

# Chapitre 5

## Exemple d'évaluation d'un risque chimique (contamination par le cadmium)

*DES DAOA - DES - DEA*

Claude SAEGERMAN \*, Georges DAUBE #,  
Guy MAGHUIN-ROGISTER #

Département des maladies infectieuses et parasitaires,  
Epidémiologie et analyse de risque appliquées aux sciences vétérinaires  
# Département des denrées alimentaires

[Claude.Saegerman@ulg.ac.be](mailto:Claude.Saegerman@ulg.ac.be)

[G.Maghuin@ulg.ac.be](mailto:G.Maghuin@ulg.ac.be)

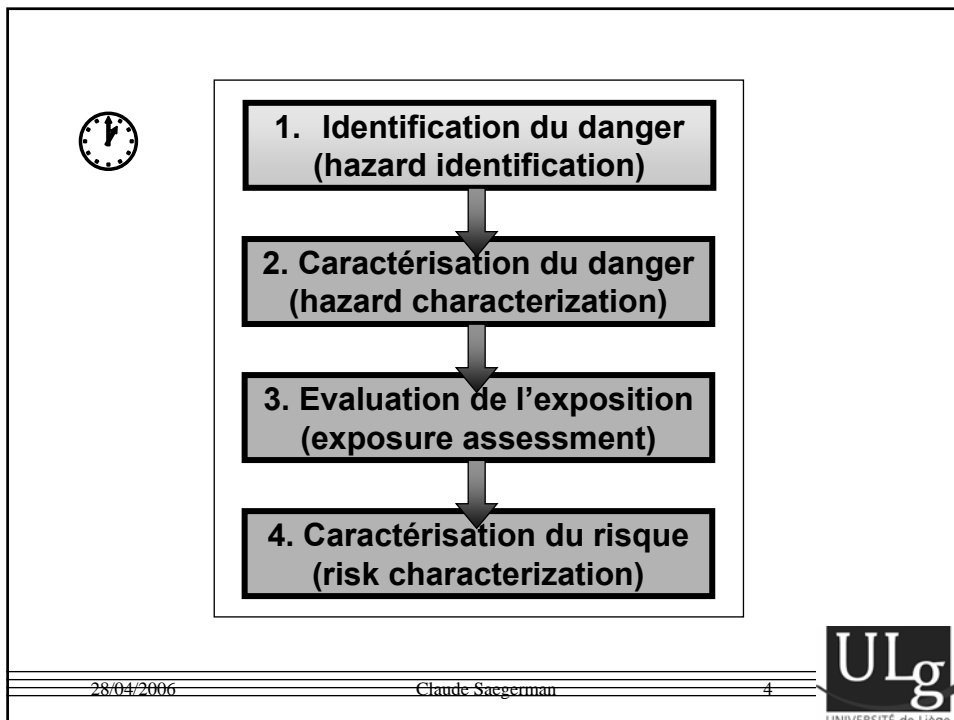
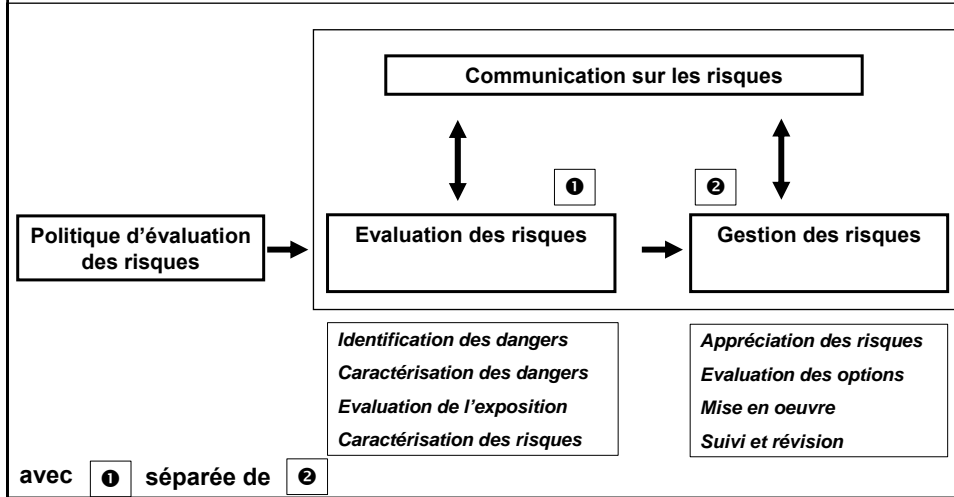
[Georges.Daube@ulg.ac.be](mailto:Georges.Daube@ulg.ac.be)



## Objectifs

- Pouvoir lire et comprendre une évaluation quantitative d'un risque chimique
- Pouvoir participer à la réalisation d'une évaluation quantitative d'un risque chimique
- Garder un esprit critique

## Analyse des risques chimiques selon le Codex alimentarius





## Identification du danger

- Identification des effets nocifs pour la santé
- Études épidémiologiques chez l'homme (suite à des expositions accidentelles)
- Etudes de toxicité chez l'animal
- Etudes de toxicité *in vitro*
- Considérations sur la relation structure/fonction

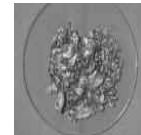
28/04/2006

Claude Saegerman

5



## Historique (1)



- Le cadmium se rencontre naturellement dans la croûte terrestre
- De nombreuses usines de production et de traitement de métaux non ferreux (Cu, Zn, Pb, Ni, Co,...) se sont installées dans les pays industrialisés et ont contribué à l'essor industriel de ces pays (métallurgie, production d'alliages, chimie fine, ...).
- En Belgique, beaucoup d'industries pour la production et le traitement des métaux non ferreux ont été créées et, parmi elles, plusieurs fonderies de Zn et Cu dans le nord du pays (Campine).
- Une des conséquences les plus défavorables de ces activités est l'émission dans l'environnement local (air, eau et sol) de grandes quantités de polluants, comme le cadmium (Cd).

