

# Évaluation du risque sanitaire lié à la consommation de fruits et légumes contaminés par le zinc dans les jardins privés sur les sites de Reconvilier et Loveresse (BE)

Rapport du SCAHT pour l'Office des Eaux et des Déchets  
(OED) du Canton de Berne

24.11.2021

Version définitive

Nicolas Roth

Centre Suisse de Toxicologie Humaine Appliquée (SCAHT)

Université de Bâle

Missionsstrasse 64, CH - 4055 Basel

## TABLE DES MATIÈRES

<b>TABLE DES MATIÈRES</b> .....	<b>2</b>
<b>TABLEAUX</b> .....	<b>3</b>
<b>RÉSUMÉ</b> .....	<b>4</b>
<b>ABRÉVIATIONS</b> .....	<b>6</b>
<b>TERMES DE RÉFÉRENCE</b> .....	<b>7</b>
1.1 <b>CONTEXTE</b> .....	<b>7</b>
1.2 <b>PROBLÉMATIQUE ET NATURE DU MANDAT</b> .....	<b>7</b>
1.3 <b>CADRE DU TRAVAIL ET MÉTHODE</b> .....	<b>8</b>
1.4 <b>SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>8</b>
<b>2 TOXICOLOGIE</b> .....	<b>9</b>
2.1 <b>CARACTÉRISATION DU PROFIL DE TOXICITÉ DU ZINC DANS LES ÉTUDES HUMAINES</b> .....	<b>9</b>
2.2 <b>HOMÉOSTASIE ET BIODISPONIBILITÉ DU ZINC DANS L'ORGANISME</b> .....	<b>10</b>
2.3 <b>VALEURS DE RÉFÉRENCE SANITAIRES POUR LE ZINC</b> .....	<b>10</b>
<b>3 EXPOSITION</b> .....	<b>12</b>
3.1 <b>ÉVALUATION DE L'EXPOSITION – PROBLÉMATIQUE ET PROCÉDURE</b> .....	<b>12</b>
3.1.1 <i>Information requises pour l'évaluation de l'exposition par voie alimentaire</i> .....	<b>12</b>
3.1.2 <i>Résultats de la campagne d'analyse des potagers de Reconvilier et Loveresse</i> .....	<b>12</b>
3.1.3 <i>Données sur la consommation de fruits et légumes dans les jardins privés en Suisse (Unisanté)</i> ....	<b>14</b>
3.1.4 <i>Consommation de fruits et légumes au sein de la population générale (menuCH)</i> .....	<b>14</b>
3.1.5 <i>Synthèse et orientation</i> .....	<b>15</b>
3.2 <b>DÉFINITION DES SCÉNARIOS ET PARAMÈTRES D'EXPOSITION</b> .....	<b>16</b>
3.3 <b>CARACTÉRISATION DE L'EXPOSITION AU ZINC DANS LES JARDINS DE RECONVILIER ET LOVERESSE</b> .....	<b>19</b>
<b>4 ÉVALUATION DU RISQUE SANITAIRE</b> .....	<b>21</b>
4.1 <b>ÉVALUATION AVEC LA MÉTHODE DE L'INDICE DE RISQUE (HAZARD QUOTIENT)</b> .....	<b>21</b>
<b>5 SYNTHÈSE ET CONCLUSION</b> .....	<b>22</b>
<b>6 RÉFÉRENCES</b> .....	<b>24</b>
<b>7 ANNEXES</b> .....	<b>27</b>
<b>ANNEXE 1 : DÉRIVATION DES VALEURS SANITAIRES DE RÉFÉRENCE POUR LE ZINC</b> .....	<b>28</b>
<b>ANNEXE 2 : ÉTUDES DE CONSOMMATION MENUCH PUBLIÉES</b> .....	<b>29</b>

## TABLEAUX

Tableau 1 : Résultats d'analyse pour 11 potagers sur le site de Reconvilier et Loveresse .....	13
Tableau 2 : Production potagère annuelle d'un jardin privé à Lausanne (VD) .....	14
Tableau 3 : Consommation journalière de fruits et légumes (menuCH).....	15
Tableau 4 : Résumé des paramètres d'exposition utilisés pour l'évaluation .....	17
Tableau 5 : Calcul de la dose journalière de zinc pour une utilisation moyenne du jardin (ADD <sub>1</sub> ) .....	18
Tableau 6 : Calcul de la dose journalière de zinc pour une utilisation moyenne du jardin (ADD <sub>2</sub> ) .....	18
Tableau 7 : Valeurs de référence nutritionnelles pour le zinc.....	20
Tableau 8 : Résumé des sources d'incertitude et impact sur l'évaluation du risque sanitaire .....	23
Tableau 9 : Valeurs de référence établies pour le zinc utilisées dans l'évaluation des risques.....	28
Tableau 10 : Apport médian par occasion de consommation pour certains fruits et légumes (menuCH) .....	29

## RÉSUMÉ

Dès 1850 environ, l'entreprise Boillat SA (puis Swissmetall UMS SA) a exploité des fonderies sur le territoire de la commune de Reconvilier (BE). En raison de la longue durée d'exploitation des fonderies, une grande surface des sols sur/autour du territoire des communes de Reconvilier et Loveresse a été polluée par des métaux lourds (zinc, cuivre, cadmium) provenant des rejets atmosphériques des usines. Des analyses des sols conduites en 2019 ont permis de délimiter les parcelles, y compris des jardins privés, qui présentaient des teneurs en métaux lourds supérieures aux valeurs d'investigation ou d'assainissement selon l'OSol et l'OSites. Une nouvelle campagne de mesures a été mise sur pied en juin 2021 par l'Office des Eaux et des Déchets du Canton de Berne (OED) pour déterminer si des restrictions d'utilisation sont nécessaires pour les propriétaires. Des plantons de tomate, pomme de terre, oignon, salade et fraise ont été sélectionnés pour leur capacité à accumuler les métaux d'intérêt, puis distribués pour être plantés à 11 propriétaires volontaires de parcelles localisées en « zone orange » pour lesquelles des teneurs supérieures aux seuils d'investigation selon l'OSol ont été répertoriées.

