)
Canard chipeau (<i>Anas strepera</i>)	90	2,2	0,0	2,2	59	1,7	1,7	3,4
Canard colvert (<i>Anas platyrhynchos</i>)	53	32,1	9,4	37,7	42	21,4	19,0	38,1
Canard souchet (<i>Anas clypeata</i>)	54	20,4	1,9	22,2	40	15,0	5,0	17,5
Sarcelle d'hiver (<i>Anas crecca</i>)	100	10,0	0,0	10,0	38	15,8	7,9	23,7
Total	297	13,5	2,0	14,8	179	12,3	7,8	19,0

Figure 23. Taux d'Ingestion de billes de plomb et d'acier dans les gésiers de canards

Source : https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/RevueFS/FauneSauvage314_2017_Art2.pdf

En revanche, ces études dépendent grandement des zones de prélèvement et des espèces de canard.

Toujours est-il que conformément à la plupart des études, de nombreux biais sont à prendre en considération à propos des données obtenues, à savoir notamment que la plupart des études réalisées le sont à partir de canards tués par tir au fusil.

Or, une étude de Bellrose de 1959 (41) a démontré que les oiseaux ayant consommé du plomb sont de 1,5 à 2,4 fois plus aisément abattus que les autres. De ce simple fait, le taux d'ingestion de plomb serait surestimé dans les études faisant une généralité (40).

Pire, les canards les plus atteints de saturnisme disposent en moyenne de plus de 2 à 3 plombs ingurgités et meurent rapidement dans la nature sans être retrouvés. Le calcul du taux d'ingestion ne les prend donc pas en compte. Par ailleurs, un canard peut être

atteint de saturnisme, sans avoir de plomb visible dans son organisme lors du prélèvement.

En ce qui concerne les effets du plomb, ils dépendent principalement de la quantité ingérée.

Les conséquences à partir de 20 jours d'ingurgitation de plombs par les canards sont les suivantes :

- 1 plomb ingéré génère 9% de mortalité ;
- 2 plombs 25% ;
- 3 plombs 67% ;
- 4 plombs 99% ;

Lorsque l'animal ne meurt pas, notamment lors d'ingurgitation de doses sublétales (1 à 3 plombs), l'intoxication chronique aura différents impacts, tels que ⁽³⁹⁾ :

- l'ingurgitation plus lente des aliments par l'animal,
- une perte de poids,
- une diminution des réserves énergétiques,
- l'apparition de lésions nerveuses,
- des atteintes cardio-vasculaires,
- des anémies,
- des lésions rénales,
- hépatiques,
- mais également un impact sur la fertilité des individus.

PARTIE III. IMPACT DE LA CHASSE AU PLOMB SUR LES HOMMES

Aussi notoire soit l'effet toxique du plomb, la contamination par le plomb de chasse n'en demeure pas moins spécifique (**Section 2**) ce qui implique au préalable d'étudier ses effets nocifs pour l'organisme (**Section 1**).

Section 1. La Toxicologie du plomb

L'étude du sort du plomb dans l'organisme (**A**) et de ses conséquences (**B**), permet de diagnostiquer, mais aussi de traiter l'intoxication au plomb (**C**).

A. La Toxicocinétique

1. L'Absorption

Les deux voies de contamination principales par le plomb sont majoritairement ⁽⁴²⁾ :

- la voie respiratoire qui demeure la plus contaminante
- puis en second lieu la voie orale, donc digestive.

De ce fait, un adulte est plus à même d'être contaminé en effectuant des travaux dans une vieille demeure plutôt qu'en consommant de l'eau issue de canalisations en plomb.

⇒ En ce qui concerne la voie respiratoire, lorsque le plomb est sous forme de particules, seul 30 % du plomb inhalé est absorbé par l'homme. Parmi ces 30 % seuls 50 % seront biodisponibles lorsque les particules sont inférieures ou égales à 0,1 micron.

⇒ En ce qui concerne la voie digestive : issue principalement de la consommation d'eau de tuyauteries en plomb, seul 10 % de ce qui est consommé est absorbé.

En revanche, chez l'enfant, cette biodisponibilité sera aux alentours de 50 %.

Ceci s'explique par les carences fréquentes en calcium et en fer chez ces derniers en pleine croissance. En effet, l'absorption du plomb est permise par les transporteurs actifs au calcium de la barrière intestinale, car le plomb se retrouve majoritairement au degré d'oxydation + II, au même titre que le calcium avec lequel il entre en compétition.

Dès lors, une fois la solubilisation permise par les sucs gastriques acides, le plomb pourra être absorbé.

2. Distribution

Une fois absorbé le plomb se répartit de façon non-homogène dans trois compartiments distincts ⁽⁴²⁾ :

- Au sein des **Tissus durs**, tels que le squelette ou encore les dents :

Le plomb sera inactif biologiquement puisqu'il s'agit d'un système de stockage réversible qui va suivre les mouvements phosphocalciques.

Il peut être stocké pendant 10 à 20 ans. L'un des signes d'intoxication au plomb peut être repéré par un dépôt de sulfure de plomb au niveau du collet des dents appelé Liseré Saturnin ou Liseré de Burton.

Une vigilance particulière doit toutefois être apportée aux situations où il peut être déstocké notamment lors de l'allaitement, de la grossesse, d'ostéoporose ou autres phénomènes de déminéralisation osseuse, puisque tout ce qui engendre une déstabilisation du calcium va jouer un rôle sur son stockage. En effet, s'il se déstocke le plomb devient à nouveau actif.

À titre d'illustration, la femme enceinte est soumise à des modifications phosphocalciques qui vont redistribuer le plomb dans le sang et donc relancer l'intoxication. Ceci est particulièrement nocif pour le fœtus du fait du passage facilité de la barrière placentaire, à tel point que les enfants naissent généralement avec la même concentration sanguine en plomb que leur mère, pouvant mener à des naissances

prématurées voir des avortements à fortes doses, lorsqu'à plus faible dose l'enfant sera plus sujet à des troubles mentaux et des retards de croissance in utérin.

Raison pour laquelle la concentration plasmatique autorisée chez la femme enceinte, à hauteur de 50 microgrammes par litre, est bien inférieure, à celle tolérée chez la femme adulte (non enceinte), s'élevant à 300 microgrammes par litre.

- Au sein des **tissus mous**, à savoir le foie, les reins ou encore le système nerveux central :

Le plomb y sera distribué à hauteur de 10 % et y sera biologiquement actif. En raison de sa demi-vie dans les tissus mous allant de 50 jours à quelques mois, il témoignera d'une intoxication récente.

- Enfin en ce qui concerne le **compartiment sanguin** dans lequel nous le retrouverons à hauteur de 2 % :

Il sera à 90 % lié aux hématies et reflétera une exposition très récente, car sa demi-vie y est de 25 jours.

3. La métabolisation

Il convient de souligner que le plomb n'est pas métabolisé.

4. L'élimination

Le plomb est éliminé par voie urinaire à hauteur de 75 %, par voie fécale à environ 15 / 20% et le reste par les phanères, la salive et la sueur.

Chez la femme enceinte, il y a également une élimination par le lait. Dans ce dernier, nous retrouvons 10 % du plomb sanguin maternel ⁽⁴²⁾.

B. Les mécanismes d'action du plomb dans l'organisme

1. Mécanismes

Le plomb est biologiquement actif au niveau des tissus mous, et dispose d'une action Thiolprive, c'est-à-dire qu'il interagit avec toutes les entités possédant des groupements thiol (SH). Ainsi, il va cibler principalement les enzymes responsables de la synthèse de l'hémoglobine en la diminuant, et les globules rouges en diminuant leur durée de vie.

En ce qui concerne l'hème : le plomb va perturber les trois enzymes intervenant dans la synthèse de cette dernière à savoir :

- l'ALA Déshydratase,
- l'Hème Synthétase
- et la Coproporphyrinogène Décarboxylase.

Le blocage de l'**ALA Déshydratase** intervient à des doses faibles de plombémie. Le plomb va remplacer le zinc rendant l'enzyme non-fonctionnelle et engendrant une accumulation d'acide δ -aminolévulinique (ALA) qui est un composé neurotoxique de par sa ressemblance au glutamate, ce qui causera une perturbation de toute activité neuronale glutamate ou GABA-dépendante à savoir notamment l'apprentissage et la mémoire.

Le blocage de l'**Hème Synthétase** déclenchera quant à lui la non-incorporation du fer dans la Protoporphyrine IX. Le Zinc se substituera au Fer et le marqueur Protoporphyrine-zinc apparaîtra.