28/04/2006

Claude Saegerman

6





## Historique (2)

- Le rapport émissions anthropogéniques / émissions naturelles  $\cong 10$
- A côté de ces sources industrielles liées à la présence des usines de production de métaux non ferreux, il faut mentionner d'autres activités industrielles telles que le recouvrement dans la métallurgie et la production de pigments pour plastiques. Des quantités significatives de cadmium sont également émises lors de combustion de déchets ménagers, par les engrais agricoles (soit minéral, comme les phosphates, soit organique, comme les déchets municipaux).
- Une meilleure attention est portée à la contamination de l'environnement local par les métaux lourds
- Des actions de remédiation sont mises en oeuvre (zones industrielles et jardins à proximité)

28/04/2006

Claude Saegerman

7



## Effets sur la santé

<http://www.lenntech.com/fran%E7ais/data-perio/Cd.htm>

- Mécanisme : Cd + protéines -> foie-> liaison-> vers le rein-> accumulation dans le rein
- Effets principaux :
  - Perturbe les mécanismes de filtration du rein
  - Elimination des protéines essentielles et des sucres
- Autres effets :
  - Diarrhée, douleurs d'estomac et vomissements importants
  - Fracture des os
  - Echec de reproduction et même, probablement, infertilité
  - Problèmes au niveau du système nerveux central
  - Désordre psychologique
  - Problèmes au niveau du système immunitaire
  - Probablement altération de l'ADN ou développement de cancer

28/04/2006

Claude Saegerman

8





## Effets sur la santé

### points à retenir

- Les intoxications aiguës au cadmium sont rares
- Les intoxications chroniques sont souvent liées à une exposition à long terme.
- Les intoxications au cadmium sont particulièrement dangereuses parce que l'excrétion urinaire du cadmium assimilé est très limitée.
- Les manifestations systématiques de la toxicité (os et reins) sont liées à l'accumulation durant plusieurs années d'expositions qui se reflètent par des concentrations en Cd dans l'urine (Cd-U).
- Le cadmium étant un composé toxique cumulatif, chaque source additionnelle d'exposition significative devrait être évitée ou réduite autant que possible.
- On a estimé que 10% de la population générale en Belgique a une excrétion de cadmium plus haute que la normale.

28/04/2006

Claude Saegerman

9



## Effets sur l'environnement

<http://www.lenntech.com/fran%E7ais/data-perio/Cd.htm>

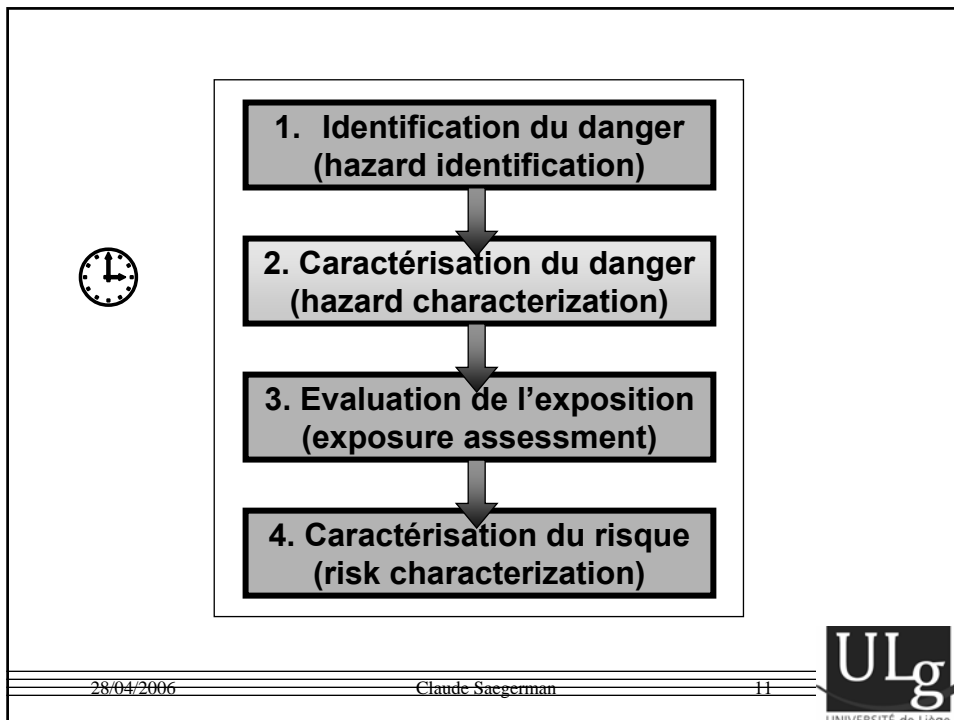
- Phénomène de bioaccumulation : accumulation dans les plantes et dans les organismes vivants
- Toxicité aiguë en fonction des espèces:
  - Très toxique chez le vers de terre => perturbation de la structure des sols
  - Plus toxiques chez les organismes d'eau douce que chez ceux d'eau salée

28/04/2006

Claude Saegerman

10





### Caractérisation du danger (1)

<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v024je09.htm>

- Sélection de jeux de données critiques
- Mode et mécanisme d'action
- Propriétés pharmacocinétiques
- Propriétés pharmacodynamiques
- Relation dose/réponse pour obtenir des effets critiques
- Identification du point de référence = DHTP

28/04/2006 Claude Saegerman 12

ULg  
UNIVERSITÉ de Liège



## Caractérisation du danger (2)

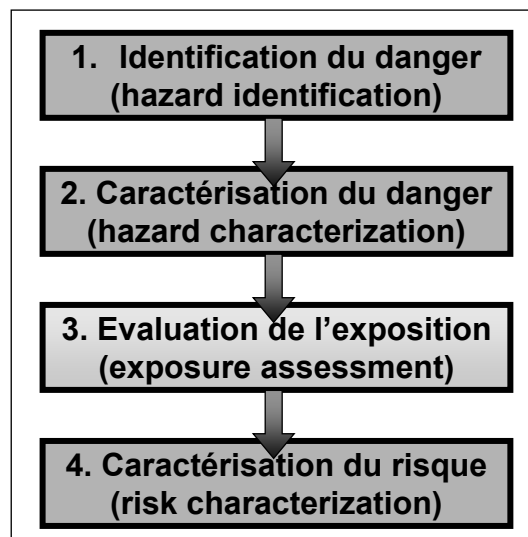
- DHTP = dose hebdomadaire tolérable provisoire
- = PTWI = provisional tolerable weekly intake

