

LACTUCA SATIVA (L.) 3

1 Généralités

3.1.1 Historique

Si certains légumes ont été sélectionnés et domestiqués très tard (Zohary *et al.*, 2012), nombreuses sont les espèces dont l'exploitation remonte aux origines de l'agriculture (10000 à 7000 av JC), et probablement en plusieurs lieux (Proche Orient, Asie, Amérique Centrale... ; Harlan, 1975 ; Haudricourt & Hedin, 1943). Les voyages des marchands et explorateurs, mais aussi les guerres sont pour beaucoup dans l'introduction de certains légumes et fruits en Europe (Chauvet, 1985, 1986) :

- les Grecs ont développé les melons, concombres, radis et autres panais ;
- aubergines, choux fleurs, pastèques et épinards ont été introduits par les Arabes et les Juifs entre le X^e et XV^e siècle ;
- les pommes de terre, haricots, tomates, courges et poivrons sont rapportés des “Indes” à partir de 1492 ;
- les choux de Bruxelles, pissenlits et endives n'ont quant à eux été cultivés en Europe qu'à partir du XVIII^e siècle.

La laitue *Lactuca* sp. fait partie de ces très anciens genres cultivés aussi bien en Chine dès le VII^e siècle avant JC (Laufer, 1919) que bien avant la période pharaonique Egyptienne (environ 4500 ans avant JC, soit 1500 ans avant les premiers pharaons). Cultivées également pendant l'Antiquité gréco-romaine, les différentes espèces de laitues étaient connues pour leurs effets sédatifs, narcotiques et analgésiques¹, mais aussi anti oxydants et anti bactériens (présence de lactucarium ; Diderot & Le Rond D'Alembert, 1779 ; Ducan, 1821 ; Mérat & de Lens, 1837 ; Munch *et al.*, 1933 ; Edziri *et al.*, 2011), voire même mystique (importance de la laitue dans le culte d'Adonis, qui, mortellement blessé aurait été allongé par Venus sur un lit de laitues ; Rochette, 1851). Aujourd'hui, environ 25 millions de tonnes de laitues (et chicorées) sont produites par an (FAOStat, 2014) dans le monde ; 1,3 % de cette production était française en 2012.

¹ Les pythagoriciens la nomment d'ailleurs la « plante des eunuques » pour les propriétés anti aphrodisiaques du lactucarium.

3.1.2 Classification, systématique et commercialisation

Le genre *Lactuca* sp. est un des plus importants de la famille des **Astéracées** (anciennement Composées Chicoriacées). A la fin du XIX^e siècle, on en comptait une quarantaine d'espèces, 150 à 180 dans les années 1950 ; on dénombre aujourd'hui plus de 1500 variétés commerciales, regroupées en 3 espèces principales : *Lactuca indica*, *Lactuca serriola* et *Lactuca sativa*, toutes les trois décrites par Linné.

Il existe 5 classes ou groupes¹ de ***Lactuca sativa*** L., matériel biologique choisi dans cette étude :

- les **Pommées** (ou “cabbage” en anglais), dénommées *L. sativa* var capitata ;
- les **Romaines**, ou chicons (“romaines” ou “cos”), *L. sativa* var longifolia ;
- les **Frisées** (“Summercrisps”, “Batavian crisps” ou “French crisps”), *L. sativa* var crispa ;
- les **A tiges** (“Stem” ; jusque 50 cm de haut), *L. sativa* var augustana ;
- les **Grasses** (“Leaf”, “Oil seed”), *L. sativa* var laciniata.

Les classifications, systématiques mais aussi mercantiles, dépendent de nombreux aspects morphologiques comme la couleur, la taille, la forme générale des feuilles, mais aussi des semences (Plages, 1986). C'est ainsi que l'on peut entendre dire, en plus des classes “romaines” ou frisées, de laitues “beurre” (*e.g.* La Grosse Blonde Paresseuse, connue et cataloguée par Vilmorin depuis 1854 ; Chauvet, 1985, 1986). La dénomination des variétés, sous-variétés, cultivars dépend également de caractéristiques physiologiques, comme une montaison lente ou retardée (*e.g.* la Kinemontepas).

¹ Les termes « classes » ou « groupes » sont systématiquement faux, mais nécessaires considérant la variabilité variétale de cette espèce.

3.2 Caractéristiques biologiques et physiologiques

Cette **herbacée dicotylédone** à feuilles glabres et ovales (on parle aussi de légume-feuille en parlant de la laitue) est une plante de type **C3** : elle incorpore le carbone atmosphérique lors de la photosynthèse strictement sous la forme de 3-phosphoglycérate, acide à 3 atomes de carbone (**Figure I.11.a**). Les plantes de ce type (riz, blé, soja, laitue...) sont les plus abondantes en agriculture. Ce fonctionnement s'oppose à celui des plantes de type **C4** (ex : canne à sucre, maïs...), dont le premier produit carboné est l'oxaloacétate, acide à 4 atomes de C) par le cycle de Calvin (**Figures I. 11.a et I. 11.b**).

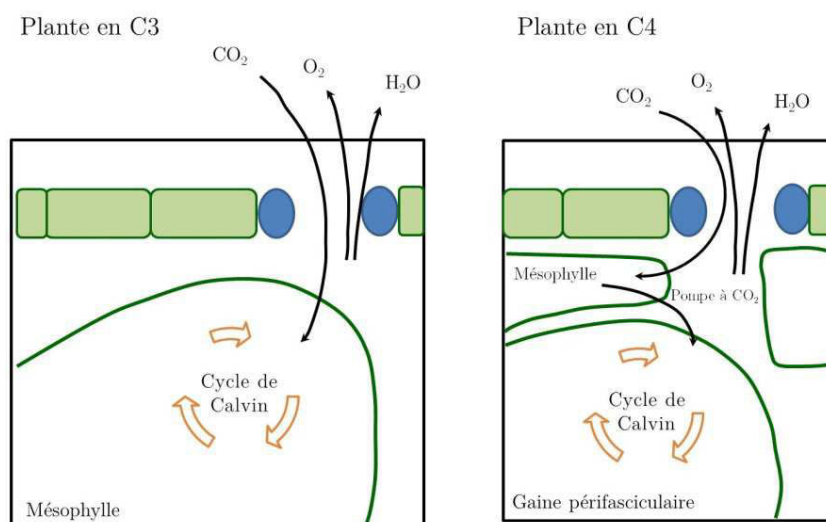


Figure I.13.a. Absorption du Carbone par des plantes dites « en C3 » et « en C4 ».

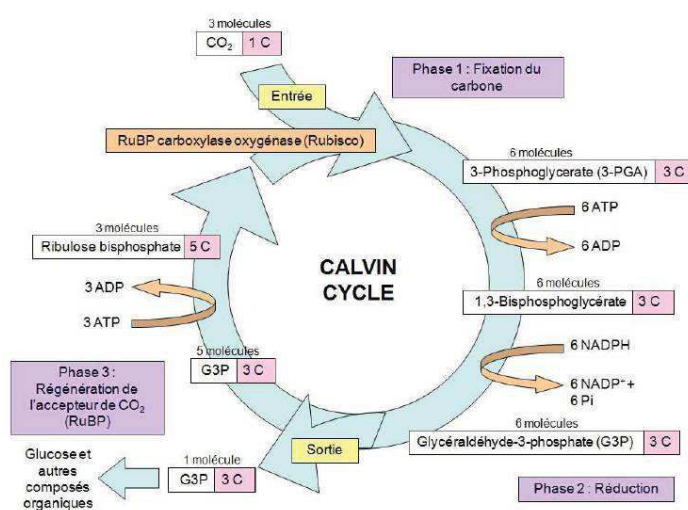


Figure I.13.b. Principales étapes du cycle de Calvin (réduction du carbone) (Boyer, 2009 d'après Mazliak, 1974).