Il ressort des analyses de concentrations en métaux lourds dans les fruits et légumes après récolte que le zinc doit être évalué de manière prioritaire. Cependant, l'absence de détermination de teneurs maximales et de fixation de valeurs indicatives pour le zinc dans les denrées alimentaires dans la législation suisse (OCont) et européenne complique la gestion et la communication du risque sanitaire. Sans base légale claire, le développement de recommandations, notamment lié à des restrictions d'utilisation des jardins potagers, doit être basé sur une évaluation du risque sanitaire. Le 30 août 2021, l'OED s'est adressé au Centre Suisse de Toxicologie Humaine Appliquée (SCAHT) afin d'évaluer si la consommation de fruits et légumes contaminés par le zinc représente un risque sanitaire potentiel pour les 11 propriétaires de jardins privés de Reconvilier et Loveresse.

Le zinc est un oligo-élément et micronutriment essentiel au bon fonctionnement de l'organisme. Le zinc est présent en abondance dans la nature ainsi que dans notre alimentation. La biologie et la toxicité du zinc dans l'organisme sont de manière générale assez bien comprises. Il existe une base de données chez l'homme relativement robuste et fiable, principalement sur la base d'études nutritionnelles humaines, qui permet de comprendre les effets et le devenir du zinc dans l'organisme. Physiologiquement les taux de zinc dans les différents compartiments de l'organisme sont strictement contrôlés par l'homéostasie. Le corps humain a ainsi la capacité d'ajuster le taux d'absorption du zinc sur une large gamme d'apports alimentaires, en fonction de l'état nutritionnel, de l'état de santé, ainsi que d'autres facteurs. En cas de concentrations importantes de zinc dans la nourriture, l'absorption par le corps peut tomber à 10% ; en cas de carence en zinc, l'absorption peut augmenter jusqu'à 90%. Cela démontre, chez la personne en bonne santé, la grande capacité du corps à faire face à des quantités importantes de zinc et à éliminer le surplus de cet oligo-élément.

Du point de vue toxicologique et de l'analyse des risques, la toxicité du zinc est considérée comme étant faible. La dose sans effet nocif observé (NOAEL) chez l'adulte est de 50 mg par jour. Diverses modifications ont été observées après une consommation prolongée de plusieurs semaines à plusieurs mois de suppléments de zinc de l'ordre de 50 à 300 mg par jour, notamment : carence en cuivre, leucopénie, neutropénie, anémie, altération de la fonction immunitaire, diminution de l'activité d'enzymes anti-oxydantes et de transport du cuivre, modifications du métabolisme des lipoprotéines et du cholestérol. L'effet le plus sensible du zinc est l'impact à court terme sur l'homéostasie du cuivre observé lors d'apports en zinc supérieurs d'environ 9 mg par jour ou plus aux besoins nutritionnels (i.e. de plus de 20 mg par jour), bien que la pertinence clinique de ces effets à long terme ne soit pas claire. En l'état actuel des connaissances, on estime généralement qu'un apport plus élevé en zinc chez la personne en bonne santé n'a pas de conséquences négatives. Une limite supérieure de santé de 25 mg par personne et par jour (qui correspond à la quantité maximale d'un nutriment pouvant être consommé en toute sécurité sur une vie entière par la population générale en bonne santé) a été établie par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA). Les personnes souffrant d'hémochromatose (absorption accrue de fer) et les diabétiques sont classés parmi les groupes à risque possible pour un apport excessif en zinc ; cependant aucun apport total sûr n'a pu être calculé pour ces groupes en raison de données insuffisantes.

Il n'existe pas à l'heure actuelle en Suisse de données centralisées et publiées sur les habitudes de production et consommation de fruits et légumes cultivés dans les jardins privés par leurs propriétaires. Il est donc difficile de définir un panier alimentaire type. Toutefois, quelques enquêtes publiées portant sur la consommation de fruits et légumes (toutes origines confondues) au sein de la population générale existent en Suisse, notamment l'étude menuCH. Les données menuCH ne fournissent toutefois pas de données spécifiques à la consommation de fruits et légumes cultivés dans les jardins privés et plantages, et ne concernent que l'adulte. En l'état, aucune donnée de consommation spécifiques pour les enfants et les adolescents n'ont pu être identifiées par le SCAHT en Suisse. Cependant, les données menuCH de consommation journalière ont été utilisées ici à titre indicatif (i.e. comme proxy) pour estimer la dose journalière de zinc effectivement absorbée, et faciliter la construction de scénarios d'exposition pour les groupe-cibles.

L'absence de données spécifiques liées au profil d'utilisation, de production et de consommation des fruits et légumes dans les 11 potagers de Reconvilier et Loveresse représente une source d'incertitude importante dans le cadre de l'expertise, qui oriente la méthodologie de travail vers une approche pessimiste (*worst-case*) qui surestime la situation exposante. Ainsi les deux scénarios d'exposition proposés, basés sur des données de consommation journalière médiane pour un adulte en Suisse (menuCH), présupposent une utilisation moyenne (6 mois par année) à intensive (toute l'année) du jardin, sur une durée de 30 ans (temps de résidence au 90<sup>ème</sup> percentile selon l'Agence américaine de protection environnementale, USEPA), aux concentrations maximales trouvées pour l'ensemble des fruits et légumes analysés par l'OED (panier alimentaire). Bien que ces paramètres d'exposition soient jugés comme étant assez conservateurs et peu réalistes pour les populations-cible, les scénarios d'exposition retenus couvrent l'ensemble des contextes spécifiques à chaque parcelle analysée.

Pour le calcul de l'évaluation des risques, la dose journalière effective de zinc ingérée via les deux scénarios d'exposition ci-dessus est comparée à la valeur de référence sanitaire de 25 mg par jour établie en 2002 par l'ancien Comité scientifique sur l'alimentation humaine (CSAH, SCF en anglais) de la Commission européenne, valeur reconfirmée par l'EFSA en 2006. Pour le scénario d'utilisation moyenne, la dose effective calculée est de 2.2 mg par jour pour l'adulte, environ 11 fois plus petite que la valeur de référence sanitaire. Pour le scénario d'utilisation intensive, la dose effective calculée est de 4.3 mg par jour pour l'adulte, environ 5 fois plus petite que la valeur de référence sanitaire. Les doses effectives journalières moyennes de zinc ainsi calculées ne représentent qu'une contribution modeste par rapport aux besoin nutritionnels de référence établis pour le zinc, et des effets néfastes sur la santé humaine ne sont pas attendus.