Le blocage de la **Coproporphyrinogène Décarboxylase** pour sa part intervient à forte dose et occasionne une accumulation de Coproporphyrinogène III.

La synthèse de la globine se trouve être également perturbée, mais le mécanisme demeure inconnu.

En définitive, la diminution de la synthèse d'hémoglobine va engendrer une anémie normochrome normocytaire au début de l'intoxication.

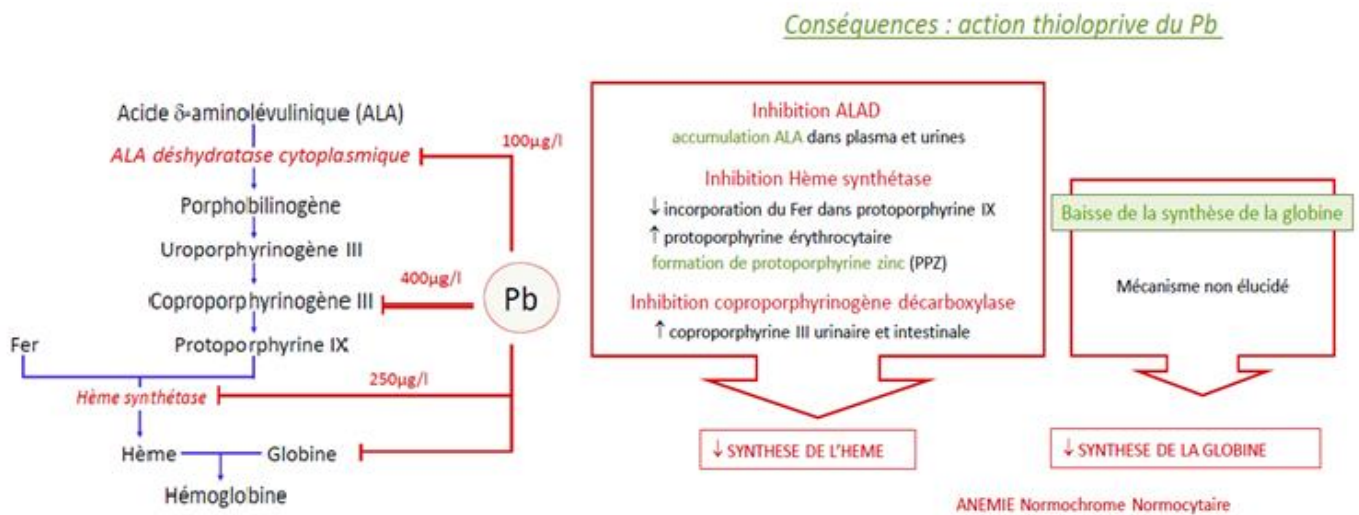


Figure 24. Impact du plomb sur la synthèse de l'hème et de la globine

Source : Isabelle PASSAGNE, Université de Bordeaux, « Toxicologie du plomb », (cours de 2018)

Pour les érythrocytes : une inhibition de la pompe Na⁺/K⁺ ATPase assurant l'homéostasie de ces derniers aura lieu. Ainsi, la durée de vie des globules rouges sera diminuée.

Pour parer à une hémoglobine défaillante et à une diminution du nombre de globules rouges, un mécanisme de compensation par la moelle osseuse donnera naissance à des érythrocytes hypochromes et microcytaires.

Simultanément, la Pyrimidine 5 nucléosides sera elle aussi inhibée et les nucléosides s'accumuleront et précipiteront en donnant des granulations basophiles donnant naissance à des hématies ponctuées.

Au niveau rénal : les mitochondries et les tubules rénaux présentent du calcium nécessaire à leur bon fonctionnement. L'homéostasie calcique étant perturbée en présence de plomb, cela provoquera des néphropathies tubulaires avec une diminution de la clairance et de la créatinine, une protéinurie, une hyperuricémie et donc l'apparition de crises de goutte. À terme, une insuffisance rénale chronique et des perturbations du Système Rénine Angiotensine Aldostérone peuvent apparaître, engendrant une perturbation de l'homéostasie hydrosodée et donc de la pression artérielle.

Pour le cerveau : la pompe Na⁺/K⁺ ATPase sera également perturbée entraînant la mort des cellules gliales. L'homéostasie calcique, et les neurotransmissions Glutamates dépendantes perturbées entraîneront des troubles de l'apprentissage.

Au niveau du cœur, ce sont les canaux calciques qui seront perturbés, induisant un effet chronotrope négatif. Une interaction avec la NO Synthétase défavoriserait également la synthèse d'Oxyde Nitrique et donc engendrerait une vasoconstriction et donc l'hypertension (42).

2. Symptomatologie

C'est notamment le phénomène d'hydrosolubilité qui engendre les intoxications, dont les manifestations révèlent moins de signes cliniques et davantage de manifestations biologiques. Raison pour laquelle il est fréquent de ne pas être en mesure de déceler la maladie.

Le terme saturnisme désigne sans distinction les intoxications aiguës et chroniques par le plomb.

Il convient de distinguer les manifestations aiguës des intoxications chroniques.

Au cours des premières manifestations principalement biologiques, apparaît l'anémie microcytaire hypochrome, qui n'est autre qu'une manifestation silencieuse.

Tandis que lors d'une intoxication aiguë, l'un des signes les plus importants, demeure les douleurs abdominales.

Néanmoins, les intoxications aiguës sont très rares et relèvent d'une ingestion massive de plomb.

D'un point de vue clinique, les douleurs abdominales, les vomissements et diarrhées apparaîtront entre 2 et 48 h après l'ingestion.

En parallèle, il y aura une hémolyse discrète, ainsi qu'une hépatite cytolytique et une atteinte tubulaire rénale. La présence d'arthralgies et de manifestations neurologiques telles que des céphalées, des agitations ou des hallucinations est possible mais rare (43).

Concernant, les intoxications chroniques, plus fréquentes, il y aura deux phases :

- **La phase de Pré-saturnisme** qui est cliniquement silencieuse, mais peut se manifester par le liseré saturnin de Burton sur les dents ou des taches de Gubler sur les joues.

Chez les enfants, des bandes métaphysaires correspondant à un épaissement du cartilage dû à l'accumulation de plomb peuvent apparaître.

Chez les adultes, une faiblesse musculaire au niveau des extenseurs de la main peut être remarquée. D'un point de vue biologique, cette phase de pré saturnisme se manifestera par des anémies, des hématies ponctuées et une augmentation de l'ALA et de la Protoporphyrine Zinc.

- **Puis la phase dite de Saturnisme** confirmée se manifestera par des signes liés à des troubles généraux, intestinaux, rénaux et neurologiques :

En ce qui concerne les troubles généraux : la pâleur, la fatigue, l'amaigrissement, l'anorexie due à un effet endocrinien avec une action sur l'hypothalamus qui gère le comportement alimentaire.

Concernant les troubles intestinaux : vomissement, constipation et dans de plus rares cas pour des intoxications très sévères la colique du plomb (>1mg/ml)

Pour les troubles rénaux : une hyperuricémie entraîne des crises de gouttes et des tubulopathies proximales aboutissant à des insuffisances rénales.

Enfin, les troubles neurologiques : quant à eux, ils diffèrent chez l'enfant et l'adulte.

- ⇒ Chez **l'enfant** les manifestations seront d'ordre encéphalopathies à savoir : l'irritabilité, les céphalées (ce qui est commun à l'adulte), une baisse du QI, un retard de développement, un retard psychomoteur et à dose élevée, une hypertension intracrânienne avec possibilité de convulsions, de délires, de paralysies et un risque de coma. Une perte d'audition peut survenir dès 100 µg/L.
- ⇒ Chez **l'adulte** les manifestations seront davantage d'ordre neuropathique, avec une faiblesse des muscles extenseurs de la main (syndrome de la main griffe), une paralysie des poignets et de la main, des céphalées.
- ⇒ Enfin, le plomb est également **reprotoxique et fœtotoxique** : la spermatogenèse sera perturbée entraînant ainsi une diminution de la fertilité. Lorsque chez la femme, le métabolisme de l'œstradiol sera entravé provoquant de ce fait des fausses-couches (42).