Paramètre	Cadmium	Unité
Poids corporel	60	kg
PTWI	7	µg/kg pc
PTWI	420	µg/personne

28/04/2006

Claude Saegerman

13



28/04/2006

Claude Saegerman

14





## Evaluation de l'exposition

- Concentration de la substance dans l'aliment et la nourriture
- Quantités d'aliments consommés
- Consommations individuelles (max/min, régulièrement/occasionnellement)
- Consommation dans les groupes à risque

28/04/2006

Claude Saegerman

15



## Exercice n° 1

### **Estimation du niveau d'exposition au cadmium des consommateurs de denrées alimentaires produites à proximité des sites d'implantation d'usines de métaux non ferreux**

Sur base de l'annexe 1 de l'avis 01-2005 du Comité scientifique de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire  
<http://www.favv-afsc.fgov.be/>





## Plan de travail

- Objectifs
- Données utilisées
  - Localisations géographiques
  - Sources de données pour les teneurs en cadmium dans les denrées alimentaires
  - Données de consommation
  - Normes belges en vigueur
  - Nombre d'échantillons non conformes et concentration en cadmium
    - » Denrées d'origine végétale
    - » Denrées d'origine animale
- Estimation de la quantité ingérée et comparaison de celle-ci à la DHTP (PTWI)
  - DHTP
  - Estimation de la quantité de cadmium ingérée en utilisant les données de consommation du GEMS/FOOD regional diets-Europe
  - Estimation de la quantité de cadmium ingérée en utilisant les données moyennes de consommation
  - Estimation de la quantité de cadmium ingérée en utilisant les données extrêmes de consommation
- Comparaison du pourcentage de la DHTP en fonction de la zone
  - pour des données moyennes de consommation
  - pour des données extrêmes de consommation

28/04/2006

Claude Saegerman

17



## Objectifs

- Estimer le niveau d'exposition des consommateurs de denrées alimentaires produites autour des sites industriels considérés
  - Produits animaux
  - Produits végétaux (fruits, légumes)
- Comparer les apports estimés à la DHTP
- Différents scénarii :
  - Données moyennes et extrêmes de contamination
  - Données moyennes et extrêmes de consommation

28/04/2006

Claude Saegerman

18



## Localisations géographiques

- Zone 1
  - Zone 2
  - Zone 3
  - Zone 4
  - Zone 5 (reste de la Belgique)
- } Zones (péri-)industrielles

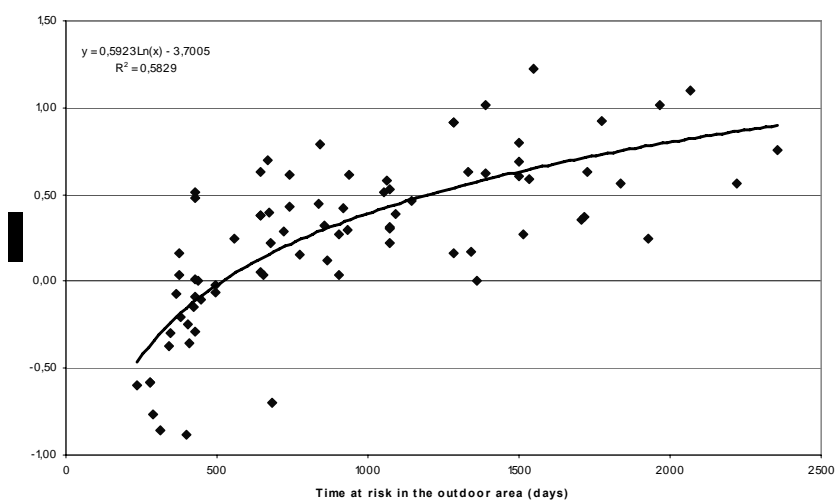
28/04/2006

Claude Saegerman

19



## Concentration en cadmium dans les reins de bovins en fonction du temps passé en prairie dans la zone contaminée (n = 79)



## Données de contamination (sources)

Denrée	Source pour les zones « Umicore »	Source pour le reste de la Belgique
Pommes et poires (norme 50*)	AFSCA – Monitoring (2003)	AFSCA – Monitoring (2003)
Fraises (norme 50)	AFSCA (zones « Umicore »)	AFSCA – Monitoring (2002)
Légumes (norme 50)	AFSCA (zones « Umicore »)	AFSCA – Monitoring (moyenne 2002-2003)
Légumes (norme 100)	AFSCA (zones « Umicore »)	SCOOP tableau 3.36
Légumes (norme 200)	Etude Haskoning (p. 3)	SCOOP tableau 3.36
Pommes de terre	AFSCA (zone 1 à 5 – « Umicore »)	AFSCA –Monitoring (moyenne 2002-2003)
Farine de céréales	SCOOP tableau 3.3 & 3.1	SCOOP tableau 3.3 & 3.1
Bovin, viande	AFSCA (zone 1 à 5 – « Umicore »)	AFSCA (zone 5)
Bovin, reins	AFSCA (zone 1 à 5 – « Umicore »)	AFSCA (zone 5)
Bovin, foie	AFSCA (zone 1 à 5 – « Umicore »)	AFSCA (zone 5)
Poisson de mer	Pas de données	Pas de données
Poisson d'eau douce	AFSCA - Monitoring (2003)	AFSCA - Monitoring (2003)
Crustacés, bivalves, céphalopodes	SCOOP tableau 3.3 & 3.1	SCOOP tableau 3.3 & 3.1
Lait	SCOOP tableau 3.36	SCOOP tableau 3.36

\*norme 50 veut dire que la norme pour les pommes et poires est de 50µg/kg de poids à l'état frais.

