

Sommaire

Remerciements 1 ■

Résumé 3 ■

Introduction 5 ■

1. Rappels sur les éléments-traces

9

1.1. Terminologie 9 ■

■ Définition des métaux et métalloïdes 9 ■

■ Définition des éléments-traces 10 ■

■ Définition des métaux lourds, micro-polluants métalliques, oligo-éléments, contaminants stricts 10 ■

1.2. Cycles bio-géochimiques des éléments-traces 12 ■

■ Généralités sur les cycles bio-géochimiques des éléments-traces 12 ■

■ Influence des activités humaines sur les cycles bio-géochimiques des éléments-traces 13 ■

1.3. Exposition des êtres vivants aux éléments-traces 13 ■

■ Notions de dose et de temps d'exposition 13 ■

■ Exposition de l'homme aux éléments-traces 14 ■

2. Généralités sur les transferts sol-plante des éléments-traces

17

2.1. Pénétration des éléments-traces par les parties aériennes 18 ■

2.2. Prélèvement des éléments-traces par les racines 20 ■

■ Mécanismes de prélèvement des éléments-traces 21 ■

■ Facteurs contrôlant le prélèvement des éléments-traces 29 ■

2.3. Devenir des éléments-traces dans la plante	46 ■
■ Mécanismes de transport des éléments-traces au sein du végétal	47 ■
■ Concentrations en éléments-traces dans les différents organes de la plante	49 ■
■ Les excrétions des éléments-traces par la plante	53 ■
■ Formes chimiques des éléments-traces dans la plante et leurs implications dans la toxicité vis-à-vis des animaux et de l'homme	54 ■
2.4. Particularités des éléments	57 ■
■ As	57 ■
■ Cd	58 ■
■ Co	58 ■
■ Cr	59 ■
■ Cu	59 ■
■ Hg	60 ■
■ Mo	61 ■
■ Ni	61 ■
■ Pb	62 ■
■ Se	62 ■
■ Tl	63 ■
■ Zn	64 ■

3. Préviation du transfert sol-plante des éléments-traces

65

3.1. Généralités	65 ■
■ Modèles	67 ■
■ Tests et analyses	70 ■
3.2. Utilisation dans les réglementations et guides de bonnes pratiques	81 ■
■ Mise en place d'une réglementation visant à protéger la qualité d'un sol	81 ■
■ Un premier modèle : le coefficient de répartition plante-sol	85 ■
■ Un deuxième modèle : l'utilisation d'extractions chimiques sélectives et de modèles régressifs	97 ■
■ Un troisième modèle : le flux exporté par la plante, les bilans entrées-sorties	102 ■

4. Aliments d'origine végétale et éléments-traces

105

4.1. Estimation de l'exposition journalière de l'homme aux éléments-traces via les aliments d'origine végétale en France	105 ■
■ Teneurs en éléments-traces dans les végétaux en France	105 ■
■ Teneurs en éléments-traces dans les aliments d'origine végétale en France	106 ■
■ La notion de dose : carences et excès	117 ■

■ Méthodes d'estimation de l'exposition aux éléments-traces par l'alimentation	118 ■
■ Exposition aux éléments-traces par l'alimentation en France	121 ■
4.2. Exposition des animaux d'élevage aux éléments-traces par l'alimentation d'origine végétale en France	128 ■
■ Teneurs des fourrages et des aliments pour le bétail	128 ■
■ La notion de dose : carences et excès	129 ■
■ Exposition aux éléments-traces des animaux d'élevage	129 ■
4.3. Les seuils pour l'alimentation végétale dans les réglementations et guides de bonnes pratiques nationaux et internationaux	131 ■
■ Les seuils dans l'alimentation humaine	131 ■
■ Les seuils dans l'alimentation animale	133 ■

5. Conclusion

5.1. Complexité des mécanismes de transfert des éléments-traces du sol vers la plante et nombre élevé de facteurs les contrôlant	135 ■
5.2. Difficultés pour prévoir le transfert des éléments-traces du sol vers le végétal	136 ■
5.3. Quelques méthodes (quasi) opérationnelles pour évaluer la probabilité de transfert	136 ■
■ Coefficient de répartition plante/sol	136 ■
■ Autres modèles régressifs	137 ■
■ Extraction chimique sélective en séquentielle	137 ■
■ Tests	138 ■
■ Essais in situ	138 ■
5.4. Modifications des concentrations en éléments-traces lors de la transformation du produit agricole récolté en aliment directement consommable	139 ■
5.5. Rôle des quantités d'aliments consommées	139 ■
5.6. Les maillons d'une chaîne complexe	140 ■

Références bibliographiques 141 ■

Annexe 1 - Fiches bibliographiques relatives à des essais de plein champ	157 ■
Annexe 2 - Teneurs naturelles dans les plantes cultivées et dans les aliments à base de végétaux	335 ■
Annexe 3 - Seuils nationaux et internationaux dans les aliments d'origine végétale	373 ■
Annexe 4 - Effets toxiques des éléments-traces en excès sur l'homme	389 ■
Annexe 5 - Lexique de définitions	403 ■
Annexe 6 - Noms latins des plantes cultivées à vocation alimentaire	407 ■