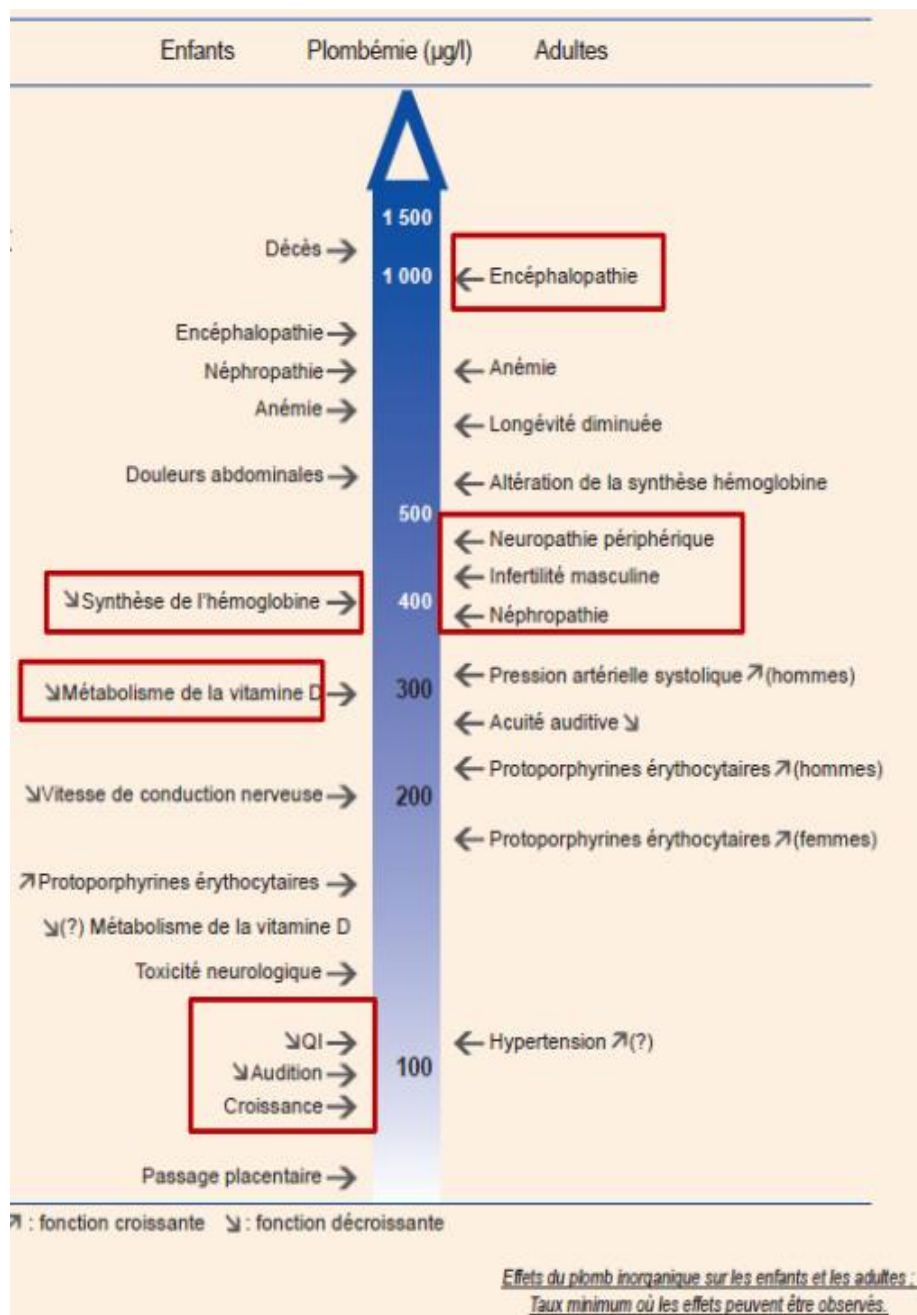


Figure 25. Manifestations pathologiques chez l'enfant et l'adulte selon la valeur de la plombémie

Source : Isabelle PASSAGNE, Université de Bordeaux, « Toxicologie du plomb », (cours de 2018)

C. Du diagnostic aux traitements

1. *Diagnostic*

Lorsqu'un patient est soupçonné d'être intoxiqué au plomb, une plombémie qui n'est autre que le dosage du plomb dans le sang est réalisé afin de prouver cette intoxication et le diagnostic passe également par un hémogramme.

Toutefois, pour connaître la source de cette intoxication au plomb, un questionnaire est mis en place pour interroger sur les causes rencontrées et savoir s'il s'agit d'un appartement ancien, de travaux de rénovation, ou une usine utilisant ou produisant du plomb.

L'intoxication est également évaluée par divers examens :

- un examen clinique (neurologique, langage...)
- un examen biologique (hémogramme)
- et un examen radiologique (cliché de l'abdomen)

L'évaluation de l'intoxication chez les enfants se fait aussi par le biais d'un *examen neurologique*, puis un *examen radiologique* avec un cliché de l'abdomen permettant de voir le plomb sous forme de petites taches directement dans l'organisme.

L'important pour le diagnostic, c'est la plombémie qui est réalisée par spectre d'absorption atomique (dosage de tous les métaux par spectroscopie d'absorption atomique.)

Les valeurs biologiques de références de la plombémie diffèrent pour :

- l'homme adulte : **< 400 µg/L**
- et la femme adulte : **< 300 µg/L**,

En revanche, le traitement commence à partir d'une valeur de 450 µg/L, tandis qu'à partir de 700 µg/L, ce sera un traitement d'urgence qui sera nécessaire.

- Chez l'enfant : < 50 µg/L, dont le traitement d'urgence commence à partir de 450 µg/L (42).

2. Traitements de l'intoxication au plomb

Afin de traiter une intoxication au plomb, aucun traitement évacuateur de type lavage gastrique n'est pratiqué, l'utilisation de chélateurs/antidote est privilégiée telles que :

- BAL (British Anti Lewisite) dont la prise à fortes doses peut être douloureuse et provoquer des réactions allergiques voire des réactions anaphylactiques.
- L'EDTA calcico-disodique : disposant d'une toxicité rénale nécessitant d'espacer les cures.
- Le DMSA (Dimercaptosuccinique)

Concernant le traitement symptomatologique, des antalgiques sont prescrits en cas de douleurs, lorsqu'en ce qui concerne les enfants, des antianémiques sont souvent prescrits comme la vitamine D, le fer, le calcium, la vitamine B etc...

Face à la plombémie, il est possible de pratiquer la **plomberie provoquée**, permettant de connaître le taux d'imprégnation du plomb de l'organisme, en utilisant de l'EDTA calcico-disodique.

Le principe consiste à vider la vessie du patient, pour lui injecter ensuite le chélateur et recueillir l'urine pendant 5 à 24 heures.

Afin de déstocker le plomb au niveau osseux, le chélateur usité est L'EDTA calcico-disodique afin d'être en mesure d'observer le taux d'imprégnation. Ceci est notamment privilégié chez les enceintes.

Aux fins de connaître le meilleur traitement, il convient de se baser sur la plombémie :

- pour une valeur au-delà de 1000 $\mu\text{g/L}$, le BAL est généralement utilisé et combiné à l'EDTA calcico-disodique ;
- pour des doses entre 700-1000 $\mu\text{g/L}$, c'est le DMSA qui est combiné à de l'EDTA calcico-disodique ;
- et pour les doses inférieures à 700 $\mu\text{g/L}$ (entre 450-700 $\mu\text{g/L}$) : seul le DMSA est utilisé, car il est moins toxique et peut s'administrer per-os ;

À savoir que pour les femmes enceintes, le traitement commence par précaution pour le fœtus à partir de 250 $\mu\text{g/L}$, même si ce ne sont pas des valeurs d'intoxication, comme vu précédemment ⁽⁴²⁾.

Section 2. Le cas particulier du plomb de chasse

Le niveau de contamination au plomb par l'alimentation toléré (**B**) dépend des profils de consommateurs de gibiers (**A**).

A. Identification des consommateurs de gibier

L'exposition au plomb diffère selon les profils de consommation, dont deux critères fondamentaux permettent de classer ces derniers, à savoir :

- la fréquence de consommation de viande de gibier (occasionnel, régulière, fréquente)
- les sensibilités physiologiques de chacun face au plomb (femme enceinte, enfant...)

Or, il convient de préciser qu'il est difficile d'appréhender la consommation de gibier en France, à défaut de données permettant de représenter cette dernière.

Ceci peut s'expliquer par la diversité de produits dénommés gibiers, terme permettant de désigner plus de 90 espèces chassables, outre la sous-représentation des gibiers par rapport aux autres produits carnés de consommation fréquente, tels que la volaille, le porc, le bovin etc...