28/04/2006

Claude Saegerman

21



## Données de contamination (fruits et légumes)

Type de végétale	Concentration moyenne en Cd pour la zone contaminée (mg/kg)	Min-Max (mg/kg)	Concentration moyenne en Cd pour le reste de la Belgique (mg/kg)	Min-Max (mg/kg)
Fraises	0,016 <sup>a</sup> (n=2)	0,015-0,017	0,001 <sup>b</sup> (n=7)	<0,001-0,006
Pommes et poires	/		0,005 <sup>b</sup> (n=16)	<0,005-0,021
Légumes Norme 50 µg/kg à l'état frais <sup>1,2</sup>	0,0103 <sup>a</sup> (n=10)	0,01-0,013	0,0105 <sup>b</sup> (n=15)	<0,005-0,016
Légumes Norme 100 µg/kg à l'état frais <sup>1,2</sup>	0,13 <sup>a</sup> (n=8)	0,043-0,13	0,044 <sup>c</sup>	0,005-0,245
Légumes Norme 200 µg/kg à l'état frais <sup>1,2</sup>	0,277 <sup>d</sup>	/	0,045 <sup>c</sup>	<0,005-0,18
Pommes de terre	0,046 <sup>a</sup> (n=64)	0,011-0,14	0,0385 <sup>b</sup> (n=15)	0,006-0,136

Source : AFSCA, 2005

<sup>1</sup> CE 2001 ; <sup>2</sup> Total représente la valeur moyenne de l'ensemble des résultats se rapportant à la même norme ; <sup>a</sup> Campagne d'échantillonnage de l'AFSCA (2004) ; <sup>b</sup> Monitoring AFSCA (2002-2003) ;

<sup>c</sup> EC 2004 ; <sup>d</sup> Haskoning, 2004

## Données de contamination (fourrages)

	Nombre	Moyenne (mg/kg MS)	Ecart-type	Médiane (mg/kg MS)	Minimum (mg/kg MS)	Maximum (mg/kg MS)
Herbe de prairie	22	0,33*	0,211	0,26	0,16	1,1
Ensilage de maïs	20	0,31*	0,153	0,285	0,097	0,69
Foin	2	0,31			0,3	0,31
Ensilage d'herbe	21	0,32*	0,163	0,31	0,065	0,71

Source : programmation AFSCA 2003

\* les moyennes ne sont pas significativement différentes (test de Welch ;  $P > 0,05$ )

28/04/2006

Claude Saegerman

23



## Données de contamination (produits animaux)

Localisation	Tissu	Nombre d'échantillons supérieurs à la norme	Moyenne (mg/kg)	Ecart- type	Médiane (mg/kg)	Minimum (mg/kg)	Maximum (mg/kg)
Zone contaminée	reins	145	3,05	3,00	2,10	0,13	16,8
	foie	39	0,48	0,37	0,35	0,066	2,29
	viande	0	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02
Reste de la Belgique	reins	17	1,54	1,31	1,27	0,28	5,4
	foie	3	0,36	0,15	0,33	0,19	0,63
	viande	0	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01

<sup>1</sup>Limite supérieure signifie que pour les résultats d'analyse inférieurs ou égaux à la limite de quantification (LOQ), c'est la valeur de la LOQ (= 0,01 mg/kg) qui a été prise en compte.

28/04/2006

Claude Saegerman

24



## Données de consommation

- Données moyennes de consommation : GEMS/Food regional diets – Europe
- Données extrêmes de consommation : UK methods for the estimation of dietary intakes of pesticides, Pesticides Safety Directorate, août 1994
- Conséquence : seule une approche déterministe a été appliquée vu l'absence de données individuelles de consommation récentes, publiquement accessibles et représentatives de la population belge.



28/04/2006

Claude Saegerman

25



## Estimation de l'ingestion chez l'homme

- Scénario 1 : comparaison du pourcentage atteint de la DHTP pour le cadmium lorsque l'on considère la zone contaminée comparativement au reste du pays et les données moyennes de consommation (WHO, 2003)
- Scénario 2 : Comparaison du pourcentage atteint de la DHTP pour le cadmium lorsque l'on considère la zone contaminée comparativement au reste du pays et les données extrêmes de consommation (PSD, 1994)

28/04/2006

Claude Saegerman

26



**Q 1 : estimer la quantité ingérée de Cd et du % atteint de la DHTP pour la Belgique – données moyennes de consommation  
GEMS/FOOD regional diets - Europe**

Denrées	Quantité consommée (g/j)	Teneur en Cd dans la denrée (µg/g)	Dose journalière ingérée (µg)	Dose hebdomadaire ingérée (µg)	% PTWI
Pommes et poires (norme 50)	51,3	0,005	0,26	1,80	0,43
Fraises (norme 50)	5,3	0,001	0,01	0,04	0,01
Légumes (norme 50)	128,5	0,0105	1,35	9,44	2,25
Légumes (norme 100)	28	0,44	1,23	8,62	2,05
Légumes (norme 200)	28,5	0,045	1,28	8,98	2,14
Pommes de terre	240,8	0,0385	9,27	64,90	15,45
Farine de céréales	175,8	0,023	4,04	23,30	6,74
Bovin, viande	63,3	0,01	0,63	4,43	1,06
Bovin, reins	0,2	1,54	0,31	2,16	0,51
Bovin, foie	0,4	0,36	0,14	1,01	0,24
Poisson de mer	31,3	ND	ND	ND	ND
Poisson d'eau douce	2,6	0,005	0,01	0,09	0,02
Crustacés, bivalves, céphalopodes	12,6	0,136	1,65	11,52	2,74
Lait	289,3	0,0004	0,12	0,81	0,19
<b>Total</b>			<b>20,30</b>	<b>142,09</b>	<b>33,83</b>

28/04/2006

Claude Saegerman

27



**Q 2 : estimer la quantité ingérée de Cd et du % atteint de la DHTP dans la zone 1 – données moyennes de consommation  
GEMS/FOOD regional diets - Europe**

Denrées	Quantité consommée (g/j)	Teneur en Cd dans la denrée (µg/g)	Dose journalière ingérée (µg)	Dose hebdomadaire ingérée (µg)	% PTWI
Pommes et poires (norme 50)					
Fraises (norme 50)					
Légumes (norme 50)					
Légumes (norme 100)					
Légumes (norme 200)					
Pommes de terre					
Farine de céréales					
Bovin, viande					
Bovin, reins					
Bovin, foie					
Poisson de mer					
Poisson d'eau douce					
Crustacés, bivalves, céphalopodes					
Lait					
<b>Total</b>					