Les laitues en général, *L. sativa* en particulier, sont des plantes **autogames** et diploïdes ($n = 8$ ou 9 ; dans le cas de *Lactuca sativa*, $n = 9$). Si l'allogamie est possible (4 à 8 %), sa probabilité augmente avec la chaleur et l'ensoleillement (Plages, 1986).

L. sativa est une plante **annuelle** : son cycle de développement se déroule sur une seule année (Figure I.12), à partir d'une semence (graine) ovoïde, striée, de couleur noire, blanche ou jaune grisâtre. Cet **akène** dispose d'une aigrette poilue pour faciliter la dissémination par le vent (anémochorie).

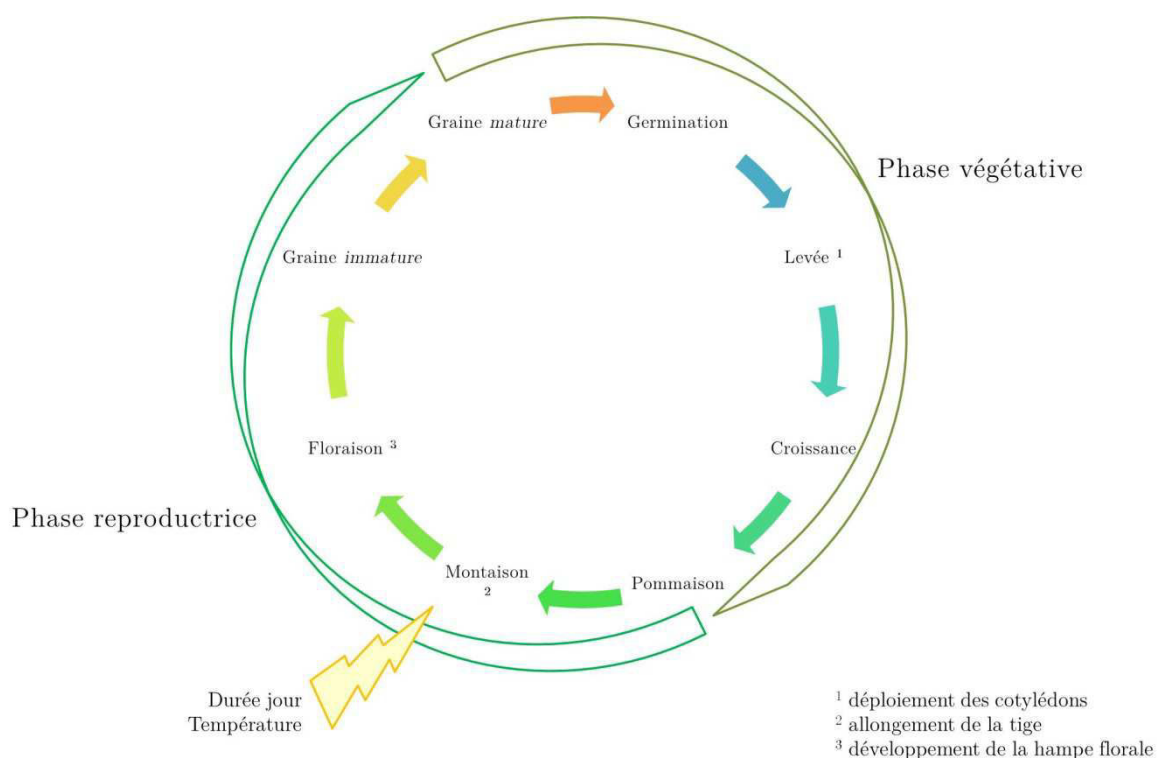


Figure I.14. Cycle de développement de la laitue.

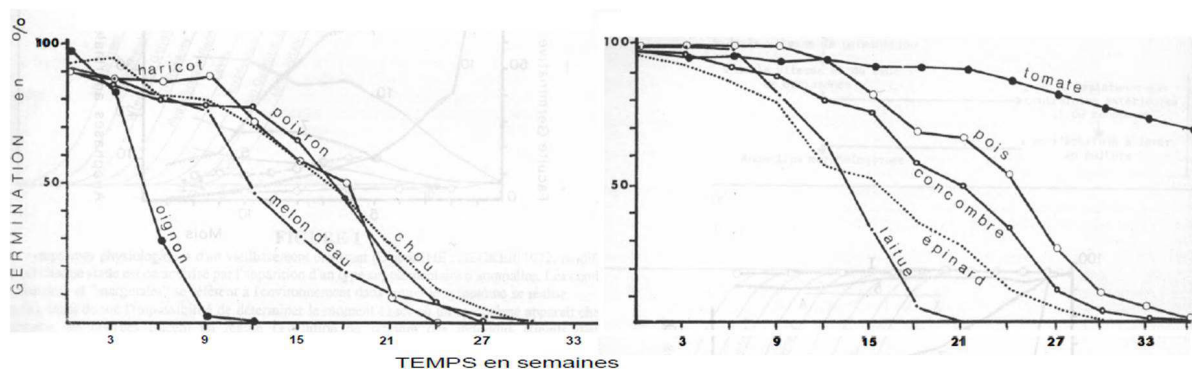


Figure I.15. Effet d'un vieillissement intensif (45°C, 80 % d'humidité relative) sur la capacité germinative de semences de différentes espèces végétales (Renard, 1985).

Thicoïpé (1997) a souligné la grande variabilité du cycle de développement : de 45 jours en période estivale à 6 mois l'hiver, la montaison est très photosensible. On distingue d'ailleurs des laitues de *printemps*, *d'été*, *d'automne* et *d'hiver*. La température influence également le développement de la plante à travers la germination et la montaison (de 0 à 25 °C ; optimum : 18 – 22 °C). Ceci explique en partie la diminution du nombre de sous-espèces ou de variétés de laitues des régions boréales et tempérées aux régions semi-arides à tropicales. Dans le cadre de la conservation des semences et de leur préservation du vieillissement, à des fins scientifiques ou strictement potagères, il convient de stocker ces semences à l'abri de la lumière, de la chaleur, et d'une trop grande humidité (Figure I.13, Renard, 1986 ; Huang *et al.*, 2003).

3.3 Bio-indicateur écotoxicologique

Comme de nombreuses espèces végétales, très souvent à intérêt agricole, la laitue est recommandée et utilisée pour la réalisation de bio-essais (FDA, 1987 ; EPA, 1996 ; OECD, 2003). Elle est utilisée au sein de notre équipe dans le cadre d'évaluation de l'écotoxicité de RITS depuis 2008.