Lorsque le gibier est mis à l'étalage, il est souvent regroupé avec les volailles ou sous le terme « autre viande » qui regroupe également la viande de cheval et de lapin ⁽³⁶⁾.

Dès lors la population se classe selon trois grands profils : le consommateur de gibier occasionnel (1), régulier (2) et fréquent (3).

1. Le consommateur occasionnel de gibier

Un individu qui consomme du gibier trois fois par an sera considéré comme un consommateur occasionnel. Ceci représente une consommation moyenne de gibier qui s'élèverait à environ 2 grammes journaliers par personne, ce qui correspond sur la base de 200 grammes de viandes par repas, à trois repas par an.

2. Le consommateur régulier de gibier

Un individu qui consomme deux fois par mois du gibier, sera qualifié de consommateur régulier, ce sont souvent les chasseurs et leur entourage.

Néanmoins, à défaut d'études précises, de récentes enquêtes ont été réalisées sur le territoire national et ont permis de retenir une consommation moyenne journalière, d'environ 15 grammes par personne, pendant un an, correspondant à une consommation de 200 grammes de gibier toutes les deux semaines.

3. Le consommateur fréquent de gibier

Une consommation s'élevant à hauteur de plus d'une fois par semaine correspond au consommateur fréquent de gibier ce qui représente très peu de citoyens français contrairement à d'autres pays.

Cette catégorie de consommateurs représente une consommation journalière de 50 grammes, soit l'équivalent d'environ deux repas de 200 grammes de gibier par semaine ⁽³⁶⁾.

B. Le niveau de contamination en plomb des viandes

Une consommation régulière de gibier sauvage à savoir le sanglier et les cervidés peut provoquer des surexpositions dues à la présence dans les gibiers consommés de micro fragments de munition de plomb souvent non-visibles à l'œil nu.

Une telle situation de contamination se base uniquement sur les grands gibiers sans prendre en compte les billes de plombs pouvant être absorbées lors d'une consommation de petit gibier.

Or, il serait opportun de prendre également en compte une telle source d'exposition et de recueillir davantage de connaissances quant à la préparation de ces gibiers (selon leur préparation en marinade, le mode de cuisson ou encore s'il s'agit de produits transformés etc...) et leur classification (grand, petit gibier, gibier d'eau, gibier à plumes, à poils et la répartition entre les cervidés et sangliers). Et ce, en sus de la biodisponibilité des munitions de plomb tout en prenant en considération la taille de leurs fragments ⁽³⁶⁾.

1. Impact de la consommation de plomb

Lorsque l'on écarte la contamination au plomb provenant directement des munitions, la simple contamination environnementale du gibier n'engendre pas d'exposition significative au plomb.

En revanche, il serait utile de tenir également compte de certaines spécificités territoriales pour obtenir une moyenne nationale de contamination du gibier sauvage au plus proche de la réalité.

En pratique, les chasseurs prélèvent souvent leur gibier sur une même zone de chasse, or s'il s'agit d'une zone contaminée le gibier qui y sera prélevé pour être consommé sera potentiellement plus exposé à la contamination environnementale et donc surexposer

les consommateurs réguliers, ce qui n'a pas été pris en compte dans les études précitées (36).

2. Recommandations de consommation de gibier

La présence de micro fragments des munitions en plomb dans les gibiers chassés peut entraîner une surexposition d'autant plus préoccupante pour les consommateurs réguliers de ces denrées comprenant les abats issus des grands gibiers sauvages, une préoccupation d'autant plus grande à l'égard des personnes sensibles telles que les femmes en âge de procréer et les enfants.

Dès lors pour être en mesure de faire des recommandations fiables sur la fréquence de consommation appropriée pour limiter les risques pour la santé, il conviendrait d'effectuer des études sur des cas plus précis d'expositions (36).

3. Problématique liée à l'utilisation de munitions aux plombs

Face à la difficulté pour parvenir à quantifier la part de contamination environnementale au plomb, de celle octroyée à la présence de micro fragments de munition dans les tissus du gibier. Il conviendrait de mettre en œuvre des études rigoureuses et moins approximatives permettant de distinguer de façon plus pertinente l'origine de la contamination, en changeant le mode de prélèvement, et en excluant précisément les morceaux contaminés par les munitions.

En l'absence de données de consommation de gibier en France, il est extrêmement difficile d'estimer l'exposition alimentaire des consommateurs de gibier de façon réaliste.

En définitive, le plomb présent dans la viande de grand gibier peut être d'origine environnementale, mais semble davantage liée à la fragmentation des munitions.

L'ère actuelle est de se tourner vers une réduction de l'exposition au plomb essentiellement liée à la consommation de gibier, ce qui passe principalement par le souhait de substituer les munitions au plomb.

En conséquence, l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation de l'Environnement et du Travail (ANSES) recommande dans l'attente d'études plus exhaustives de :

- limiter sa consommation de gibier à une fréquence occasionnelle, c'est-à-dire environ à trois fois par an.
- éviter la consommation de grands gibiers sauvage pour les femmes en âge de procréer et les enfants ⁽³⁶⁾.

PARTIE IV. LA REGLEMENTATION DE L'ACTIVITE DE CHASSE AU PLOMB

Le développement du droit de la chasse (**Section 1**), nettement influencé par la toxicité avérée du plomb (**Section 2**).

Section 1. Le droit de la chasse : De ses préludes à aujourd'hui

De l'émergence (A), à l'évolution du droit de la chasse (B).

A. L'histoire du droit de la chasse

Si l'exercice de la chasse demeurait libre pour les hommes de la préhistoire, période qui a duré des millénaires où le gibier y était abondant et le territoire de chacun très étendu, mais pas moins régi par quelques limitations. Les tribus pouvaient se réserver des terres et des armes de chasse, dont le non-respect de ces normes de cohabitation était l'une des causes principales de guerres entre les tribus.

Ce n'est que bien après que la notion de propriété de territoire ou de gibier est apparue. En effet, la défense de tuer l'animal poursuivi par un autre, est l'une des règles les plus archaïques de la chasse et a permis de marquer les prémices de la notion de droit privatif.

Ce n'est qu'à partir du Moyen Age que les restrictions liées aux territoires de chasse ont surpassé la notion de libertés. Au VI^{ème} siècle, les francs auraient été les premiers à introduire ces restrictions au territoire de chasse plus pour assurer les possessions royales que pour contrôler les populations de gibier ou assurer les propriétés individuelles. Le non-respect de ces règles entraînait le versement d'amendes onéreuses.

Par la suite, ces droits féodaux réservant à la noblesse, certains gibiers et ceci même sur les terres libres, ont mené à la lutte des classes souhaitant réduire le droit coutumier si précieux aux chasseurs.

Ce n'est qu'en 1789 suite à la Révolution Française que les règles relatives au droit de la chasse furent modifiées par l'instauration d'un cadre législatif favorable à une chasse pour tous, à la condition que l'individu possède des terres ou qu'il ait obtenu le consentement du propriétaire des terres sur lesquelles il veut chasser ⁽⁴⁴⁾.

Une telle démocratisation de la chasse a mis à mal les populations de gibier ce qui impliqua de mettre en œuvre un arsenal juridique afin de préserver ces dernières en encadrant la pratique de l'activité de chasse.

Cette nécessité, de préserver la faune mena en 1810 sous Napoléon Ier à la création du permis de port d'arme de chasse, puis du permis de chasse en mai 1844, assorti de période de droit de chasse. À cette époque d'ouverture de la chasse populaire en France, 125 000 détenteurs de permis de chasse étaient comptabilisés.

Cependant, ce permis de chasse au prix de 25 francs représentait l'équivalent d'un mois de salaire d'un ouvrier agricole ce qui en faisait de nouveau un privilège de classe aisée. Ceci engendra des actes de braconnage tant pour se nourrir que pour revendre le gibier.

Malgré cela, la chasse populaire s'étend au point que certains citadins pratiquent cette activité. La chasse atteint le sommet de sa popularité à la Belle Époque, en atteste la littérature et particulièrement celle de Guy de Maupassant ou encore Joseph Oberthur ⁽⁶⁾.

Dès lors, le nombre de détenteurs de permis de chasse passe de 125 000 en 1844 à plus de 450 000 en 1900 ⁽⁴⁴⁾.