**Le SCAHT conclut donc à l'absence de risque sanitaire lié à la consommation de fruits et légumes cultivés dans les 11 potagers investigués à Reconvilier et Loveresse.**

La présente évaluation rejoint les conclusions d'autres études sur l'évaluation de la contamination de fruits et légumes par le zinc dans les jardins privés (généralement situés en zone urbaine, à proximité de sites pollués ou d'usines métallurgiques) publiés dans la littérature scientifique revue par les pairs. Le SCAHT note cependant que ses conclusions sont associées à une grande incertitude liée à l'évaluation de l'exposition, au vu du manque de données (par ex., quantités de fruits et légumes produits et consommés, nature du panier alimentaire, durée et fréquence de l'exposition, population-cible, âge, genre, poids corporel). Notamment, la présente évaluation ne tient pas compte des sources additionnelles de zinc d'origine alimentaire ou non alimentaire, et en particulier de l'apport en zinc issu de compléments alimentaires qui peuvent représenter des sources substantielles de zinc chez certaines personnes. Des dépassements de la valeur de référence sanitaire sont donc possibles si l'on considère l'ensemble des sources d'exposition potentielles au zinc. Il faut rappeler toutefois qu'un dépassement de la valeur de référence sanitaire, a fortiori à court-terme, n'équivaut pas pour autant à un risque pour la santé, la dose sans effet nocif observé (NOAEL) chez l'homme étant fixée à 50 mg par jour, l'utilisation d'un facteur de sécurité (2x) permettant de dériver une valeur de référence sanitaire qui soit protectrice pour la plus grande partie de la population.

## ABRÉVIATIONS

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ADME	Absorption, Distribution, Métabolisme, Élimination
ANSES	Agence nationale française de sécurité sanitaire de l'alimentation
ATSDR	U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BfR	German Federal Institute for Risk Assessment
BNM/AR	Besoin nutritionnel moyen/average requirement
CSAH/SCF	Comité scientifique sur l'alimentation humaine/EU Scientific Committee on Food
ECHA	European Chemicals Agency/Agence européenne des produits chimiques
EFSA	European Food Safety Authority/Agence européenne de sécurité alimentaire
EO	Eating Occasions/occasions de consommation
IARC/CIRC	International Agency for Research on Cancer/ Centre International de Recherche sur le Cancer
IC	Intervalle de confiance
IRIS	Integrated Risk Information System (USEPA)
LSS/UL	Limite Supérieure de Sécurité/Upper Tolerable Intake Level
NAP	Niveaux d'apport en phytate
NOAEL	Dose sans effet nocif observé/No Observed Adverse Effect Level
RIVM	Institut national néerlandais pour la santé publique et l'environnement
RNP/PRI	Référence nutritionnelle pour la population/population reference intake
RR	Risque relatif
SCF	European Scientific Committee on Food
SOD	Superoxyde dismutase (enzyme)
VRS/HBGV	Valeur de référence sanitaire/health-based guidance value
USEPA	U.S. Environmental Protection Agency/Agence américaine de protection environnementale
WHO/OMS	World Health Organization/Organisation mondiale de la Santé

## TERMES DE RÉFÉRENCE

### 1.1 Contexte

Dès 1850 environ, l'entreprise Boillat SA (puis Swissmetall UMS SA) a exploité des fonderies sur le territoire de la commune de Reconvilier (BE). En raison de la longue durée d'exploitation des fonderies, une grande surface des sols sur et autour du territoire des communes de Reconvilier et Loveresse a été polluée par des métaux lourds (zinc, cuivre et cadmium) provenant des rejets atmosphériques des anciennes usines. Une campagne de prélèvement et d'analyse de la teneur en métaux lourds dans les sols a été réalisée en 2019 par le bureau CSD INGENIEURS SA (Delémont, JU) aux alentours des anciennes usines et sur une grande majorité des parcelles de la ville de Reconvilier<sup>1,2</sup>. Ces échantillonnages ont permis de délimiter les parcelles qui présentaient des concentrations en métaux lourds supérieures aux valeurs d'investigation ou d'assainissement selon l'OSol<sup>3</sup> et l'OSites<sup>4</sup>. Un certain nombre de parcelles concernent des jardins potagers à usage privé, ce qui soulève la question du risque sanitaire lié à la consommation de fruits et légumes potentiellement contaminés par de fortes teneurs en métaux lourds.

Une nouvelle campagne de mesures a été ainsi mise sur pied en juin 2021 par l'Office des Eaux et des Déchets du Canton de Berne (OED) pour déterminer si des restrictions d'utilisation sont nécessaires pour les propriétaires. Des plantons de tomate, pommes de terre, oignons, salade et fraises ont été sélectionnés pour leur capacité à accumuler les métaux d'intérêt, puis distribués pour être plantés à 11 propriétaires volontaires de parcelles localisées en « zone orange » (i.e., pour lesquelles des teneurs supérieures aux seuils d'investigation selon l'OSol ont été répertoriées). La teneur en métaux lourds dans ces fruits et légumes a été analysée après récolte (voir **Tableau 1**, p. 13), et les résultats comparés aux valeurs limites existantes définies selon l'OCont<sup>5</sup> (*Annexe 3, teneurs maximales en métaux et métalloïdes*) Tandis que des teneurs maximales existent dans les fruits et légumes pour le cadmium (OCont) et le cuivre (OPOVA<sup>6</sup>), il n'existe par contre pas de valeurs limites dans les fruits et les légumes pour le zinc dans la législation suisse (ni dans la législation européenne d'ailleurs).

### 1.2 Problématique et nature du mandat

L'absence de détermination de teneurs maximales et de fixation de valeurs indicatives applicables au zinc dans les denrées alimentaires (OCont<sup>5</sup>) complique la gestion et la communication du risque sanitaire. Sans base légale claire, le développement de recommandations, notamment lié à des restrictions d'utilisation des jardins potagers, doit être basé sur une évaluation du risque sanitaire. Au vu des résultats d'analyse des fruits et légumes dans les potagers de Reconvilier et Loveresse, le zinc doit être évalué de manière prioritaire.