Il existe deux types de tests écotoxicologiques impliquant la laitue : le test de germination (7 jours ; utilisé lors de ce travail de doctorat et protocole détaillé dans le point 3.3.1) et le test de croissance (28 jours ; protocole très largement détaillé dans le mémoire de doctorat de Bertrand Sancey (2011)). Ces deux tests permettent de mettre en évidence visuellement et quantitativement (*vide infra*), entre autres, les effets de RITS et/ou de solutions synthétiques sur la germination, l'élongation (racinaire et totale ; [Figure I.14](#)) et la croissance (masse et longueurs ; [Figure I.15](#)) des semences et plantules de laitue.

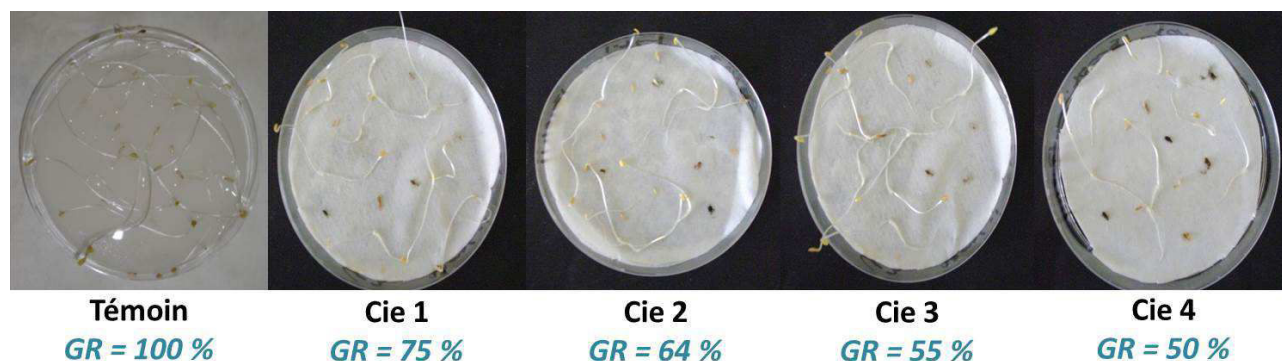


Figure I.16. Inhibition de la *germination de semences* de *L. sativa* exposées à 4 RITS industriels différents (Sancey, 2011).

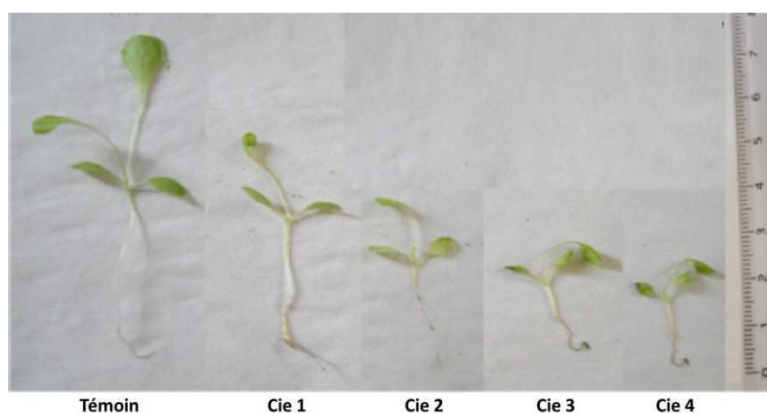


Figure I.17. Inhibition de la *croissance de plantules* de *L. sativa* exposées à 4 RITS industriels différents (Sancey, 2011).

Ils permettent aussi de souligner l'amélioration qualitative des effluents après un traitement chimique spécifique conventionnel (charbon actif, résine...) ou non conventionnel (amidon, cyclodextrine...)(Figures I.16 et I.17).

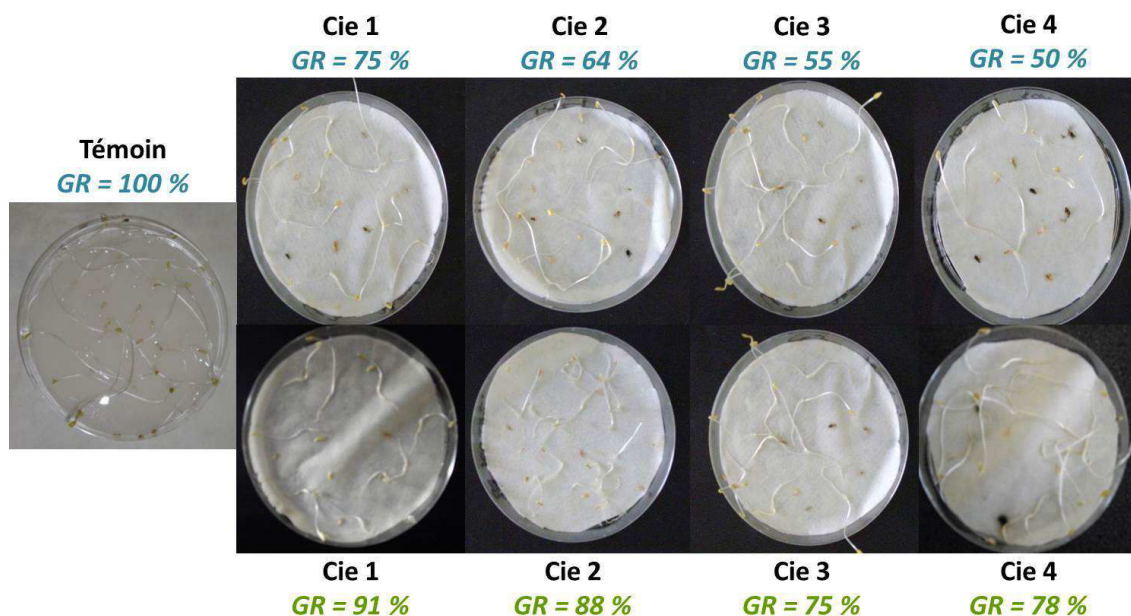


Figure I.18. Exemple d'amélioration qualitative des RITS *après* traitement physico-chimique sur la *germination* (ici *via* l'adjonction de cyclodextrine dans le rejet) (Sancey, 2011).

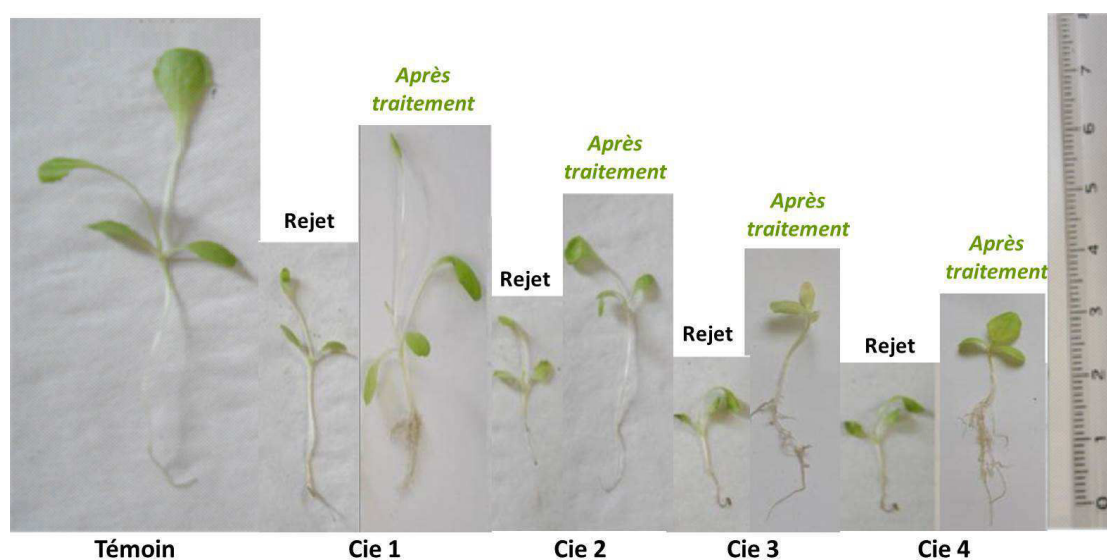


Figure I.19. Exemple d'amélioration qualitative des RITS *après* traitement physico-chimique sur la *croissance* (ici *via* l'adjonction de cyclodextrine dans le rejet) (Sancey, 2011).