Dès 1902, une association de garde-chasse assortie d'un corps national d'agents de contrôle est mis en place tant pour lutter contre le braconnage que pour gérer les populations de gibier.

B. L'évolution de la législation de la chasse moderne

Ce n'est qu'à compter de la célèbre loi Verdeille du 10 juillet 1964 que la tradition du droit de chasse associé au droit de propriété des terres, a été bouleversé. Cette loi est venue créer les associations communales de chasse agréée (ACCA), dotée de prérogatives de puissance publique pour être en mesure de gérer le territoire de chasse constitué par le regroupement des terres des propriétaires de la commune ⁽⁴⁵⁾.

Cette législation, reprise par l'article L.222-2 du code rural avaient pour but telle qu'elle le dispose en ces termes :

« Favoriser le développement du gibier, la destruction des animaux nuisibles, la répression du braconnage, l'éducation cynégétique de leurs membres dans le respect des propriétés et des récoltes, et en général, d'assurer une meilleure organisation technique de la chasse pour permettre aux chasseurs un meilleur exercice de ce sport » ⁽⁴⁶⁾.

Toutefois, cette loi Verdeille non-obligatoire, s'appliquait qu'aux départements l'ayant adopté, elle est de ce fait devenue obligatoire dans 29 départements et facultatives dans les autres.

Dès qu'une ACCA (association communale de chasse agréée) se créait au sein d'un département, tout propriétaire foncier de moins de 20 hectares d'un seul tenant, ou 60 hectares, selon les départements, devenait d'office membre de l'association et devait ainsi apporter en dépit de leur consentement, leur terrain pour la chasse au domaine communal. Un droit de refuser cette cession était uniquement accordé aux propriétaires fonciers de plus de 20 ou 60 hectares ⁽⁴⁷⁾.

Par la suite, une loi de finance rectificative de 1974, met en vigueur en son article 22, l'obligation d'obtenir le permis de chasse en passant un examen organisé par l'Etat préalablement à la délivrance de ce dernier, dont le « *Décret n°75-544 du 30 juin 1975*

relatif à la délivrance, au visa et à la validation du permis de chasser» précise les condamnations et incapacités en cas de chasse sans permis de chasser ⁽⁴⁸⁾.

La loi Verdeille expropriant les terres d'autrui pour s'offrir le droit de chasser sans le consentement des propriétaires a fait l'objet de vives controverses judiciaires menant à la condamnation de la France par la Cour européenne des droits de l'homme en 1999 ⁽⁴⁷⁾.

Par le biais de son célèbre arrêt « *Chassagnou et autres contre France* », en date du 29 avril 1999, la Cour de Strasbourg estima que contraindre « *les petits propriétaires à faire apport de leur droit de chasse sur leurs terrains pour que des tiers en fassent un usage totalement contraire à leurs convictions se révèle une charge démesurée qui ne se justifie pas sous l'angle de l'intérêt général* » ⁽⁴⁷⁾.

Considérant ainsi que la loi Verdeille portées atteinte à de nombreuses libertés fondamentales, telles que le droit de propriété (article 1 du Protocole n° 1), la liberté de pensée, de conscience et de religion (article 9), la liberté de réunion et d'association (article 11), la liberté d'expression (article 10) et l'interdiction de discrimination (article 14).

En effet, la différence de traitement entre les grands et petits propriétaires fonciers fondée était critiquée et ne pouvait aux yeux de la CEDH (Cour Européenne des Droits de l'Homme) se justifier au nom de l'intérêt général ⁽⁴⁷⁾.

Suite à cette condamnation, la législation française de la chasse fut modifiée par la loi du 26 juillet 2000.

Cette dernière offre la possibilité aux propriétaires fonciers peu importe la superficie de leurs terres, de demander le retrait de ces dernières du domaine de chasse de l'ACCA (association communale de chasse agréée), par le biais d'une procédure de retrait strictement encadrée et codifiée à l'article L 422-9 du Code de l'environnement.

Cette loi du 26 juillet 2000 instaure également un « droit de non-chasse » en son dernier alinéa de l'article 24 l'interdiction de la chasse le mercredi de « *6 heures au jeudi 6*

heures». Mais par la loi n° 2003-698 du 30 juillet 2003 ce jour de non-chasse est supprimé et laisse la liberté au préfet de limiter les jours de chasse en concertant les chasseurs, lorsque les fédérations de chasseurs restent libres de gérer leurs réserves (49).

En définitive, tous les droits relatifs à la chasse ont été, depuis les années 1990, codifiés au sein du Code de l'environnement divisé en 7 livres dont la chasse est le livre IV dénommé « *Faune et flore* » avec son TITRE II dédié à la CHASSE (Articles L420-1 à L429-40 et R.421-1 à R.429-21 du Code de l'environnement).

Le code se décompose ensuite en neuf chapitres, sous divisés en sections :

- *Chapitre Ier : Organisation de la chasse*
- *Chapitre II : Territoire de chasse*
- *Chapitre III : Permis de chasser*
- *Chapitre IV : Exercice de la chasse*
- *Chapitre V : Gestion*
- *Chapitre VI : Indemnisation des dégâts de gibiers*
- *Chapitre VII : Destruction des animaux d espèces non domestiques et louveterie*
- *Chapitre VIII : Dispositions pénales*
- *Chapitre IX : Dispositions particulières aux départements du Bas-Rhin, du Haut-Rhin et de la Moselle*

Jusqu'alors, le bien-fondé de la chasse n'a subi que peu de remises en question, mais son entrée dans l'ère du XXIème siècle tend à concilier sa pratique avec les autres usagers de la nature. Pour limiter de tels conflits d'usage, la loi du 26 juillet 2000 voit le jour, et instaure un jour interdit à la chasse à savoir le mercredi (49).

Actuellement, la légitimité de la chasse ne cesse d'être mise à mal principalement par les activistes de la cause animale, ce mouvement s'inscrivant dans une société de plus en plus urbanisée et déconnectée de la nature favorisant l'injustification de la chasse et influençant le rapport de l'homme avec la nature. La chasse qui était une nécessité et une évidence pour l'homme devient dans l'esprit commun une cruauté animale. À tel point que la chasse doit se justifier sur son bien-fondé vis à vis de la biodiversité.

De ce fait, un fonds « *Biodiversité* » a été mis en place, par la loi du 24 juillet 2019, aux fins de soutenir les fédérations de chasseurs agissant pour la protection et la reconquête de la biodiversité ⁽⁵⁰⁾.

Section 2. La mise en œuvre d'un arsenal juridique autour du plomb

La nécessité de légiférer face à la toxicité du plomb (A), tendant vers sa prohibition pour l'activité de chasse (B).

A. Le plomb un poison industriel imposant aux pouvoirs publics de légiférer

La première réglementation française concernant la céruse provient d'une ordonnance royale de 1823 qui fut abrogée 2 ans après son entrée en vigueur suite à l'influence de fabricants de céruse, en dépit de la santé des travailleurs et des cas de saturnisme qui se multipliaient ⁽⁵¹⁾.

Au XIX^{ème} siècle, l'industrialisation est en plein essor, la céruse est massivement utilisée au point d'être omniprésente au sein des foyers. Or, le contact et l'inhalation du plomb provoqueront, dès 1820, chez les ouvriers cérusiers fabriquant le plomb, une hécatombe due au saturnisme.

De par ses qualités douteuses menant à de multiples enquêtes médicales et à des polémiques sur sa fabrication, la céruse est qualifiée de poison industriel à l'aube du XX^{ème} siècle. Les lanceurs d'alerte qui ont mis en lumière la dangerosité du plomb aux yeux de l'opinion publique furent principalement les ouvriers peintres.

Ce n'est qu'à compter de juillet 1901 que la Céruse est pointée du doigt au niveau politique et législatif, menant à la promulgation de la loi du 20 juillet 1909 qui prohibe l'usage du plomb simplement en ce qui concerne la peinture en bâtiment.

L'entrée en vigueur de cette loi ayant été néanmoins prévue pour le 1er janvier 1915, la Première Guerre mondiale mobilise les attentions et mène à l'inapplication de celle-ci.

Ce n'est qu'à compter de l'adoption d'une directive européenne en 1992 que la céruse est finalement interdite en France et en Europe ⁽⁵¹⁾.

Dès lors, si les effets nocifs du plomb sont décriés depuis le début du XIX^{ème} siècle, la céruse a tout de même été interdite en Europe pour améliorer l'indice d'octane dans l'essence.