Le 30 août 2021, l'OED s'est adressé au Centre Suisse de Toxicologie Humaine Appliquée (SCAHT) afin d'évaluer si la consommation de fruits et légumes contaminés par le zinc représente un risque sanitaire potentiel pour les propriétaires / consommateurs ; et s'il est possible de déterminer des valeurs limites / seuils de toxicité pour le zinc dans le cadre des analyses de fruits et légumes.

---

<sup>1</sup> <https://www.bve.be.ch/bve/fr/index/umwelt/umwelt/altlasten/reconvilier--pollution-des-sols.html>

<sup>2</sup> CSD INGENIEURS SA (2020). Office des Eaux et des Déchets du Canton de Berne, Pollution des sols à Reconvilier et Loveresse : Rapport D'investigation Technique. JU1691.200. Delémont, 03.12.2020

<sup>3</sup> Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol) du 1er juillet 1998 (État le 12 avril 2016). SR 814.12. [https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/1854\\_1854\\_1854/fr](https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/1854_1854_1854/fr)

<sup>4</sup> Ordonnance sur l'assainissement des sites pollués (Ordonnance sur les sites contaminés, OSites) du 26 août 1998 (État le 1er mai 2017). SR 814.680. [https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/2261\\_2261\\_2261/fr](https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/2261_2261_2261/fr)

<sup>5</sup> Ordonnance du DFI sur les teneurs maximales en contaminants (Ordonnance sur les contaminants, OCont) du 16 décembre 2016 (État le 1er juillet 2020). SR 817.022.15. <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/156/fr>

<sup>6</sup> Ordonnance du DFI sur les limites maximales applicables aux résidus de pesticides présents dans ou sur les produits d'origine végétale ou animale (OPOVA) du 16 décembre 2016. RO 2017 793. <https://www.fedlex.admin.ch/eli/oc/2017/151/fr>

### 1.3 Cadre du travail et méthode

Le SCAHT conduit une évaluation (déterministe) du risque sanitaire chez l'enfant et l'adulte lié à l'exposition par ingestion de légumes cultivés dans des potagers / jardins privés contaminés par une pollution historique au zinc sur les sites de Reconvilier et Loveresse (BE).

Le but de l'évaluation du SCAHT consiste à comparer l'exposition au zinc par ingestion de légumes contaminés à une valeur de référence sanitaire (VRS), et d'en conclure un profil de risque pour le consommateur en regard de scénarios d'exposition choisis.

Le SCAHT se base sur les résultats d'analyse fournis par l'OED, et fonde sa démarche sur la problématique qui lui a été exposée, en partant du principe que les informations fournies sont exactes et complètes. Seul le zinc est retenu dans le cadre de la présente évaluation sur la base des discussions préliminaires avec l'OED.

La méthodologie de travail suit les principes généraux de l'évaluation du risque, adaptée au contexte spécifique de la présente évaluation :

- Caractérisation de la toxicité du zinc, synthèse et évaluation des VRS dérivées par les différentes agences réglementaires (par ex. EFSA, USEPA, WHO/OMS) ;
- Caractérisation de l'exposition alimentaire et des valeurs de référence nutritionnelles (VRN) pour le zinc. Construction de scénarios d'exposition (paramètres considérés : population-cible, durée, fréquence, biodisponibilité, poids corporel, etc) en fonction des données de consommation alimentaire disponibles (OED ou publiées dans la littérature scientifique revue par les pairs ou réglementaire);
- Évaluation du risque sanitaire pour le consommateur en regard des scénarios d'exposition choisis ; comparaison de l'exposition au zinc par ingestion de légumes contaminés à une VRS. Caractérisation de la marge d'exposition et discussion des incertitudes.

Au vu de l'absence de données spécifiques aux habitudes de production et consommation des fruits et légumes dans les potagers dans le cadre de la présente analyse, l'évaluation du SCAHT constitue une analyse de premier niveau (« *first-tier risk assessment* ») à toute fin d'orientation ; elle ne couvre PAS les aspects suivants :

- Le cuivre ou le cadmium ;
- D'autres sources d'exposition au zinc par voie orale (y compris alimentaire), dermale ou inhalative.
- La comparaison avec toute autre source d'exposition au zinc, i.e. la contribution de l'exposition orale au zinc dans les fruits et les légumes analysés avec : (i) les autres sources d'exposition au zinc d'origine alimentaire ; (ii) l'exposition totale au zinc par toutes les voies d'exposition.
- La dérivation de valeurs de tolérance dans les fruits et légumes pour le zinc ou toute autre valeurs maximales ou limites analytiques ou sanitaires de référence.

### 1.4 Sources bibliographiques

Dans le cadre de ces évaluations du risque, le SCAHT donne la préférence aux documents accessibles au public provenant de sources fiables et reconnues telles que les agences de réglementation et autres organismes gouvernementaux ou organisations scientifiques qui bénéficient d'un processus interne d'examen par les pairs, comme l'Agence américaine pour les substances toxiques et le registre des maladies (ATSDR), l'Agence américaine de protection environnementale (USEPA), l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) et l'Organisation mondiale de la santé (WHO/OMS), ainsi que les principales autorités sanitaires des États membres de l'UE, comme l'Institut national néerlandais pour la santé publique et l'environnement (RIVM), l'Institut allemand d'évaluation des risques (BfR), l'Agence nationale française de sécurité sanitaire de l'alimentation (ANSES), etc.

## 2 TOXICOLOGIE

Le zinc (Zn) est un oligo-élément (minéral) ubiquitaire dans la nature et le deuxième le plus abondant après le fer. En tant que micronutriment, le zinc est omniprésent dans notre alimentation, ainsi que dans notre organisme. Le zinc existe sous la forme d'un cation divalent ( $Zn^{+2}$ ) et n'est pas redox actif dans les conditions physiologiques, ce qui explique pourquoi le zinc joue de multiples rôles physiologiques dans une variété de processus biologiques ; il joue ainsi un rôle clé dans notre métabolisme car il assume de nombreuses fonctions enzymatiques de structure ; de catalyse ; et de régulation, en particulier de l'expression des gènes et de la communication intracellulaire. Le zinc est essentiel notamment pour la croissance, le développement, la maturation testiculaire, la cicatrisation des plaies, et la compétence immunitaire (SCF 2003, p.2).