**A compléter par l'étudiant**

28/04/2006

Claude Saegerman

28



**Q 3 : estimer la quantité ingérée de Cd et du % atteint de la DHTP pour la Belgique – données moyennes de consommation des denrées alimentaires en Belgique (données non officielles)**

Denrées	Quantité consommée (g/j)	Teneur en Cd dans la denrée (µg/g)	Dose journalière ingérée (µg)	Dose hebdomadaire ingérée (µg)	% PTWI
Pommes et poires (norme 50)					
Fraises (norme 50)					
Légumes (norme 50)					
Légumes (norme 100)					
Légumes (norme 200)					
Pommes de terre	<b>A compléter par l'étudiant</b>				
Farine de céréales					
Bovin, viande					
Bovin, reins					
Bovin, foie					
Poisson de mer					
Poisson d'eau douce					
Crustacés, bivalves, céphalopodes					
Lait					
Total					

28/04/2006

Claude Saegerman

29



**Q 4 : estimer la quantité ingérée de Cd et du % atteint de la DHTP dans la zone 1 – données moyennes de consommation des denrées alimentaires en Belgique (données non officielles)**

Denrées	Quantité consommée (g/j)	Teneur en Cd dans la denrée (µg/g)	Dose journalière ingérée (µg)	Dose hebdomadaire ingérée (µg)	% PTWI
Pommes et poires (norme 50)					
Fraises (norme 50)					
Légumes (norme 50)					
Légumes (norme 100)					
Légumes (norme 200)					
Pommes de terre	<b>A compléter par l'étudiant</b>				
Farine de céréales					
Bovin, viande					
Bovin, reins					
Bovin, foie					
Poisson de mer					
Poisson d'eau douce					
Crustacés, bivalves, céphalopodes					
Lait					
Total					

28/04/2006

Claude Saegerman

30



**Q 5 : estimer la quantité ingérée de Cd et du % atteint de la DHTP pour la Belgique – données extrêmes de consommation des denrées alimentaires en Belgique (données non officielles)**

Denrées	Quantité consommée (g/j)	Teneur en Cd dans la denrée (µg/g)	Dose journalière ingérée (µg)	Dose hebdomadaire ingérée (µg)	% PTWI
Pommes et poires (norme 50)					
Fraises (norme 50)					
Légumes (norme 50)					
Légumes (norme 100)					
Légumes (norme 200)					
Pommes de terre	<b>A compléter par l'étudiant</b>				
Farine de céréales					
Bovín, viande					
Bovín, reins					
Bovín, foie					
Poisson de mer					
Poisson d'eau douce					
Crustacés, bivalves, céphalopodes					
Lait					
Total					

28/04/2006

Claude Saegerman

31



**Q 6 : estimer la quantité ingérée de Cd et du % atteint de la DHTP dans la zone 1 – données extrêmes de consommation des denrées alimentaires en Belgique (données non officielles)**

Denrées	Quantité consommée (g/j)	Teneur en Cd dans la denrée (µg/g)	Dose journalière ingérée (µg)	Dose hebdomadaire ingérée (µg)	% PTWI
Pommes et poires (norme 50)					
Fraises (norme 50)					
Légumes (norme 50)					
Légumes (norme 100)					
Légumes (norme 200)					
Pommes de terre	<b>A compléter par l'étudiant</b>				
Farine de céréales					
Bovín, viande					
Bovín, reins					
Bovín, foie					
Poisson de mer					
Poisson d'eau douce					
Crustacés, bivalves, céphalopodes					
Lait					
Total					

28/04/2006

Claude Saegerman

32

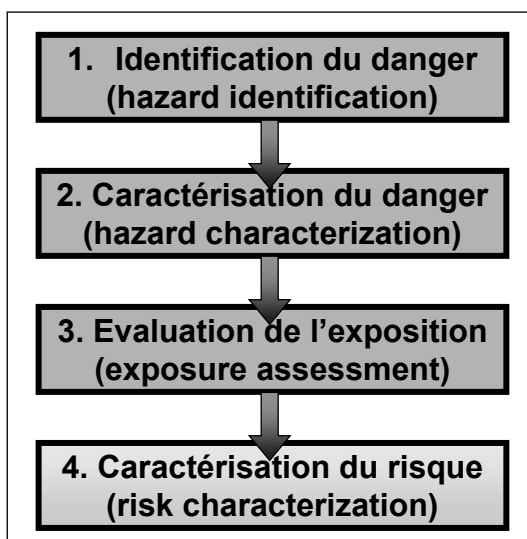




**Comparaison du pourcentage atteint de la DHTP pour le cadmium lorsque l'on considère la zone contaminée comparativement au reste du pays et les données extrêmes de consommation (PSD, 1994)**

Denrées	Quantité consommée (g/j)	% PTWI dans la zone contaminée	% PTWI dans le reste du pays	Exposition additionnelle <sup>1</sup>
Pommes et poires (norme 50)	244,3	2,04	2,04	0,00
Fraises (norme 50)	66,6	1,78	0,11	1,67
Légumes (norme 50)	318,5	5,47	5,57	-0,11
Légumes (norme 100)	146,5	31,74	10,74	21,00
Légumes (norme 200)	128,4	59,28	9,63	49,65
Pommes de terre	315,6	24,20	20,25	3,95
Farine de céréales	250	9,58	9,58	0,00
Bovin, viande	205	3,42	3,42	0,00
Bovin, reins	22,5	114,38	57,75	56,63
Bovin, foie	37	29,60	22,20	7,40
Poisson de mer		ND	ND	ND
Poisson d'eau douce		ND	ND	0,00
Crustacés, bivalves, céphalopodes		ND	ND	0,00
Lait	666	0,44	0,44	0,00

ND : Non déterminé ; <sup>1</sup>L'exposition additionnelle est déterminée en soustrayant le %PTWI dans la zone contaminée par celui du reste du pays.