Néanmoins, bien que la toxicité du plomb tant pour l'homme que l'animal, est aujourd'hui connue de tous, cela n'empêche pas cet élément toxique d'être encore utilisé en France notamment pour le plomb de chasse.

B. De la restriction vers l'abolition de la chasse au fusil à plomb

Si l'interdiction des munitions fut immédiate pour nos voisins suisses suite aux exigences d'organismes militants pour la protection animale

La France et plus généralement l'Europe à savoir le Parlement européen a voté le 25 novembre 2020 l'interdiction d'utiliser du plomb jusqu'à 100 mètres autour des zones humides dans toute l'Europe. L'entrée en vigueur de ce texte est prévue pour 15 février 2023.

Il s'agit de la première étape avant l'interdiction totale de la grenaille de plomb sur tout le territoire européen. Ceci n'est pas sans conséquences économiques, puisque 650 000 chasseurs sont concernés en France, chaque chasseur possédant en moyenne deux armes qui deviendront inutilisables, car la conversion d'un fusil standard en un fusil éprouvé bille d'acier coûte entre 1000 et 1500. Le coût total à l'échelle nationale s'élèverait entre 650 et 975 millions d'euros ⁽⁵²⁾.

Si depuis 2006 la réglementation des zones humides était déjà connue des chasseurs, ce n'était que sur une zone « *tampon* » de 30 mètres (zone de protection). Toutefois cette nouvelle réglementation européenne sur les zones humides impact davantage les chasseurs sur deux points ⁽⁵³⁾ :

- D'une part, la zone de 30 mètres est étendue à 100 mètres, ce qui a contribué à élargir la définition de zone humide.

La circulaire Européenne n°2006/11 dispose en ces termes que ⁽⁵⁴⁾ :

« Le ministère a recherché une définition des zones humides aussi simple que possible pour que les chasseurs, comme les agents chargés du contrôle, puissent savoir, sans contestation, si le chasseur était ou non en zone humide. La définition qui résulte de la loi sur l'eau est apparue inadaptée du fait de son utilisation pour des activités très éloignées de la pratique de la chasse, ce qui peut donner lieu à des difficultés d'interprétation dans le cadre de la police de la chasse (article L. 211-1.-I.-1° du code de l'environnement). D'ailleurs, pour cette police, la définition de l'article L. 424-6 du code de l'environnement, familière aux chasseurs et aux agents chargés du contrôle est à retenir. Elle définit les zones où la chasse au gibier d'eau peut être ouverte avant l'ouverture et après la fermeture générale.

En conséquence les zones humides au sens des articles L. 424-6 et L. 422-28 du code de l'environnement et sur lesquelles portent l'interdiction d'utilisation de la grenaille de plomb sont les suivantes :

- *La mer dans la limite des eaux territoriales ;*
- *Le domaine public maritime ;*
- *Les marais non asséchés ;*
- *Les fleuves, rivières, canaux, réservoirs, lacs, étangs, plans d'eau qu'ils soient d'eau douce, salée ou saumâtre, y compris jusqu'à une distance de trente mètres du bord de l'eau, distance appréciée au moment de l'action de chasse.*

Toutefois la bande des trente mètres portant sur les fleuves, rivières, canaux, réservoirs, lacs, étangs, plans d'eau qu'ils soient d'eau douce, salée ou saumâtre, ne constitue pas une zone humide. Il s'agit seulement d'une dérogation destinée à faciliter la lisibilité de la chasse du gibier d'eau. Il n'y a donc pas lieu d'interdire aux chasseurs, en action de chasse sur des territoires qui jouxteraient, y compris à moins de trente mètres de leur bord les fleuves, rivières, canaux, réservoirs, lacs, étangs,

plans d'eau qu'ils soient d'eau douce, salée ou saumâtre, d'utiliser de la grenaille de plomb dès lors qu'ils ne tirent pas en direction de la nappe d'eau ou que la gerbe de plomb n'est pas susceptible de retomber dans l'eau. Par ailleurs, le tir à balle de plomb du grand gibier demeure autorisé sur les zones humides ainsi définies. Je vous informe que des consignes seront données aux agents de l'ONCFS (office national de la chasse et de la faune sauvage) afin de contribuer sur le terrain à la diffusion des informations appropriées auprès des chasseurs concernés. »

- D'autre part, celui qui se trouverait en possession de munitions de plomb aux abords des zones humides devra être en mesure de prouver sa non-action de chasse sur ces dernières (53).

En définitive, une nouvelle circulaire devra être rédigée quant au pouvoir des agents pour verbaliser les détenteurs de munitions à grenaille de plomb aux abords des zones humides.

La transition écologique tend nécessairement à l'abolition totale de l'utilisation du plomb de chasse au-delà même des zones humides. Prochainement, l'Europe interdira à la vente les munitions au plomb (55).

Néanmoins, les industriels européens recherchent un matériel de substitution respectant à minima les trois caractéristiques indispensables qui suivent :

- utilisable par les fusils classiques,
- avec un prix proche de celui du plomb
- et disposant de la même efficacité.

Le matériel de substitution du plomb est toutefois complexe, car il doit à la fois être assez mou pour ne pas abîmer le canon, mais doit également être assez dense pour pouvoir être aussi meurtrier.

Matériau	Densité	Dureté	Sphéricité	Toxicité	Prix	Disponibilité
Bismuth	bonne	correcte	moyenne à médiocre	nulle	très cher	limitée
Etain	faible	correcte	moyenne	nulle	cher	bonne
Fer doux	faible	forte	excellente	nulle	peu cher	bonne
Plomb	bonne	correcte	bonne à moyenne	forte	peu cher	bonne
Tungstène + Fer	bonne	très forte	bonne	nulle	très cher	bonne
Tungstène + liant	bonne	correcte	médiocre	nulle	très cher	bonne
Zinc	faible	correcte	moyenne	faible	cher	bonne

Figure 26. Tableau présentant les avantages et les inconvénients des matériaux pouvant substituer le plomb

Source : <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-52881-FR.pdf>

Laperche V., Dictor M.C., Clozel-Leloup B. et Baranger Ph. (2004) - Guide méthodologique du plomb, appliqué à la gestion des sites et sols pollués. BRGM/RP-52881-FR, 136 p., 40 ill.

CONCLUSION

En définitive et en l'état des connaissances actuelles, il s'avère que la grenaille de chasse, généralement peu phytodisponible et peu mobile dans les sols, ne semble pas jouer un rôle majeur dans la contamination de la flore en plomb.

En revanche, la grenaille de chasse serait davantage toxique dans un contexte environnemental dit de « *zones humides* » favorisant, d'une part, la production et la dispersion de ses produits de dégradations dans le milieu, et d'autre part, l'ingestion directe des billes par les anatidés engendrant des cas localisés de saturnisme aviaire.

À la différence du petit gibier d'eau, le grand gibier et le gibier aviaire dit de plaine, ne sont quasiment pas impactés par les munitions au plomb.

En effet, ces derniers ne semblent pas ingérer directement les grains de plomb déposés sur le sol.

Aussi, de par le constat que le plomb de chasse dispersé dans la nature ne prend part que de façon négligeable dans la contamination des plantes, nous pouvons en déduire que les retombées de plomb, après le tir ne sont pas à l'origine de l'élévation des concentrations en plomb au niveau tissulaire des gibiers sauvages, élévation, que l'on peut constater dans des zones hautement contaminées.

De plus, il a été démontré que les fortes concentrations tissulaires en plomb que pouvaient présenter les gibiers, n'engendraient pas de risque de surexposition pour le consommateur ⁽²⁷⁾.

En revanche, les consommateurs réguliers de grand gibier, s'exposeraient à un risque de surexposition du fait de la présence de microfragments de munitions présentes aux alentours de la zone d'impacts de la munition. Dès lors, cette contamination reste facilement évitable.

En conséquence, le remplacement des munitions au plomb prend sens dans les zones humides. Cependant, en dehors de ces zones, ces mesures ne semblent pas devoir être une priorité, puisque les grains de plomb dispersés même en grande quantité dans des zones localisées ne présenteraient pas de dangers significatifs pour la faune et la flore environnantes.