3.3.1 Protocole du test de germination

Les tests de germination dont les résultats seront présentés dans ce manuscrit, répondent tous (sauf exceptions) au protocole suivant (Figure I.18). Trente semences¹ de laitue sont disposées dans une boîte de Pétri (100*15 mm), sur deux disques de papier filtre et arrosées de 4 mL de 1/ eau osmosée (témoin), ou 2/ rejet multicontaminé (dilué ou non ; pH compris entre 5,5 et 9,5), ou 3/ d'une solution synthétique mono- ou poly- contaminée. Chaque condition (témoin, rejet pur, rejet dilué) est testée en triplicatat. Toutes les boîtes sont enfin disposées dans une chambre climatique (24 ± 1°C) à l'obscurité, pendant sept jours. A l'issue de ces sept jours, les plantules considérées “germées” sont comptabilisées² (cf. 3.3.2 Taux de germination) et mesurées (cf. 3.3.3 Elongations racinaire RL et totale TL). On note que le test est considéré valide si et seulement si le taux de germination des témoins est supérieur ou égal à 90 %.

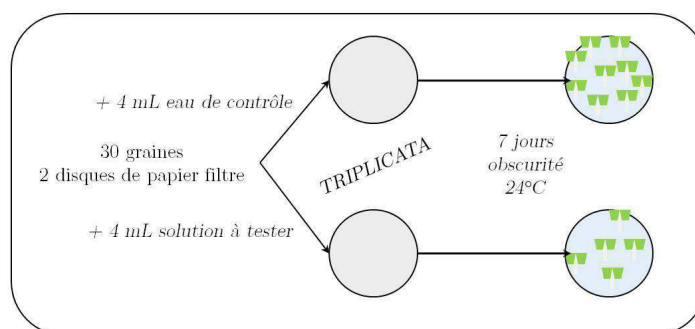


Figure I.20. Protocole du test de germination (Source : ISO 17126).

3.3.1.1 Taux de germination GR

A la fin du test de germination, les plantules “germées” sont comptées, ce qui permet le calcul d'un taux de germination (GR) selon l'équation suivante :

$$GR = \frac{GSS}{GSC} \times 100$$

où GSS est le nombre de semences germées pour l'échantillon testé (rejet pur ou dilué), et GSC est le nombre de semences germées pour le témoin (ou contrôle).

¹ Rondes, intactes et de taille homogène.

² Est considérée germée, une plantule d'au moins 3 mm de long, présentant une racine, une tige et deux cotyledons.

3.3.1.2 Courbe dose-réponse et CE_{50}

Ce léger abus de langage (cf. 2.2.2 Mesures d'écotoxicité) est justifié par l'utilisation généralisée de ce terme (*courbe dose-réponse*), qu'il s'agisse réellement d'une *dose* ou d'une *concentration* mesurée et exprimée en mg L^{-1} , en mg kg^{-1} ou en partie par million ppm (Berry & Wallace, 1981). L'élaboration d'une telle courbe (Figure I.19) est permise par l'utilisation de la matrice Excel RegTox (version 7.0.6). Les calculs des concentrations d'effet moyennes (ici l'effet est la germination) suivent un modèle de Hill.

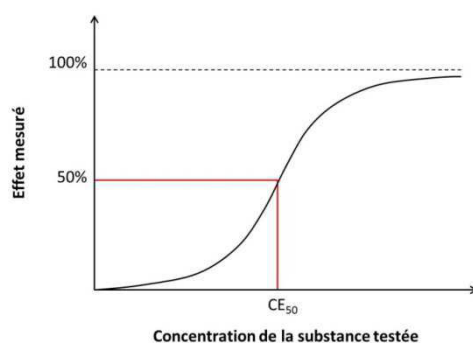


Figure I.21. Courbe dose (concentration) réponse type et CE_{50} .

3.3.1.3 Élongations Racinaire RL et Totale TL

L'élongation des plantules s'exprime en mm. Les plantules relativement fragiles sont à manipuler délicatement afin de les étendre le long d'une règle (Figure I.20) et mesurer les longueurs racinaire (RL) et totale (TL ; de l'extrémité de la racine à l'hypocotyle de la plantule).

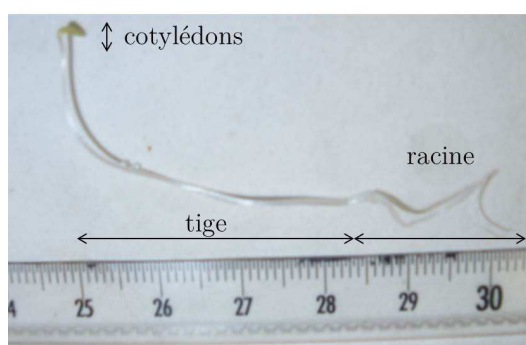


Figure I.22. Segments d'une plantule de laitue *L. sativa* (la plantule n'est pas étendue ici, pour les besoins de l'illustration photographique).