## = Comparaison du niveau d'exposition avec le risque jugé tolérable (DHTP)

- ❑ La consommation de légumes est une source d'exposition importante au cadmium tant pour les consommateurs moyens que pour les grands consommateurs de denrées alimentaires produites dans la zone contaminée.
- ❑ Parmi les légumes, la consommation de légumes-feuilles constitue la source d'exposition la plus importante suivie des légumes-tiges et des légumes-racines.
- ❑ La consommation de pommes de terre est également une source d'exposition importante en raison de la quantité consommée.
- ❑ La consommation de reins (rognons) constitue une source d'exposition très importante mais uniquement pour les grands consommateurs.
- ❑ La consommation de denrées pour un grand consommateur est de 1,3 à 112,5 fois supérieure à celle d'un consommateur moyen. Ces différences élevées induisent une exposition élevée, pouvant même dépasser la PTWI pour la consommation d'abats.

28/04/2006

Claude Saegerman

35



- ❑ La DHTP a été fixée par la FAO/OMS à 7 µg/kg poids corporel/jour pour le cadmium.
- ❑ Le pourcentage de la DHTP atteint pour un consommateur moyen de denrées local est de 52,55% dans la zone contaminée et de 33, 83% pour le reste de la Belgique. Ce qui représente une exposition additionnelle pour les habitants de la zone contaminée de 18,72% par rapport au reste de la Belgique.
- ❑ L'estimation de l'ingestion a été réalisée en adoptant pour la zone contaminée des scénarii qualifiés de normaux ou extrêmes en ce qui concerne les quantités de denrées ingérées mais basés sur un taux de consommation de 100 % des denrées produites dans la zone, ce qui constitue, de toute évidence, un cas extrême.
- ❑ En outre, les scénarii en question font appel à des données incomplètes notamment en ce qui concerne les produits végétaux, et plus particulièrement les légumes-feuilles.
- ❑ Des options de gestion de risque sont nécessaires : quelles pourraient-elles être ?

28/04/2006

Claude Saegerman

36



## Exemples d'options de gestion envisageables ?

- Campagne d'information de la population
- Diversifier l'origine des produits
- Actions préventives :
  - Laver les légumes et les fruits
  - Eplucher fruits
  - Recouvrement des végétaux
  - Éviter les jeux d'enfants dans la terre des jardins
- Retrait des reins des bovins provenant des zones à risque
- Suivi longitudinal des populations...

28/04/2006

Claude Saegerman

37



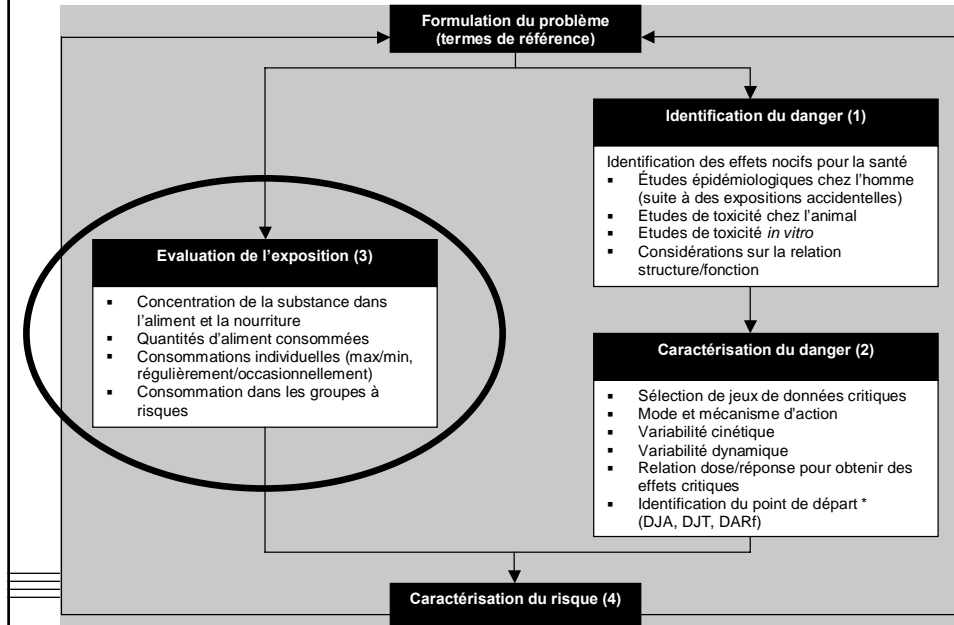
## Exercice n° 2

### **Ingestion et inhalation du cadmium par les bovins en périphérie de sites industriels de métaux non ferreux**

Sur base de l'annexe 2 de l'avis 01-2005 du  
Comité scientifique de l'Agence fédérale pour  
la Sécurité de la Chaîne alimentaire  
<http://www.favv-afsca.fgov.be/>



## Q1 : A quelle étape sommes-nous ?



## Objectif

- ❑ Etablir le bilan de la quantité de cadmium ingérée et inhalée par un bovin selon différentes voies d'exposition :
  - Aliments
  - Eau
  - Air
- ❑ = évaluation de l'ingestion/inhalation des bovins au Cadmium

## Q2 : Quelles sont les données nécessaires ?

- Données concernant les voies d'exposition
- Données de contamination par type de matrice
- Données de consommation, inhalation