La biologie et la toxicité du zinc dans l'organisme sont de manière générale assez bien comprises ; il existe une base de données chez l'homme relativement robuste, principalement sur la base d'études nutritionnelles humaines, qui permet de comprendre ses effets (section 2.1) et son devenir dans l'organisme (ADME) (section 2.2), et la dérivation de valeurs de référence sanitaires (VRS) pour l'évaluation des risques (section 2.3).

### 2.1 Caractérisation du profil de toxicité du zinc dans les études humaines

Diverses modifications ont été observées après une consommation prolongée de suppléments de zinc de l'ordre de 50 à 300 mg/jour. Il s'agit principalement de: (i) l'hypocuprémie ; (ii) de la diminution fréquemment observée de l'activité de la superoxyde dismutase (SOD) érythrocytaire (et par conséquent de l'augmentation du stress oxydatif, bien que la pertinence physiologique de cette observation reste incertaine) ; (iii) de la diminution de la céruloplasmine (responsable du stockage du cuivre et transporteur du fer) ; (iv) de l'altération du métabolisme des lipoprotéines et du cholestérol ; (v) de l'altération des paramètres du sang (leucopénie, neutropénie, anémie) ; et (vi) de l'altération de la fonction immunitaire. Un grand nombre de ces changements sont également observés en cas de carence en cuivre, mais les changements ne sont pas spécifiques à cette carence, et leur pertinence clinique n'est pas claire (SCF 2003, p. 7). L'aspect certainement le plus critique et le plus sensible de la toxicité du zinc est l'influence sur l'homéostasie du cuivre. Des apports en zinc supérieurs d'environ 9 mg/jour ou plus aux apports recommandés peuvent affecter l'homéostasie du cuivre, du moins à court terme (SCF 2003).

Des apports élevés et prolongés à des doses d'au moins 150 mg/jour en zinc ont provoqué dans des cas individuels une hypocuprémie, une anémie (diminution de l'hémoglobine), et des modifications des globules rouges et blancs (indiquant un affaiblissement des défenses immunitaires). En outre, une baisse des valeurs de l'hématocrite (diminution de la proportion d'érythrocytes dans le sang) a été observée avec des doses de zinc de 50 mg/jour. L'ensemble des études disponibles suggèrent qu'il n'y a pas de résultats cohérents concernant des effets négatifs sur les paramètres de la numération sanguine à des niveaux de consommation inférieurs à 60 mg/jour. D'autres études ont démontré une altération des défenses immunitaires à des doses d'au moins 300 mg par jour (6 semaines) ; une augmentation de l'activité de la phosphatase alcaline spécifique des os (déphosphorylation des protéines) avec un apport de 53 mg (90 jours) ; une augmentation des valeurs d'hémoglobine glyquée chez les diabétiques avec un apport de 50 mg/jour (28 jours). Les données concernant les effets d'un apport accru en zinc (40 à 160 mg/jour) sur le métabolisme des lipoprotéines et du cholestérol sont contradictoires et n'ont été observés que dans des cas isolés (SCF 2003, pp. 9-10 ; BfR 2004, pp. 255-256).

Le zinc n'est pas classé comme cancérigène ou mutagène par les organismes de classification (i.e., USEPA, ACGIH, WHO/IARC) ou dans la réglementation européenne (voir ECHA CLP Inventory). Les données disponibles sont insuffisantes pour évaluer le potentiel cancérigène ou mutagène du zinc, car (i) les études sur des travailleurs exposés professionnellement au zinc sont inadéquates ou peu concluantes ; (ii) il n'existe pas de tests biologiques adéquats sur les animaux concernant la cancérogénicité possible du zinc ; et (iii) les résultats des tests génotoxiques du zinc sont équivoques (USEPA/IRIS 2005). En particulier, dans une étude épidémiologique sur l'association entre la supplémentation en zinc et l'apparition de carcinomes avancés de la prostate, aucune

augmentation du risque relatif (RR) n'a pu être observée pour des apports allant jusqu'à 100 mg/jour par rapport au groupe témoin. Cependant, un apport supplémentaire en zinc de plus de 100 mg/jour était associé à un risque relatif accru (RR = 2,29 ; IC95 = 1,06-4,95). Dans les études portant sur la durée de la supplémentation, un risque accru a été observé après > 10 ans de supplémentation (RR = 2,37 ; IC 95 % = 1,42-3,95) (BfR 2004, p. 256).

## 2.2 Homéostasie et biodisponibilité du zinc dans l'organisme

Le taux d'absorption du zinc après ingestion (exposition orale) de nourriture et/ou boissons est relativement bien caractérisé chez l'homme sur la base des nombreuses études nutritionnelles disponibles. L'absorption du zinc dans le duodénum et le jéjunum est strictement régulée de manière homéostatique, et peut varier entre 15 et 60 %, en fonction de l'état nutritionnel, de facteurs physiologiques, et de l'état de santé. Elle peut augmenter jusqu'à 90 % lorsque les apports alimentaires en zinc sont limités ; tandis que la libération du zinc, lorsqu'il est en excès, est facilitée par excrétion intestinale et rénale (King et al 2000 ; Kembe et al 2015). Certaines substances peuvent augmenter l'absorption de zinc comme le cuivre, le calcium, et le fer qui sont en compétition avec le zinc pour l'absorption, ainsi que les phytates<sup>7</sup> présents dans les végétaux; certains acides aminés (naturellement présents dans notre alimentation) peuvent augmenter l'absorption de zinc (SCF 2003, p. 3). A noter que les personnes végétariennes absorbent moins de zinc (2.4 mg par jour) que les non-végétariens (3.7 mg par jour) (ATSDR 2005, p. 142).

La teneur en zinc dans les tissus (> 99% des environ 2-3 g contenus dans le corps humain) et l'activité des processus contrôlés par le zinc peuvent être maintenues en équilibre dans une large gamme d'apports alimentaires en zinc variant par un facteur 10. Selon certains auteurs, la teneur en zinc dans les tissus et l'activité des processus contrôlés par le zinc peuvent être maintenus en équilibre sur une large gamme d'apports alimentaires s'étalant entre 2,8-40 mg/kg poids corporel (pc) de zinc (i.e., compris entre 196-2800 mg pour une personne de 70 kg) (King et al 2000). Dans l'organisme, seulement environ 0,1% du zinc corporel est reconstitué quotidiennement par l'alimentation (Kembe et al 2015).