BIBLIOGRAPHIE

1. Docteur Jean THUILLIER, « *Dictionnaire des médicaments* », Paris : Editions Robert Laffont, 1985, 931 p. ;
2. René FABRE et Georges DILLEMANN, « *Histoire de la pharmacie* », Presses universitaires de France Vendôme, 1963, 128 p. ;
3. Charles Henri FIALON, « *Histoire des mots "Pharmacien" et "Apothicaire"* », Bulletin de la Société d'histoire de la pharmacie, 1920. pp. 262-269. ;
4. MAHE Anne-Hélène, « *Quand la croix des pharmacies était rouge* », Comité international de la Croix rouge, 2021. ;

Disponible sur: <https://blogs.icrc.org/hdtse/2021/01/27/quand-la-croix-des-pharmacies-etait-rouge/>

5. Ira Byock, « *The Best Care Possible: a Physician's Quest to Transform Care Through the End of Life* », Avery, 2012.;

Disponible sur: <https://www.dirigeant.fr/societe/le-premier-signe-de-civilisation/>

6. Arnaud DE MONBRISON, « *Le Grand Livre de la Chasse* », Genève: Edito-service S.A.,1972.;
7. Monique JALLET-HUANT, « *La chasse dans l'Antiquité romaine* », Montbel Editions, 2008, 161 p. ;
8. MERITE Edouard, « *Les pièges : Histoire et techniques de piégeage à travers le monde* », Montbel Editions, 2011, 352 p.
9. « *Les armes à feu de chasse* », site du Musée de l'armée ;

Disponible sur : https://www.musee-armee.fr/fileadmin/user_upload/Documents/Support-Visite-Fiches-Objets/Fiches-departement-ancien/MA_fiche-armes-feu-chasse.pdf

10. Site Larousse encyclopédie ;

Disponible sur: <https://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/plomb/80632>

11. Claude FOUASSIER, Michel PEREYRE, MICHEL, RABINOVITCH, Jean-Louis VIGNES, « *PLOMB* », Encyclopaedia Universalis ;

Disponible sur : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/plomb/1>

12. Groupe d'experts et auteurs réunis par l'INSERM, « *Plomb dans l'environnement, quels risques pour la santé?* », Editions INSERM, 1999, 480 p.;

13. ASSOCIATION SANTÉ ENVIRONNEMENT FRANCE, « *Les Métaux Lourds - La Synthèse De L'ASEF* », 2017.;

Disponible sur : <https://www.asef-asso.fr/production/les-metaux-lourds-la-synthese-de-lasef/#:~:text=Le%20plomb%20est%20pr%C3%A9sent%20dans,%2DC>.

14. Philippe CHALMIN, « *Au fil des années de plomb* », Le monde, publié le 22 octobre 2007. ;

Disponible sur : https://www.lemonde.fr/talents-fr/article/2007/10/22/au-fil-des-annees-de-plomb_969522_3504.html

15. Scott, SR, Shafer, MM, Smith, KE, Overdier, JT, Cunliffe, B., Stafford, TW et Farrell, PM (2020) « *Exposition élevée au plomb chez les occupants romains de Londinium : nouvelles preuves issues des archives archéologiques* ». Archéométrie, 2019. ;

Disponible sur : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/arcm.12513#:~:text=It%20was%20found%20that%20concentrations,adjacent%20to%20the%20Southern%20Cemetery>.

16. Florian BRASSART, « *Noyelles-Godault. Du plomb dans le sang des enfants 20 ans après la fermeture de l'usine Métaleurop* », Actu Pas-de-Calais, publié le 28 septembre 2022. ;

Disponible sur internet : https://actu.fr/hauts-de-france/nouvelles-godault_62624/nouvelles-godault-du-plomb-dans-le-sang-des-enfants-20-ans-apres-la-fermeture-de-l-usine-metaleurop_54107645.html

17. « *Sources d'exposition au plomb* », Ministère de la santé et de la prévention, publié en 2015 et modifié en 2022. ;

Disponible sur : <https://sante.gouv.fr/sante-et-environnement/batiments/article/sources-d-exposition-au-plomb>

18. « *Intérêt d'une limitation des usages du plomb dans certains produits de consommation* », Note technique, Institut de veille sanitaire, 2008. ;

Disponible sur : <https://www.santepubliquefrance.fr/content/download/184729/2313811>

19. Claire KÖNIG, « *Le plomb : le métal, la chimie et la production* », FUTURA ;

Disponible sur : <https://www.futura-sciences.com/sciences/dossiers/chimie-metal-plomb-1030/page/7/>

20. Site Larousse dictionnaire ;

Disponible sur : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/flottation/34235>

21. P. Blazy et El-Aïd Jdid, « *Métallurgie du plomb : procédés modernes et sources secondaires* », Techniques de l'Ingénieur, 2011. ;

Disponible sur : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/archives-th12/archives-elaboration-et-recyclage-metaux-tiame/archive-1/metallurgie-du-plomb-m2264/traitement-des-minerais-m2264niv10003.html>

22. Site de l'entreprise Montorretas spécialisée dans la fabrication de plombs pour la chasse et la compétition ;

Disponible sur : <https://www.montorretas.es/fr/entreprise/>

23. Etude BIPE 1 (Bureau d'Informations et de Prévisions Economiques), Fédération nationale des chasseurs, 2015. ;

Disponible sur : https://www.chasseurdefrance.com/wp-content/uploads/2020/03/BIPE_1.pdf

24. L'Agence européenne des produits chimiques (ECHA), « *L'ECHA identifie les risques pour l'environnement terrestre des munitions au plomb* », 2018. ;

Disponible sur : <https://echa.europa.eu/fr/-/echa-identifies-risks-to-terrestrial-environment-from-lead-ammunition>

25. Aurore COULAUD, « *Le fil vert ; Chasse : le plomb, un poison pour l'homme et l'environnement* », Libération, publié le 14 février 2019. ;

Disponible sur : https://www.liberation.fr/france/2019/02/14/chasse-le-plomb-un-poison-pour-l-homme-et-l-environnement_1704800/

26. Gis Sol. 2011. *Synthèse sur l'état des sols de France*. Groupement d'intérêt scientifique sur les sols, 24 p. ;

Disponible sur : https://www.gissol.fr/rapports/synthese_HD.pdf

27. Esteban Remon. « *Tolérance et accumulation des métaux lourds par la végétation spontanée des friches métallurgiques : vers de nouvelles méthodes de bio-dépollution. Biologie végétale* ». Université Jean Monnet - Saint-Etienne, 2006. Français. ;

Disponible sur : <https://theses.hal.science/tel-00362527/document>

28. Knechtenhofer L. A., Xifra I. O., Scheinost A. C., Flühler H., Kretzschmar R. « *Fate of heavy metals in a strongly acidic shooting-range soil : small-scale metal distribution and its relation to preferential water flow* », Journal of Plant Nutrition and Soil Science, (2003), 166, p. 84-92. ;

29. GIOVANNI B. « *Impact écologique de l'utilisation de la grenaille de plomb sur les habitats terrestres et sur l'accumulation de plomb chez les oiseaux non aquatiques. Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe* », 24ème réunion, (2004). 22 p. ;

Disponible sur:

<https://rm.coe.int/1680746886%23~:text=Le%2520plomb.%2520ependant.%2520a%2520un.composantes%2520biologiques%2520de%2520l%25C3%25A9cosyst%25C3%25A8me>

30. Par Mlle Marie CECCHI, « *devenir du plomb dans le système sol-plante : Cas d'un sol contaminé par une usine de recyclage du plomb et de deux plantes potagères* » (Fève et Tomate), 2008. ;
Disponible sur : <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=f411c6b6837b03a46c837649cbb2502afe8f2a5e>
31. Sever C. – « *Lead and outdoor ranges. in National Shooting Range Symposium Proceedings* », Salt Lake City, Utah,(1993), 17-19 October. ;
32. Philippe MESTRALLET. « *Champignons et métaux lourds* ». Sciences pharmaceutiques. 1996. ;
Disponible sur internet : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01768453/document>
33. TAM C.F., « *Heavy metal tolerance by ectomycorrhizal fungi and metal amelioration* » by *Pisolithus tinctorius*, Mycorrhiza, 1995. ;
34. HASHEM AR., « *Hymenoscyphus ericae and the resistance of vaccinium macrocarpon to lead* ». Trans. Mye. Soc.,1990. ;
35. GALLI U., SCHUEPP H. and BRUNOLD C., « *Heavy metal binding* » by mycorrhizal fungi. *Physiol. Plant.*,1994. ;
36. Avis de l'ANSES, Saisine n° 2015-SA-0109, sur le « *risque sanitaire lié à la consommation de gibier au regard des contaminants chimiques environnementaux (dioxines, polychlorobiphényles (PCB), cadmium et plomb)* », 2018, 74 p. ;
Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/system/files/ERCA2015SA0109.pdf>
37. Hermoso de Mendoza García M., Hernández Moreno D, Soler Rodríguez F, López Beceiro A, Fidalgo Alvarez LE, Pérez López M. 2011. « *Sex- and age-dependent accumulation of heavy metals (Cd, Pb and Zn) in liver, kidney and muscle of roe deer (Capreolus capreolus) from NW Spain* ». *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng.* 2011 ;
38. MONDAIN-MONVAL Jean-Yves & DEFOS DU RA, Pierre & GUILLEMAIN Matthieu & OLIVIER Anthony. « *Retour sur 10 ans d'utilisation des munitions non toxiques en Camargue : efficacité des chasseurs et effets sur la contamination des oiseaux d'eau par le plomb. Faune sauvage* », 2017, 6 p. ;
Disponible sur : https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/RevueFS/FauneSauvage314_2017_Art2.pdf