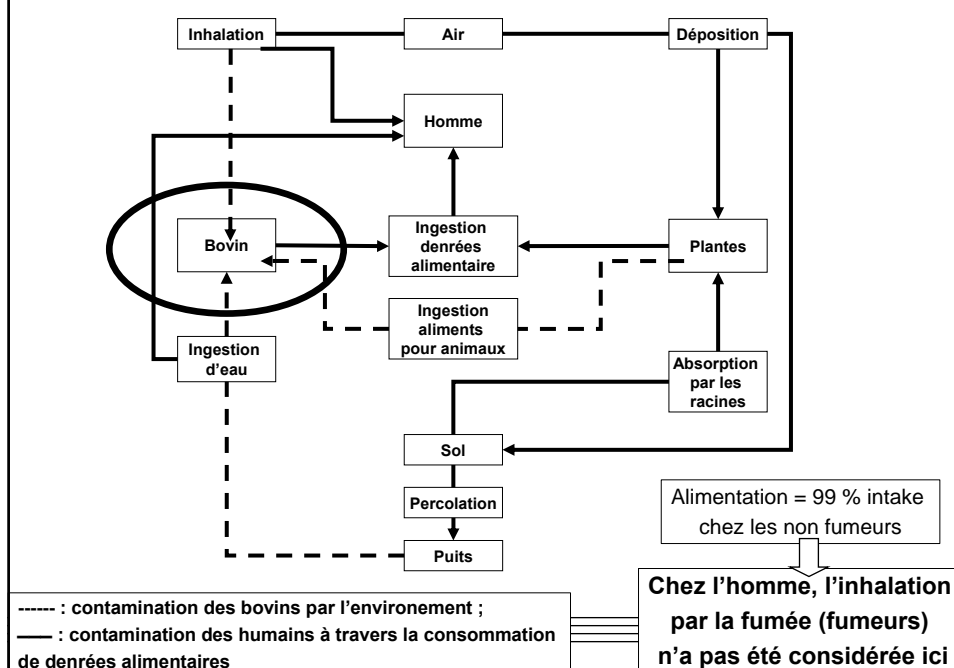
28/04/2006

Claude Saegerman

41



### Voie d'entrée du cadmium dans la chaîne alimentaire



## Données de contamination de la ration

Source : Campagne d'échantillonnage de l'AFSCA

Cadmium (mg/kg MS)	Herbe de prairie (N = 22)	Ensilage de maïs (N = 20)	Ensilage d'herbe (N = 21)	Foin (N = 2)
Moyenne *	0,33	0,31	0,32	
Ecart-type	0,211	0,153	0,163	
Maximum	1,1	0,69	0,71	0,31
Minimum	0,16	0,097	0,065	0,3
Médiane	0,26	0,285	0,31	

\* les moyennes ne sont pas significativement différentes (test de Welch;  $P > 0,05$ )

UNIVERSITÉ de Liège

## Données de contamination de l'eau

Source : Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie, 1986 (N = 2464 puits)

Cadmium (µg/l)	Neerpelt	Overpelt	Lommel
Moyenne	6,6	10,4	11,9
Médiane	3	3,8	6,3
Maximum	135	232	400
% dépassement de la norme (5 µg/l)	29	40	58

Le Comité scientifique ne disposait pas de données plus récentes

ULg  
UNIVERSITÉ de Liège

## Données de contamination de l'air

Source : Risk assessment, cadmium oxide, cadmium metal, Septembre 2004

Cadmium (ng/m <sup>3</sup> )	
Moyenne	50

Concentration moyenne en cadmium en zone industrielle

28/04/2006

Claude Saegerman

45



## Données de consommation de la ration

- Scénario 1 : ration hivernale pour une vache laitière
- Scénario 2 : ration d'une vache laitière au pâturage

28/04/2006

Claude Saegerman

46



## Scenario 1

- 16,2 kg de matière sèche (MS)
  - 65 % de fourrages (10,5 kg)
  - 35 % de concentrés (5,7 kg)
- 1/3 de foin
- 2/3 d'ensilage d'herbe et/ou maïs
  
- Référence : Diez M., Dufrasne I., Istasse L. Cours de première année, Tome 2, Service de nutrition, alimentation des animaux domestiques

28/04/2006

Claude Saegerman

47



## Scénario 2

- 15 kg de MS
  
- Référence : Diez M., Dufrasne I., Istasse L. Cours de première année, Tome 2, Service de nutrition, alimentation des animaux domestiques

28/04/2006

Claude Saegerman

48





## Données de consommation de l'eau

- Scénario 1 : période hivernale (50 L / j)
- Scénario 2 : au pâturage (50 L / j)
- Scénario 3 : au pâturage (100 L / j)

28/04/2006

Claude Saegerman

49



## Données de consommation de l'air

- Volume d'air inhalé (l / min) pour un bovin
- Le volume d'air inhalé par un bovin en fonction du poids vif est déterminé par la formule suivante (Desmecht, communication personnelle) :

$$\text{Volume d'air inhalé (l/min)} = 0,4 \times (\text{poids vif} ^{0,79})$$

$$R = 0,99$$

28/04/2006

Claude Saegerman

50



### Q 3 : Déterminer la quantité de cadmium inhalée par un bovin

- Quelle formule utilisée ?
- Etablissez un tableau reprenant le libellé de chaque champs
- Pour chaque champ, précisez l'unité de mesure
- Faites cela pour un bovin avec un poids vif de 500 kg jusqu'à 850 kg (avec un pas de 50 kg)

28/04/2006

Claude Saegerman

51



### Réponse à la question 3 : quantité de Cd inhalée par un bovin

Poids du bovin (kg)	Volume d'air inhalé (l/min)	Volume d'air inhalé (l/j)	Concentration en Cd dans l'air (ng/m <sup>3</sup> )	Quantité Cd inhalée (ng/j)
500	54,23	78092	50	3905
550	58,47	84199	50	4210
600	62,63	90191	50	4510
650	66,72	96078	50	4804
700	70,74	101871	50	5094
750	74,71	107577	50	5379
800	78,61	113204	50	5660
850	82,47	118758	50	5938

28/04/2006

Claude Saegerman

52



#### Q 4 : Déterminer la quantité de cadmium ingérée et inhalée pour une vache laitière de 650 kg

- Scénario 1 : vache laitière de 650 kg en période hivernale (contamination moyenne en Cadmium)
- Scénario 2 : vache laitière de 650 kg en période hivernale (contamination maximale en Cadmium)
- Scénario 3 : vache laitière de 650 kg au pâturage en saison froide (contamination moyenne en Cadmium)
- Scénario 4 : vache laitière de 650 kg au pâturage en saison froide (contamination maximale en Cadmium)
- Scénario 5 : vache laitière de 650 kg au pâturage en saison chaude (contamination moyenne en Cadmium)
- Scénario 6 : vache laitière de 650 kg au pâturage en saison chaude (contamination maximale en Cadmium)

Dose journalière ingérée en Cadmium =  
consommation de la denrée (kg/j) \* concentration en cadmium dans la denrée (mg/kg)



#### Scénario 1 : Estimation de la quantité de cadmium ingérée et inhalée (daily intake) pour une vache laitière de 650 kg en période hivernale (contamination moyenne en Cadmium)