En l'état actuel des connaissances, on estime généralement qu'un apport plus élevé en zinc n'a pas de conséquences négatives pour la santé en raison de la large gamme de régulation homéostatique du zinc. Cependant, des apports excessifs en micronutriment sur des périodes prolongées voire chroniques peuvent conduire à une charge corporelle croissante, l'accumulation systémique indiquant que les réponses physiologiques sont dépassées et que des événements pathologiques se développent. Certains effets toxiques peuvent être réversibles si l'apport est réduit du moment que les mécanismes biologiques mobilisés sont sous contrôle homéostatique. Si un apport élevé est maintenu, l'accumulation dans les tissus conduit à des lésions et des défaillances des tissus et des organes qui sont irréversibles. Ces effets sont très variables dans le temps, et dépendent de nombreux facteurs, en particulier lié à l'état de santé de la personne. Ces considérations sont à la base de l'évaluation du risque et de la dérivation de valeurs de référence de santé (VRS, ou Health-Based Guidance Values, HBGV) des nutriments essentiels comme le zinc (EFSA 2021, pp. 9-11).

## 2.3 Valeurs de référence sanitaires pour le zinc

Le zinc a été évalué par plusieurs agences réglementaires et organes scientifiques majeurs à l'international (voir **Tableau 9, Annexe 1**). La toxicité du zinc est de manière générale assez bien comprise et des études nutritionnelles humaines ont été utilisées pour établir une base de référence de l'exposition au zinc. La base de données sur les effets chez l'homme est de bonne qualité et suffisante pour une évaluation quantitative des risques. Les estimations du risque oral sont toutes dérivées de données humaines orales de relativement courte durée

---

<sup>7</sup> Les phytates (inositol hexaphosphates) sont des substances végétales présentes dans les graines, céréales, fruits à coque, et légumineuses, qui diminuent notablement l'absorption par l'organisme d'un certain nombre de minéraux et oligo-éléments tels que calcium, fer, zinc, magnésium, etc.

(quelques jours à quelques semaines). Malgré le manque d'études chroniques humaines, il a été conclu que ces dernières ne sont pas nécessaires pour appuyer l'évaluation des risques (USEPA/IRIS 2005). Les VRS sont assez comparables (variant jusqu'à 3 fois), et la confiance dans leur dérivation est collectivement moyenne à élevée. Contrairement aux évaluations des risques traditionnelles, lors de l'établissement d'une VRS ou LSS pour les métaux qui peuvent être des contaminants mais qui sont également des oligoéléments essentiels, l'application d'un facteur de sécurité doit également tenir compte des besoins nutritionnels afin de s'assurer que la VRS n'est pas trop proche ou dans la fourchette de la carence en nutriments (EFSA 2021, p.9, WHO/IPCS 2002). Dans l'évaluation des dangers et des risques liés au zinc dans l'alimentation, ce principe a conduit les différentes agences réglementaires à choisir des facteurs de sécurité relativement faibles (allant de 1 à 3 fois).

En Europe, sur la base des études humaines, le SCF a établi en 2002 une dose sans effet nocif observé (NOAEL) de 50 mg de zinc par jour chez l'adulte, ce qui a été confirmé par l'EFSA en 2006 et 2014. Le NOAEL de 50 mg/jour (i.e., 0.7 mg/kg p.c. par jour pour une personne de 70 kg) est fondé sur l'absence d'effets indésirables sur un large éventail d'indicateurs pertinents pour l'homéostasie du cuivre dans les études pivots. Malgré le petit nombre de sujets inclus dans ces études et la durée limitée de l'exposition (subaigu à subchronique), un facteur d'incertitude de 2 a été jugé suffisant en raison des conditions expérimentales métaboliques rigoureusement contrôlées qui ont été employées. Sur la base de ce NOAEL, une Limite Supérieure de Sécurité (LSS, ou Upper Tolerable Intake Level, UL)<sup>8</sup> de 25 mg/jour a été recommandée pour l'adulte. Les LSS pour les enfants (environ 7-18 mg/jour) et les adolescents (environ 18-22 mg/jour) ont été extrapolés sur la base de la LSS pour adultes (EFSA 2014 ; SCF 2006) (voir **Tableau 7**, p.20). Il faut noter que le calcul des LSS pour la population normale en bonne santé, divisée en différents groupes d'âge, tient compte de la variabilité normalement attendue de la sensibilité, mais exclut les sous-populations présentant des vulnérabilités extrêmes et distinctes en raison d'une prédisposition génétique ou d'autres considérations (y compris celles qui aboutiraient à des LSS nettement inférieures à ce qui est nécessaire pour protéger la plupart des gens contre les effets néfastes d'apports élevés) (EFSA 2021, p.7).

L'établissement de la LSS pour le zinc suit les lignes directrices relatives à l'établissement de limites supérieures de sécurité pour les vitamines et les minéraux, établis par le European Scientific Food Committee (SCF, le pré-décesseur de l'EFSA). Ces lignes directrices exposent les principes généraux qui ont servi de base à l'évaluation des effets indésirables des micronutriments sur la santé humaine et à l'établissement des LSS par le SCF ainsi que par le groupe scientifique de l'EFSA sur les produits diététiques, la nutrition et les allergies (NDA Panel).

⇒ **Le SCAHT conclut : le zinc est un oligo-élément et micronutriment essentiel au bon fonctionnement de l'organisme. Physiologiquement le corps humain a la capacité de faire face à des apports en zinc élevés sans conséquences négatives pour la santé en raison de la large gamme de régulation homéostatique du zinc. Sa toxicité est généralement considérée comme étant faible. La dose sans effet sans nocif observé (NOAEL) chez l'adulte est de 50 mg/jour. Diverses modifications ont été observées après une consommation prolongée (plusieurs mois) de suppléments de zinc de l'ordre de 50 à 300 mg par jour. La confiance dans la compréhension et l'interprétation de la base de données toxicologique humaine est bonne et suffisante pour l'évaluation des risques. Cela se traduit par des valeurs de référence sanitaires (VRS) pour la voie orale établies par les différentes instances réglementaires relativement bien alignées les unes par rapport aux autres. La dose orale de référence (RfD) établie par la U.S. EPA et le niveau de risque minimal (MRL) établi par la U.S. ATSDR sont identiques à 0.3 mg Zn/kg p.c. par jour (i.e., 21 mg/jour pour un individu de 70 kg), ce qui est assez proche de la LSS de 25 mg/jour établie par SCF/EFSA. Toutes ces VRS sont basées en grande partie sur le même pool d'études nutritionnelles humaines et sur le même NOAEL de 50 mg/jour.**

---

<sup>8</sup> Apport journalier chronique maximal d'un nutriment (apport total, toutes sources confondues) considéré comme peu susceptible de présenter un risque d'effet indésirable sur la santé de la population générale (EFSA 2021).