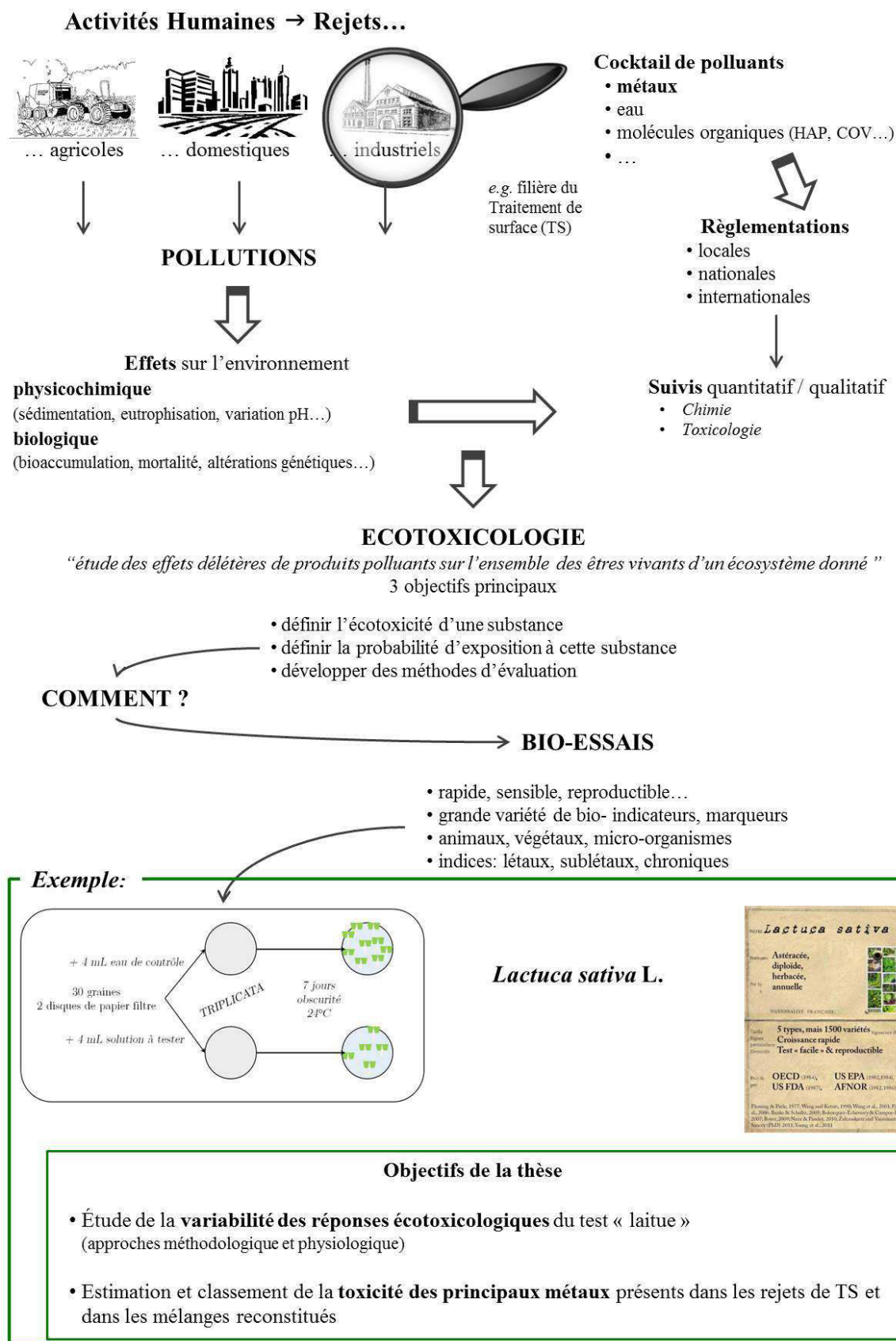
3.3.1.4 Indice de Germination GI

L'indice de germination GI a été utilisé afin de compléter les résultats et les interprétations des GR (Zucconi *et al.*, 1981, 1985 ; Alvarenga *et al.*, 2007 ; Varnero *et al.*, 2007). En effet, il permet de considérer des effets létaux (germination) et des effets sublétaux (élongation). L'équation de cet indice est la suivante :

$$GI = \frac{RLS \times GSS}{RLC \times GSC}$$

où GSS est le nombre de semences germées pour l'échantillon testé (rejet pur ou dilué), GSC est le nombre de semences germées pour le témoin (ou contrôle), RLS est la longueur racinaire pour l'échantillon testé (rejet pur ou dilué) et RLC est la longueur racinaire témoin.

BILAN DE LA SECTION I



BIBLIOGRAPHIE

ARTICLES & OUVRAGES

- Adema DMM.** 1978. *Daphnia magna* as a test animal in acute and chronic toxicity tests. *Hydrobiologia*, 59:125-134.
- Adriano DC.** 1986. Trace Elements in Terrestrial Environment, Springer, New York, 871p.
- Alvarenga P, Palma P, Gonçalves A, Fernandes RM, Cunha-Queda A, Duarte E, Vallini G.** 2007. Evaluation of chemical and ecotoxicological characteristics of biodegradable organic residues for application to agricultural land. *Environ Int*, 33:505-513.
- Alvarenga P, Gonçalves A, Fernandes RM, De Varennes A, Vallini G, Duarte E, Cunha-Queda A.** 2007. Evaluation of composts and liming materials in the phytostabilization of a mine soil using perennial ryegrass. *Sci Total Environ*, 406:43-56.
- Amiard JC.** 1990. Défense et illustration de l'écotoxicologie. *J Res Oceanogr*, 15:92-95.
- Amiard JC, Metayer C, Baud JP, Ribeyre F.** 1991. Influence de divers facteurs écologiques sur la bioaccumulation d'éléments métalliques (Cd, Cu, Pb, Zn) chez de jeunes palourdes (*Ruditapes philippinarum*) au cours du prégrossissement en nourricerie. *J Water Sci*, 4:441-452.
- Audoin L.** 1991. Rôle de l'azote et du phosphore dans la pollution animale. *Rev Sci Tech Off Int Epiz*, 10:629-654.
- Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse,** 2010.
- Babula P, Adam V, Opatrilova R, Zehnalek J, Havel L, Kizek R.** 2008. Uncommon heavy metals, metalloids and their plant toxicity: a review. *Environ Chem Lett*, 6:189-213.
- Baker DE, Senft JP.** 1995. Copper. *In* Heavy metals in soils. Blackie Academic and Professional, London, 224-243.
- Bartha R, Ordal EJ.** 1965. Nickel-dependent chemolithotrophic growth of two hydrogenomonas strains. *J Bacteriol*, 89:1015-1019.
- Baurand PE, de Vaufléury A, Scheifler R, Capelli N.** 2013. Coupling of random amplified polymorphic DNA profiles analyses and high resolution capillary electrophoresis system for the assessment of chemical genotoxicity. *Environ Sci Technol*, 47:9505-9513.
- Berry WL, Wallace A.** 1981. Toxicity: the concept and relationship to the dose response curve. *J Plant Nutr*, 3:13-19.
- Biesinger KE, Christensen GM.** 1972. Effects of various metals on the survival, growth, reproduction, and metabolism of *Daphnia magna*. *J Fish Res Bd Canada*, 29:1691-1700.
- Billard R.** 1989. Taxonomic change in rainbow trout scientific name: *Salmo gairdneri* becomes *Oncorhynchus mykiss*. *Aquat Living Res*, 2: 4.
- Bohorquez-Echeverry P, Campos-Pinilla C.** 2007. Assessment of *Lactuca sativa* and *Selenastrum capricornotum* like indicators of water toxicity. *Universitas Scientiarum*, 12:83-98.
- Boillot C.** 2008. Evaluation des risques écotoxicologiques liés aux rejets d'effluents hospitaliers dans les milieux aquatiques. Contribution à l'amélioration de la phase « caractérisation des effets ». Thèse de Doctorat ès Sciences de l'Environnement Industriel et Urbain, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.