Voie d'exposition	Consommation, inhalation		Concentration en cadmium		Daily intake (mg / j)	% daily intake
	(A)	Unité	(B)	Unité		
Eau	50,00	l / j	0,01	mg / l	0,5000	13,30
Fourrage	10,50	kg MS / j	0,31	mg / kg	3,2550	86,57
Air	96078,02	l / j	50	ng / m3	0,0048	0,13
			Total		3,76	100,00

**Scénario 2 :**  
**Estimation de la quantité de cadmium ingérée et inhalée**  
**(daily intake) pour une vache laitière de 650 kg en période**  
**hivernale (contamination maximale en Cadmium)**

Voie d'exposition	Consommation, inhalation		Concentration en cadmium		Daily intake (mg / j)	% daily intake
	(A)	Unité	(B)	Unité		
Eau	50,00	l / j	0,40	mg / l	20,0000	72,83
Fourrage	10,50	kg MS / j	0,71	mg / kg	7,4550	27,15
Air	96078,02	l / j	50	ng / m3	0,0048	0,02
			Total		27,46	100,00

28/04/2006

Claude Saegerman

55



**Scénario 3 :**  
**Estimation de la quantité de cadmium ingérée et inhalée**  
**(daily intake) pour une vache laitière de 650 kg au pâturage**  
**en saison froide (contamination moyenne en Cadmium)**

Voie d'exposition	Consommation, inhalation		Concentration en cadmium		Daily intake (mg / j)	% daily intake
	(A)	Unité	(B)	Unité		
Eau	50,00	l / j	0,01	mg / l	0,5000	9,17
Fourrage	15,00	kg MS / j	0,33	mg / kg	4,9500	90,75
Air	96078,02	l / j	50	ng / m3	0,0048	0,09
			Total		5,45	100,00

28/04/2006

Claude Saegerman

56



**Scénario 4 :**  
**Estimation de la quantité de cadmium ingérée et inhalée**  
**(daily intake) pour une vache laitière de 650 kg au pâturage**  
**en saison froide (contamination maximale en Cadmium)**

Voie d'exposition	Consommation, inhalation		Concentration en cadmium		Daily intake (mg / j)	% daily intake
	(A)	Unité	(B)	Unité		
Eau	50,00	l / j	0,40	mg / l	20,0000	54,79
Fourrage	15,00	kg MS / j	1,10	mg / kg	16,5000	45,20
Air	96078,02	l / j	50	ng / m3	0,0048	0,01
Total					36,50	100,00

28/04/2006

Claude Saegerman

57



**Scénario 5 :**  
**Estimation de la quantité de cadmium ingérée et inhalée**  
**(daily intake) pour une vache laitière de 650 kg au pâturage**  
**en saison chaude (contamination moyenne en Cadmium)**

Voie d'exposition	Consommation, inhalation		Concentration en cadmium		Daily intake (mg / j)	% daily intake
	(A)	Unité	(B)	Unité		
Eau	100,00	l / j	0,01	mg / l	1,0000	16,79
Fourrage	15,00	kg MS / j	0,33	mg / kg	4,9500	83,13
Air	96078,02	l / j	50	ng / m3	0,0048	0,08
Total					5,95	100,00

28/04/2006

Claude Saegerman

58



**Scénario 6 :**  
**Estimation de la quantité de cadmium ingérée et inhalée**  
**(daily intake) pour une vache laitière de 650 kg au pâturage**  
**en saison chaude (contamination maximale en Cadmium)**

Voie d'exposition	Consommation, inhalation		Concentration en cadmium		Daily intake (mg / j)	% daily intake
	(A)	Unité	(B)	Unité		
Eau	100,00	l / j	0,40	mg / l	40,0000	70,79
Fourrage	15,00	kg MS / j	1,10	mg / kg	16,5000	29,20
Air	96078,02	l / j	50	ng / m3	0,0048	0,01
Total					56,50	100,00

28/04/2006

Claude Saegerman

59



## Tableau synoptique

	Scénario 1		Scénario 2		Scénario 3		Scénario 4		Scénario 5		Scénario 6	
	Daily intake (mg / j)	% daily intake	Daily intake (mg / j)	% daily intake	Daily intake (mg / j)	% daily intake	Daily intake (mg / j)	% daily intake	Daily intake (mg / j)	% daily intake	Daily intake (mg / j)	% daily intake
Eau	0,50	13,30	20,00	72,83	0,50	9,17	20,00	54,79	1,00	16,79	40,0000	70,79
Fourrage	3,26	86,57	7,46	27,15	4,95	90,75	16,50	45,20	4,95	83,13	16,5000	29,20
Air	0,00	0,13	0,00	0,02	0,00	0,09	0,00	0,01	0,00	0,08	0,0048	0,01
Total	3,76	100,00	27,46	100,00	5,45	100,00	36,50	100,00	5,95	100,00	56,5048	100,00

Scénario 1 : vache laitière de 650 kg en période hivernale (contamination moyenne en Cd)

Scénario 2 : vache laitière de 650 kg en période hivernale (contamination maximale en Cd)

Scénario 3 : vache laitière de 650 kg au pâturage en saison froide (contamination moyenne en Cd)

Scénario 4 : vache laitière de 650 kg au pâturage en saison froide (contamination maximale en Cd)

Scénario 5 : vache laitière de 650 kg au pâturage en saison chaude (contamination moyenne en Cd)

Scénario 6 : vache laitière de 650 kg au pâturage en saison chaude (contamination maximale en Cd)

28/04/2006

Claude Saegerman

60



## Commentaires

- Si on tient compte des scénarii 1, 3 et 5 (concentrations moyennes en cadmium), la part la plus importante de l'ingestion est due à l'aliment
- Si on tient compte des scénarii 2, 4 et 6 (concentrations maximales en cadmium), la part la plus importante de l'ingestion est due à l'eau
- Cette évaluation quantitative déterministe porte seulement sur les quantités de cadmium ingérées et inhalées et non absorbées (intake)
- Les concentrations en cadmium dans l'eau des puits datent de 1986. Le Comité scientifique ne disposait pas de données plus récentes
- Ce travail porte sur une vache laitière. Il pourrait être également réalisé pour d'autres catégories de bovins (taureaux, vache allaitantes et veaux)