### 3 EXPOSITION

#### 3.1 Évaluation de l'exposition – problématique et procédure

##### 3.1.1 Information requises pour l'évaluation de l'exposition par voie alimentaire

Afin d'évaluer précisément un éventuel risque sanitaire pour les propriétaires de jardins privés lié à la consommation de fruits et légumes contaminés par le zinc, il faut estimer la dose de zinc effectivement absorbée par l'organisme après ingestion, de manière à pouvoir la comparer à une valeur de référence sanitaire (VRS), en l'occurrence la limite supérieure de sécurité (LSS). Ce calcul se fait donc sur une base journalière, pour une population-cible (p.ex. enfant, adolescent, adulte) et pour une catégorie d'âge données, en regard d'une certaine fréquence et durée d'exposition. Typiquement, afin de pouvoir construire un modèle d'évaluation de l'exposition par voie alimentaire (par ex. basé sur la corrélation entre concentrations dans les sols et les plantes, et la physiologie-toxicocinétique (PBTK)) et construire des scénarios d'exposition pertinents pour les personnes exposées, un certain nombre d'informations sont nécessaires :

- Données sur la taille des parcelles (m<sup>2</sup>), nombre de plants, et type de fruits et légumes cultivés ;
- Données de production annuelle (kg) pour chaque fruit et légume ;
- Données de consommation alimentaire en termes de fréquence et quantité absorbée pour chaque fruit et légume cultivés par parcelle, et de durée de consommation (saisonnière vs annuelle)
- Concentrations en zinc mesurées dans les sols par parcelle ;
- Facteurs de bioconcentrations sol-plantes spécifiques ;
- Caractéristiques du sol (par ex. pH, teneur en fer, et matière organique) ;
- Concentrations en zinc mesurées dans les fruits et légumes par parcelle ;
- Population-cible (enfant, adolescent, adulte), âge, poids, sexe ;
- Nombre de personnes par foyer.

Sur la base des résultats fournis par l'OED (étude pilote de 11 potagers à Reconvilier et Loveresse), le présent chapitre cherche à établir les données disponibles (ou manquantes) pour construire une méthodologie du calcul de la dose effective journalière (« Average Daily Dose », ADD).

##### 3.1.2 Résultats de la campagne d'analyse des potagers de Reconvilier et Loveresse

Le **Tableau 1** ci-dessous présente les résultats des analyses des fruits et légumes dans 11 potagers de Reconvilier et Loveresse (BE) transmis au SCAHT par l'OED. Ces parcelles ont été sélectionnées parce que les sols contenaient des concentrations en zinc supérieures aux seuils d'investigation selon l'OSol. Quelques données succinctes ont été récoltées également par l'OED afin de documenter l'utilisation des potagers et les habitudes de consommation des propriétaires.

De manière générale, les teneurs en zinc mesurées dans les légumes de Reconvilier et Loveresse sont relativement comparables aux gammes de valeurs reportées en Europe dans la littérature scientifique pour les mêmes types de légumes cultivés dans les jardins privés situés en zone urbaine à proximité de sites pollués (voir p.ex. Sipter et al 2008 ; Warming et al 2015 ; Roba et al 2016 ; Antoniadis et al 2019 ; Cwieląg-Drabek et al 2020). Il faut noter aussi que certaines de ces valeurs sont assez proches des valeurs habituellement rencontrées dans les fruits et légumes. Les légumes secs et les légumineuses fournissent généralement des concentrations de zinc (environ 25-50 mg/kg de poids brut) plus grandes que les racines et tubercules, les légumes à feuilles vertes et les fruits (<10 mg/kg) qui constituent des sources modestes de zinc (WHO/FAO 2004, p.232 ; ATSDR 2005, pp. 176-177 ; EFSA 2017).

**Tableau 1 : Résultats d'analyse pour 11 potagers sur le site de Reconvilier et Loveresse**

(Source : OED Bern, 26 Octobre 2021)