- Boyer C.** 2009. Etude des transferts du tritium atmosphérique chez la laitue : étude cinétique, état d'équilibre et intégration du tritium sous forme organique lors d'une exposition atmosphérique continue. Thèse de Doctorat *ès Sciences de la Vie et de l'Environnement*, Université de Besançon.
- BREF.** 2006. Reference document on Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics, EIPPCB Integrated Pollution Prevention and Control, European Commission, 544p.
- Brosse S, Grenouillet G, Gevrey M, Khazraie K, Tudesque L.** 2011. Small scale gold mining erodes fish assemblage structure in small Neotropical streams. *Biodivers Conserv*, 20:1013-1026.
- Brungs WA.** 1973. Effects of residual chlorine on aquatic life. *J Water Pollut Con F*, 45:2180-2193.
- Bryan GW.** 1984. Pollution due to heavy metals and their compounds. In *Marine Ecology: a comprehensive, integrated treatise on life in oceans and coastal waters*. Kinne O (Ed.), John Wiley and Sons, New York, 1289-1431.
- Butler GC.** 1978. Principles of ecotoxicology. John Wiley and Sons, Toronto, 350p.
- Butler GC.** 1984. Developments in ecotoxicology. *Ecol Bull* 36:9-12.
- Cairns JJ, Pratt JR.** 1989. The scientific basis of bioassays. *Hydrobiologia*, 188/189:5-20.
- Cannon HL, Connally GG, Epstein JB, Parker JG, Thornton I, Wixson G.** 1978. Rocks: geological sources of most trace elements. *In* Report to the workshop at south seas plantation, Captiva Island, *Geochem Environ*, 3:17-31.
- Carson R.** 1962. Silent Spring. Houghton-Mifflin, Boston, 15p.
- Caurant F, Bustamante P, Bordes M, Miramand P.** 1999. Bioaccumulation of cadmium, copper and zinc in some tissues of three species of marine turtles stranded along the 73irsut Atlantic coasts. *Mar Pollut Bull*, 38:1085-1091.
- Chapman PF, Crane M, Wiles J, Noppert F, McIndoe E.** 1996. Improving the quality of statistics in regulatory ecotoxicity tests. *Ecotoxicology*, 5:169-186.
- Charles J.** 2012. Procédés physico-chimiques de décontamination et impact des rejets aqueux de la filière traitement de surfaces : Approches chimique et écotoxicologique. Thèse de Doctorat *ès Sciences de la Vie et de l'Environnement*, Université de Besançon.
- Chauvet M.** 1985. Les noms des Crucifères alimentaires à travers les langues européennes. Thèse de Doctorat *ès Linguistiques*, Université de Paris IV.
- Chauvet M.** 1986. L'histoire des légumes. *In* La diversité des plantes légumières : Hier, aujourd'hui et demain. Lavoisier, Paris, 9-21.
- Circulaire.** 2002. Circulaire du 4 février 2002 relative à l'action nationale de Recherche et réduction des rejets de Substances Dangereuses dans l'Eau par les installations classées. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la prévention des pollutions et des risques & Direction de l'Eau, Paris.
- Circulaire.** 2009. Circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase d'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation. Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, Direction générale de la prévention des pollutions et des risques, Paris.

- Colaço A, Bustamante P, Fouquet Y, Sarradin PM, Serrão-Santos R.** 2006. Bioaccumulation of Hg, Cu and Zn in the Azores triple junction hydrothermal vent fields food web. *Chemosphere*, 65:2260-2267.
- CRAMIF.** 2010. Guide : Traitement de Surface – Substituer ou à défaut réduire et maîtriser l'exposition au chrome hexavalent. Caisse Régionale d'Assurance Maladie d'Ile de France, Paris, 48p.
- Crump KS.** 1984. A new method for determining allowable daily intakes. *Fundam Appl Toxicol*, 4:854-871.
- Currie LA.** 1999. Detection and quantification limits : origins and historical overview. *Anal Chim Acta*, 391:127-134.
- Denkhaus E, Salnikow K.** 2002. Nickel essentiality, toxicity, and carcinogenicity. *Crit Rev Onco Hemat*, 42 :35-56.
- Diderot D, le Rond D'Alembert J.** 1779. *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers par une société de gens de lettres*. 3^{ème} Edition, Tome 19. Société Typographique, Neuchâtel. 1078p.
- Directive EC.** 1967. Directive 67/548/EEC of the European Parliament and of the Council of the 27 June 1967 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances, Official Journal of the European Communities, L 196/1, 16.08.1967, Brussels.
- Directive EC.** 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of the 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy, Official Journal of the European Communities, L 327/2, 22.12.2000, Brussels.
- Directive EC.** 2006. Directive 2006/11/EC of the European Parliament and of the Council of the 15 February 2006 on pollution caused by certain dangerous substances discharged into the aquatic environment of the Community, Official Journal of the European Communities, L 64/52, 04.03.2006, Brussels.
- Duncan A.** 1821. XIII Additional observations on the use of lactucarium, or lettuce opium; particularly in a case of Cynanche Laryngea, or croup. *Philos Mag J*¹, 57:84-87.
- Edziri HL, Smach MA, Ammar S, Mahjoub MA, Mighri Z, Aouni M, Mastouri M.** 2011. Antioxidant, antibacterial, and antiviral effects of *Lactuca sativa* extracts. *Ind Crop Prod*, 34:1182-1185.
- EPA.** 1996. Ecological effects test guidelines (OPPTS 850.4200): Seed germination, root elongation toxicity test, US Environmental Protection Agency; Office of Toxic Substances: Washington, D.C.
- Eshghi Malayeri B.** 1995. Décontamination des sols contenant des métaux lourds à l'aide de plante et de microorganismes. Thèse de Doctorat ès Biologie des Organismes, Université de Nancy.
- Eskew DL, Welch RM, Cary EE.** 1983. Nickel: an essential micronutrient for legumes and possibly all higher plants. *Science*, 222:621-623.
- Eskew DL, Welch RM, Norvell WA.** 1984. Nickel in higher plants further evidence for an essential role. *Plant Physiol*, 76:691-693.

¹ The Philosophical Magazine and Journal: Comprehending the Various Branches of Science, The Liberal and Fine Arts, Geology, Agriculture, Manufactures, and Commerce.

- FDA.** 1987. Seed germination and root elongation. Environmental Assessment Technical Assistance. US Food and Drug Administration Department; of Health and Human Services: Washington, D.C.
- Fent K.** 2004. Ecotoxicological effects at contaminated sites. *Toxicology*, 205 :223-240.
- Forbes VE, Forbes TL.** 1997. Ecotoxicologie : théorie et applications. Editions Quae, Paris, 256p.
- Fox DR, Billoir E, Charles S, Delignette-Muller ML, Lopes C.** 2012. What to do with NOECs/NOELS? Prohibition or innovation? *Integr Environ Assess Manag*, 8:764–6.
- Friberg L, Piscator M, Nordberg G, Kjellström T.** 1974. Cadmium in the environment. CRC Press, Cleveland, 248p.
- Gallo MA, Doull J.** 1991. History and scope of toxicology. *In* Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons. Klaassen CD, Amdur MO, Doull J (Eds.), Pergamon Press, New York City, 3-11.
- Gerendás J, Polacco JC, Freyermuth SK, Sattelmacher B.** 1999. Significance of nickel for plant growth and metabolism. *J Plant Nutr Soil Sci*, 162:241-256.
- Glémarec M.** 1986. Ecological impact of an oil spill: utilization of biological indicators. *Water Sci Technol*, 18 :203-211.
- Goussen B.** 2013. Analyse par modélisation mécanistique des réponses microévolutive d'une population de *Caenorhabditis elegans* exposée à un stress métallique radioactive. Thèse de doctorat ès Sciences de l'Environnement, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech).
- Gowland W.** 1899. XVI. The Early Metallurgy of Copper, Tin, and Iron in Europe, as illustrated by Ancient Remains, and the Primitive Processes surviving in Japan. *Archaeologia (Second Series)*, 56:267-322.
- Hänsch R, Mendel RR.** 2009. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Curr Opin Plant Biol*, 12:259-266.
- Harlan JR.** 1975. Crops and man. *Amer Soc Agron*, 295p.
- Haudricourt, Hédin L.** 1943. L'homme et les plantes cultivées. Gallimard, Paris, 235 p.
- Hayes WJ.** 1991. Dosage and other factors influencing toxicity. *In* Handbook of pesticide toxicology, General principles, vol. 1. WJ Hayes, ER Laws (Eds.), Academic Press, San Diego, 39-105.
- Hebert PDN & Ward RD.** 1972. Inheritance during parthenogenesis in *Daphnia magna*. *Genetics*, 71: 639-642.
- Herbert IN, Svendsen C, Hankard PK, Spurgeon DJ.** 2004. Comparison of instantaneous rate of population increase and critical-effect estimates in *Folsomia candida* exposed to four toxicants. *Ecotoxicol Environ Saf*, 57:175-183.
- Hernando MD, Fernandez-Alba AR, Tauler R, Barcelo D.** 2005. Toxicity assays applied to wastewater treatment. *Talanta*, 65:358-366.
- Hickey JJ, Anderson DW.** 1968. Chlorinated hydrocarbons and eggshell changes in raptorial and fish-eating birds. *Science*, 162:271-3.
- Hoekstra JA, van Ewijk RH.** 1993. Alternatives for the no-observed effect level. *Environ Toxicol Chem*, 12:187-94.