39. Rapport n°261 de l'OPECST (Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques), « *Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé* » déposé le 5 avril 2001. ;

Disponible sur : <https://www.senat.fr/rap/100-261/100-26190.html>

40. Arnaud J. DURANEL. « *Effets de l'ingestion de plombs de chasse sur le comportement alimentaire et la condition corporelle du canard colvert* » (Anas platyrhynchos). Médecine vétérinaire et santé animale. Ecole nationale vétérinaire de Nantes, 1999. Français. ;

Disponible sur : <https://theses.hal.science/tel-00825999/document>

41. BELLROSE F..« *Lead poisoning as a mortality factor in waterfowl populations* ». Illinois. Nat. Hist. Surv. 1959. ;

42. Isabelle PASSAGNE, Université de Bordeaux, « Toxicologie du plomb », (cours de 2018) ;

43. Bismuth C., Baud F., Conso F., Dally S., Fréjaville J.-P., Garnier R., Jaeger A., Rédaction d'après " Toxicologie clinique ", Flammarion Médecine-Sciences, 5ème édition, Paris 2000.

Disponible sur : <https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/effetsplombsante.pdf>

44. Site de la Fédération nationale des chasseurs, « *L'Histoire de la chasse* » ;

Disponible sur : <https://www.chasseurdefrance.com/decouvrir/histoire-de-la-chasse/>

45. Loi n°64-696 du 10 juillet 1964 relative à l'organisation des associations communales et intercommunales de chasse agréées, version abrogée depuis le 17 avril 1991 - Légifrance [Internet] ;

Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000319963/>

46. HEINIS Anne, Rapport législatif n° 408 Sénat, « *Proposition de loi relative à la chasse* », déposé le 9 juin 1999 ;

Disponible sur : <https://www.senat.fr/rap/198-408/198-4081.html>

47. Winisdoerffer Yves. « *Revue Juridique de l'Environnement* », n°3, Loi Verdeille du 10 juillet 1964. Apport forcé des droits de chasse sur les terrains à une ACCA. 1999. pp. 431-460. ;

Disponible sur : www.persee.fr/doc/rjenv_0397-0299_1999_num_24_3_3670

48. Décret n° 75-544 du 30 juin 1975 relatif à la délivrance, au visa et à la validation du permis de chasser (J.O., 1er juillet 1975) . In: *Revue Juridique de l'Environnement*, n°1, 1976. pp. 85-89. ;

Disponible sur : www.persee.fr/doc/rjenv_0397-0299_1976_num_1_1_1025

49. « *Les lois sur la chasse : chronologie* », Vie-publique, 2022 ;

Disponible sur : <https://www.vie-publique.fr/eclairage/286030-les-lois-sur-la-chasse-chronologie>

50. LOI n° 2019-773 du 24 juillet 2019 portant création de l'Office français de la biodiversité, modifiant les missions des fédérations des chasseurs et renforçant la police de l'environnement - Légifrance [Internet] ;

Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000038821234>

51. RAINBORN Judith, « *Blanc de plomb. Histoire d'un poison légal* », Presses de Sciences Po, 2019, 372 p. ;

52. Site de la Fédération nationale des chasseurs, « *Le Plomb : changement des règles européennes à compter du 15 février 2023* » ;

Disponible sur : <https://www.chasseurdefrance.com/le-dossier-plomb/#:~:text=Il%20pr%C3%A9cise%20que%20la%20grenaille,Commission%20europ%C3%A9enne%20depuis%20des%20ann%C3%A9es>

53. La SNAFAM (Syndicat professionnel des fabricants, importateurs et distributeurs d'armes munitions, équipements et accessoires), « *Les zones humides : redéfinition au 15/02/2023 / Les fabricants et importateurs ont-ils lieu d'être inquiets ?* », publié le 4 octobre 2022 ;

Disponible sur : <https://www.snafam.org/2022/10/04/les-zones-humides-redefinition-au-15-fevrier-2023-les-fabricants-et-importateurs-ont-ils-lieu-detre-inquiets/>

54. Circulaire DNP/CFF N° 2006-11 du 04/06/06 relative à la définition des zones sur lesquelles a été instaurée une interdiction de l'usage du plomb de chasse, Site AIDA (La réglementation de la prévention des risques et de la protection de l'environnement) site d'information relatif au droit de l'environnement développé dans le cadre de la mission de service public de l'Ineris pour le Ministère en charge de l'environnement ;

Disponible sur : <https://aida.ineris.fr/reglementation/circulaire-dnpcff-ndeg-2006-11-040606-relative-a-definition-zones-lesquelles-a-ete#:~:text=a%20été...-.Circulaire%20DNP%2FCFF%20N%202006%2D11%20du%2004%2F,usage%20du%20plomb%20de%20chasse>

55. Site SOLOGNAC, « *Le sans plomb : le futur de nos balles de chasse* », Le groupe DECATHLON SA ;

Disponible sur : <https://www.solognac.fr/le-sans-plomb-le-futur-de-nos-balles-de-chasse>

Liste des illustrations

Figure 1. *Le mortier et son pilon*

Figure 2. *Serpent autour de la coupe d'Hygie*

Figure 3. *Arquebuse primitive (en haut) et arquebuse à rouet (en bas)*

Figure 4. *Mousquet*

Figure 5. *Tableau périodique des éléments*

Figure 6. *Composition d'une cartouche de chasse*

Figure 7. *Composition d'une balle de chasse*

Figure 8. *Tableau des principaux minerais de plomb*

Figure 9. *Galène en France*

Figure 10. *Graphique sur la pollution au plomb due à la chasse en UE*

Figure 11. *Teneur en plomb des sols en France*

Figure 12. *Graphique des différentes sources contribuant aux apports d'éléments traces métalliques sur les sols agricoles en France métropolitaine*

Figure 13. *Les voies de transfert entre l'eau et le sol*

Figure 14. *Tableau sur les qualités accumulatrices de certaines plantes*

- Figure 15. *Radiographie thoracique d'un cerf adulte abattu par une munition au plomb*
- Figure 16. *Dénombrement des prélèvements effectués sur les gibiers dans le cadre des Plans de contrôle (PC) entre 2007 et 2015, (selon foie ou muscle)*
- Figure 17. *Concentration décroissante des résultats en Pb dans les muscles d'animaux sauvages*
- Figure 18. *Concentrations en Pb dans les foies d'animaux sauvages*
- Figure 19. *Tableau présentant les concentrations en Pb des animaux de boucherie et des sangliers sauvages*
- Figure 20. *Densité du dépôt de grains de plomb selon plusieurs études*
- Figure 21. *Illustration de l'impact de la grenaille de plomb*
- Figure 22. *Radiographie du contenu d'un gésier d'une sarcelle d'hiver dans une boîte de Pétri laissant apparaître cinq billes de plomb et deux fragments en haut à gauche*
- Figure 23. *Taux d'Ingestion de billes de plomb et d'acier dans les gésiers de canards*
- Figure 24. *Impact du plomb sur la synthèse de l'hème et de la globine*
- Figure 25. *Manifestations pathologiques chez l'enfant et l'adulte selon la valeur de la plombémie*
- Figure 26. *Tableau présentant les avantages et les inconvénients des matériaux pouvant substituer le plomb*

Serment de Galien

Je jure en présence des Maîtres de la Faculté, des Conseillers de l'Ordre des Pharmaciens et de mes Condisciples :

D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement ;

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement ;

De ne jamais oublier ma responsabilité, mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine, de respecter le secret professionnel ;

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes Confrères si j'y manque.