- Holleman AF, Wiberg E.** 1985. Lehrbuch der Anorganischen Chemie. Walter de Gruyter, Berlin, 868p.
- Huang Z, Zhang X, Zheng G, Gutterman Y.** 2003. Influence of light, temperature, salinity and storage on seed germination of *Haloxylon ammodendron*. J Arid Environ, 55:453-464.
- ISO 6341.** 1989. Qualité de l'eau – Détermination de l'inhibition de la mobilité de *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea). Test de toxicité aigue.
- ISO 17126.** 2005. Qualité des sols – Détermination des effets des polluants sur la flore du sol – Essai de détection de l'émergence des plantules de laitue (*Lactuca sativa* L.), AFNOR ISO 17126 (in French).
- Jager T, Heugens EHW, Kooijman SALM.** 2006. Making sense of ecotoxicological test results : towards application of process-based models. Ecotoxicology, 15:305-314.
- Juste C, Chassin P, Gomez A, Linères M, Mocquot B, Feix I, Wiart J.** 1995. Les micropolluants métalliques dans les boues résiduelles des stations d'épuration urbaines. Collection Valorisation agricole des boues d'épuration, Connaître pour agir, Guides et Cahiers Techniques, ADEME, Angers, 209p.
- Kasuya M.** 2000. Recent epidemiological studies on itai-itai disease as a chronic cadmium poisoning in Japan. Water Sci Tech, 42:147-155.
- Klaassen CD, Eaton DL.** 1991. Principles of toxicology. In Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons. Klaassen CD, Amdur MO, Doull J (Eds.), Pergamon Press, New York City, 11-32.
- Klucas RV, Hanus FJ, Russell SA, Evans HJ.** 1983. Nickel: A micronutrient element for hydrogen-dependent growth of *Rhizobium japonicum* and for expression of urease activity in soybean leaves. Proc Natl Acad Sci, 80:2253-2257.
- Kochian LV.** 1995. Cellular mechanisms of aluminium toxicity and resistance in plants. Annu Rev Plant Physiol Plan Mol Biol, 46:237-260.
- Kurland T, Faro SN, Siedler H.** 1960. Minamata disease. The outbreak of a neurologic disorder in Minamata, Japan, and its relationship to the ingestion of seafood contaminated by mercuric compounds. World Neurology, 1:370-395.
- Lagadic L, Caquet T, Amiard JC, Ramade F.** 1997. Biomarqueurs en écotoxicologie : Aspects fondamentaux. Dunod, Paris, 419p.
- Laufer B.** 1919. Sino-Iranica. Chinese contributions to the history of civilization in Ancient Iran, with special reference to the history of cultivated plants and products. Field Mus Nat Hist, 15, Chicago.
- Lévêque R.** 2007. Traitement et revêtements de surface des métaux. Dunod Ed., Techniques et Ingénierie, 460p.
- Lipman CB, McKinney G.** 1931. Proof of the essential nature of copper for higher green plants. Plant Physiol, 6:539-599.
- Loureiro S, Soares AM, Nogueira AJ.** 2005. Terrestrial avoidance behaviour tests as screening tool to assess soil contamination. Environ Pollut, 138:121-131.
- Mahmood T, Islam KR.** 2006. Response of rice seedlings to copper toxicity and acidity. J Plant Nutr, 29:943-957.

- Manzano R, Esteban E, Peñalosa, Alvarenga P.** 2014. Amendment application in a multi-contaminated mine soil : effects on soil enzymatic activities and ecotoxicological characteristics. *Environ Sci Pollut Res*, 21:4539-4550.
- Mazliak P.** 1974. *Physiologie végétale. Tome I : Nutrition et métabolisme.* Hermann, Paris, 578p.
- Mengel K, Kirkby EA.** 1987. Further elements of importance. *In* *Principles of Plant Nutrition*, fourth edition, International Potash Institute, Berne, 573-588.
- Mérat FV, de Lens AJ.** 1837. *Dictionnaire universel de matière médicale et de thérapeutique générale. Volume 4 (Vol. 4).* Société belge de librairie, Bruxelles. 522p.
- Merkens JC.** 1958. Studies on the toxicity of chlorine and chloramines to the rainbow trout. *Water Waste Treat J*, 7:150-151.
- Markert B.** 1993. *Plants as Biomonitor-Indicators of Heavy Metals in the Terrestrial Environment.* VCH Publishers, Germany. 644p.
- Moriarty F.** 1983. *Ecotoxicology: The Study of Pollutants in Ecosystems.* Academic Press, London, 228p.
- Moriarty F.** 1983. *Ecotoxicology: The Study of Pollutants in Ecosystems (Second edition).* Academic Press, London, 289p.
- Mortimer M, Kasemets K, Heinlaan M, Kurvet I, Kahru A.** 2008. High throughput kinetic *Vibrio fischeri* bioluminescence inhibition assay for study of toxic effects of nanoparticles. *Toxicol in Vitro*, 22:1412-1417.
- Munch JC, Pratt HJ, Byers GE.** 1933. Lactucaria. I. The mydriatic activity of lactucaria by the Munch Methods. *J Am Pharm Assoc*, 22:943-946.
- Murkowki A, Skórska E.** 2008. Comparison of phytotoxicity of lead and tin organic compounds by means of luminescence methods. *Acta Agrophysica*, 11:131-140.
- Nielsen FH, Ollerich DA.** 1974. Nickel: a new essential element. *Fed Proc* 33:1767-1771.
- OECD.** 2003. *Terrestrial plant test ; Seedling emergence and growth test.* Organization for Economic Cooperation and Development, Guideline 208, Paris.
- Patra M, Bhowmik N, Bandopadhyay B, Sharma A.** 2004. Comparison of mercury, lead and arsenic with respect to genotoxic effects on plant systems and the development of genetic tolerance. *Environ Exp Bot*, 52:199-223.
- Peakall DB.** 1970. DDT: Effect on calcium metabolism and concentration of estradiol in the blood. *Science*, 168:592-594.
- Plages JN.** 1986. Evolution et situation variétale actuelle chez la laitue. *In* *La diversité des plantes légumières : Hier, aujourd'hui et demain.* Lavoisier, Paris, 29-32.
- Ramade F.** 1977. *Ecotoxicologie.* Dunod, Paris, 205p.
- Ramade F.** 1989. *Les catastrophes écologiques.* Mc Graw Hill, New York City, 403p.
- Ramade F.** 1998. *Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau : biogéochimie et écologie des eaux continentales et littorales.* Dunod, Paris, 786p.
- Ramade F.** 2007. *Introduction à l'écotoxicologie : Fondements et applications.* Editions Lavoisier, Paris, 518p.
- Rand GM, Petrocelli SR.** 1985. *Fundamentals of aquatic toxicology.* Hemisphere Publishing Corporation, Washington, 666p.

- Ratcliffe DA.** 1970. Changes attributable to pesticides in egg breakage frequency and eggshell thickness in some british birds. *J Appl Ecol*, 7:67-115.
- Regulation EC.** 2006. Regulation 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of the 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) n° 793/93 and Comission Regulation (EC) n° 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Comission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EEC and 2000/21/EC, Official Journal of the European Communities, L 304, 22.11.2007, Brussels.
- Reichman SM.** 2002. The responses of plants to metal toxicity: a review focusing on Copper, Manganese and Zinc. Australian Minerals & Energy Environment Foundation, Sydney, 55p.
- Renard HA.** 1986. La conservation des semences potagères. *In* La diversité des plantes légumières : Hier, aujourd'hui et demain. Lavoisier, Paris, 99-110.
- Renfrew C.** 1986. Varna and the emergence of wealth in prehistoric Europe. *In* The social life of things: commodities in cultural perspectives. Appadurai A. (Ed), Cambridge University Press, 141-168.
- Rochette R.** 1851. Mémoires sur les Jardins d'Adonis. *Rev Arch*, 1:97-123.
- Sancey B.** 2011. Développement de la bio-adsorption pour décontaminer des effluents de rejets industriels : Abattement chimique et gain environnemental. Thèse de Doctorat ès Sciences de la Vie et de l'Environnement, Université de Besançon.
- Seregin IV, Kozhevnikova AD.** 2005. Physiological role of nickel and its effects on higher plants. *Russ J Plant Physiol*, 53:257-277.
- Sherry JP, Scott BF, Nagy E, Dutka BJ.** 1994. Investingation of the sublethal effects of some petroleum refinery effluents. *J Aquat Ecosyst Health*, 3:129-137.
- Siedlecka A.** 1995. Some aspects of interactions between heavy metals and plant mineral nutrients. *Acta Soc Botanicorum Poloniae*, 64:265-272.
- Sigg L, Behra W, Stumm W.** 2014. Chimie des milieu aquatiques : Chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement. Dunod, Paris, 576p.
- Sipes IG, Gandolfi AJ.** 1986. Biotransformation of toxicants. *In* Toxicology: the basic science of poisons. Klaassen CD, Amdur MO, Doull J (Eds.), Pergamon Press, New York City, 88-126.
- Spurgeon DJ, Hopkins SP, Jones DT.** 1994. Effects of cadmium, copper, lead and zinc on growth, reproduction and survival of the earthworm *Eisenia foetida* (Savigny): assessing the environmental impact of point-source metal contamination in terrestrial ecosystems. *Environ Pollut*, 84:123-130.
- Sommer AL, Sorokin H.** 1928. Effects of absence of boron and of some other essential elements on the cell and tissue structure of the root tips of *Pisum sativum*. *Plant Physiol*, 3:237-260.
- Stalter D, Magdeburg A, Weil M, Knacker T, Oehlmann J.** 2010. Toxication or detoxication? In vitro toxicity assessment of ozonation as advanced wastewater treatment with the rainbow trout. *Water Res*, 44:439-448.
- Tang T, Miller DM.** 1991. Growth and tissue composition of rice grown in soil treated with inorganic copper, nickel and arsenic. *Commun Soil Sci Plant Anal*, 22:19-20.
- Thicoïpé JP.** 1997. Laitues. Editions CTIFL, Paris, 281p.
- Tremillon B.** 1993. Electrochimie analytique et reactions en solutions. Dunod, Paris, 518p.

- Truhaut R.** 1977. Ecotoxicology : objectives, principles and perspectives. *Ecotoxicol Environ Saf*, 1 :151-173.
- Vallee BL.** 1976. Zinc biochemistry : a perspective. *Trend Biochem Sci*, 1:88-91.
- Van Coillie R, Parent L.** 2011. Ecotoxicologie générale et appliquée. TELUQ, Québec, 521p.
- Varnero MT, Rojas C, Orellana R.** 2007. Phytotoxicity indices of organic residues during composting. *Soil Sci Plant Nut*, 7:28-37.
- Walker CH, Hopkin SP, Sibly RM, Peakall DB.** 2006. Principles of Ecotoxicology (Third Edition). CRC Press, Boca Raton, 315p.
- Welch RM.** 1981. The biological significance of nickel. *J Plant Nutr*, 3:345-356.
- Westerfield M.** 2000. The zebrafish book: a guide for the laboratory use of zebrafish (*Danio rerio*). University of Oregon Press, Eugene, 200p.
- Woodwell GM.** 1974. The threshold problem in ecosystems. *In Ecosystem Analysis and Prediction*. Levin SA (Ed.), Society for Industrial and Applied Mathematics SIAM Conference, Alta, 9-21.
- Zeman F.** 2008. Toxicité d'un mélange binaire sur la daphnie *Daphnia magna*. Etude des effets biologiques de l'uranium et du sélénium seuls et en mélange. Thèse de Doctorat ès Evolution, Ecologie, Ressources génétiques, Paléontologie, Université Montpellier II.
- Zohary D, Hopf M, Weiss E.** 2012. Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin, 4th Edition. Oxford University Press, Oxford, 264p.
- Zuconi F, Pera A, Forte M, de Bertoldi M.** 1981. Evaluating toxicity of immature compost. *Biocycle*, 22:54-57.
- Zuconi F, Monaco A, Forte M, de Bertoldi M.** 1985. Phytotoxins during the stabilization of organic matter. *In Composting of agricultural and other wastes*. Gasser JKR (Ed.), Elsevier, London, 73-85.

WEBOGRAPHIE

- Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques ONEMA.** www.eaufrance.fr
- Environnement Canada.** www.ec.gc.ca/mercure-mercure
- FAOStat.** 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Utilisé le 21-07-14. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>.
- International Center for Environmental Technology Transfer.** www.icett.or.jp/english/.
- Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse – Rapport METALDEX.**
http://www.eaurmc.fr/fileadmin/grands-dossiers/documents/Grands-dossiers-SubstancesDangereuses/METALDEX_Version_courte_septembre2012.pdf
- SESSI.** 2007. Service des Etudes et des Statistiques Industrielles de l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques INSEE. Utilisé le 21-07-2014.
<http://www.insee.fr/sessi/enquetes/eae/eae/285a.htm>.
- Stanford University.**
http://web.stanford.edu/group/stanfordbirds/text/essays/DDT_and_Birds.html
- Ecole Normale Supérieure de Lyon.** www.ens-lyon.fr