Parcelle	Commune	Teneurs des sols				Teneurs dans les fruits et légumes		Habitudes de consommation
		pH	MO (%)	Fer	Zn [mg/kg]	Légume/Fruit	Zn [mg/kg]	
1	Reconvilier	7.41	12.70	n.a.	701	Laitue de Morges	7.80	Consommation occasionnelle et saisonnière du potager avec salades principalement
2	Reconvilier	7.17	10.90	n.a.	1024	Laitue de Morges	11.00	Aucune consommation ces dernières années, ils avaient arrêté de faire du potager
						Pommes	0.55	
						Carottes	17.00	
						Pommes de terre	3.30	
3	Reconvilier	7.45	13.10	n.a.	608	Tomates	1.00	Consommation occasionnelle et saisonnière du potager avec principalement des patates, carottes, salades et poireaux
						Laitue de Morges	3.60	
						Carottes	4.20	
						Oignons	5.90	
4	Reconvilier	7.54	13.50	n.a.	536	Pommes de terre	3.60	Intensive en été avec des courgettes, des patates, des tomates, des courges, des fraises, des salades, ... Ils fournissent des légumes à tout le quartier durant la belle saison
						Laitue de Morges	17.00	
						Carottes	5.60	
						Oignons	3.80	
5	Reconvilier	7.25	8.05	n.a.	467	Pommes de terre	3.30	Production moyenne avec quelques salades, tomates et fraisiers mais ne consomment pas principalement les fruits et légumes de leur potager
						Tomates	0.81	
						Laitue de Morges	14.00	
						Fraises	5.30	
6	Reconvilier	7.04	9.99	n.a.	1008	Carottes	4.90	Consommation intensive, ils sont autonome en légumes et congèlent le surplus pour l'hiver, stoquent les patates et les oignons
						Pommes de terre	3.10	
						Laitue de Morges	8.70	
						Petits fruits	3.60	
7	Reconvilier	7.45	14.80	n.a.	1275	Carottes	10.00	Consommation occasionnelle en été des légumes du jardin (haricots, fraises, courgettes,...)
						Oignons	13.00	
						Pommes de terre	6.40	
						Tomates	1.30	
8	Reconvilier	7.36	9.20	n.a.	735	Laitue de Morges	28.00	Production et consommation moyenne de patates, oignons salades,... durant l'été mais ne se nourrissent pas uniquement de cela
						Carottes	7.80	
						Oignons	3.30	
						Pommes de terre	4.90	
9	Reconvilier	7.26	8.88	n.a.	1280	Tomates	0.70	Consommation occasionnelle en été de quelques légumes
						Laitue de Morges	21.00	
						Carottes	11.00	
						Pommes de terre	5.00	
10	Loveresse	7.58	9.94	n.a.	601	Tomates	2.00	Petite consommation, le potager est minuscule et les propriétaires y emménagent prochainement ils ne prévoient pas de faire de la production importante de légumes.
						Laitue de Morges	72.00	
						Pommes de terre	7.50	
11	Reconvilier	7.30	10.30	n.a.	1018	Tomates	0.96	Production et consommation modérée de quelques salades poireaux, ...
						Pommes de terre	7.40	

⇒ Les données récoltées par l'OED sur le profil d'utilisation des parcelles et la consommation de fruits et légumes ne couvrent que de manière très limitée la fréquence, la durée, et l'intensité de l'exposition. Ces données ne permettent pas de définir un profil type d'utilisation du jardin et des habitudes de consommation, et ne peuvent ainsi pas être utilisées pour une évaluation quantitative du risque sanitaire.

Il faut relever ici qu'il est particulièrement difficile de pallier à ce manque d'informations, car il n'existe pas à l'heure actuelle en Suisse de données centralisées et publiées sur les habitudes de consommation de fruits et légumes cultivés dans les jardins privés par leurs propriétaires. Faute de cadre légal existant, il n'y a pas d'incitation à générer ces données, développer un programme de monitoring, et du coup pas d'évaluation du risque sanitaire liée à cette problématique spécifique (*communication personnelle, Urs Stalder, OSAV*).

Seules quelques maigres données préliminaires sur l'utilisation type d'un jardin privé dans le cadre de l'évaluation en cours de la pollution des sols aux dioxines à Lausanne (VD) (*communication personnelle, David Vernez, UNIL*) ont pu être identifiées dans le cadre de ce travail (voir **Tableau 2** ci-dessous).

Toutefois, il existe en Suisse quelques enquêtes publiées portant sur la consommation de fruits et légumes (toutes origines confondues) au sein de la population générale, p.ex. *Swiss Survey on Salt* (qui comporte un petit

volet sur la consommation de fruits et légumes), *Swiss Food Panel, et menuCH*<sup>9</sup> (Matthes et al 2021). Bien que ces études ne fournissent pas de données spécifiques à la consommation de fruits et légumes cultivés dans les jardins privés et plantages, elles peuvent être utilisées à titre indicatif (i.e., comme proxy) pour estimer la dose journalière de zinc effectivement absorbée, et faciliter la construction de scénarios d'exposition pour les groupe-cibles.

Les résultats de quelques-unes de ces études jugés utiles dans le cadre de ce travail sont présentés ci-dessous.

### 3.1.3 Données sur la consommation de fruits et légumes dans les jardins privés en Suisse (Unisanté)

Une étude lausannoise (*Berthet et al, non publiée*) portant sur l'évaluation du risque sanitaire lié à la contamination de fruits et légumes en dioxines a interrogé en 2021 les propriétaires de jardins privés pour connaître leur profil d'utilisation et le type de fruits et légumes consommés. La production de légumes et la fréquence de consommation, exprimée par nombre de portions de 100 g, a été établie sur la base d'un seul jardin privé cultivé par un jardinier amateur, considéré comme étant représentatif des autres jardins privés lausannois, est illustrée dans le **Tableau 2**.

**Tableau 2 : Production potagère annuelle d'un jardin privé à Lausanne (VD)**

(Source : *Berthet et al, rapport Unisanté/UNIL, non publié*)

Fruits et légumes	Production (en kg par an)	Consommation (nombre de personne)	Nombre de portion (par 100 g)
Carottes/radis	2	4-6	3-5
Pommes de terres/topinambour	5	4-6	8-12
Tomates	5	4-6	8-12
Laitues	15-20 laitues par année + de la salade à tondre	4-6	Env. 10
Fruits rouges (fraises, framboises, raisinets)	10	6-8	16-25

*Nota bene : N'ont été retenus ici que les fruits et légumes pertinents dans le cadre de la présente évaluation.*

### 3.1.4 Consommation de fruits et légumes au sein de la population générale (menuCH)

Un grand nombre de données représentatives sur les aliments consommés et les comportements alimentaires en Suisse (données globales, toutes origines confondues) sont maintenant disponibles en Suisse grâce à la première enquête nationale sur l'alimentation menuCH.

Certaines données menuCH ont déjà fait l'objet d'analyses (par ex. Chatelan et al. 2017 ; Bisig-Inanir et al 2021 ; Matthes et al 2021), mais les principales conclusions de ces études de consommation n'ont pas permis jusqu'à présent de fournir la granularité nécessaire pour couvrir un grand nombre de catégorie de fruits et légumes, ainsi que leur profil de consommation au sein de la population générale, ne donnant ainsi que les grandes tendances de consommation alimentaires en Suisse. Les principales conclusions de quelques-unes de ces études sont présentées en **Annexe 2**.

Le **Tableau 3** ci-dessous présente les derniers résultats de l'enquête nationale menuCH encore non publiés, à savoir les données de consommation journalière (moyenne et percentiles) pour une vaste catégorie d'aliments en Suisse (*communication personnelle, Urs Stalder, OSAV*).

<sup>9</sup> MenuCH est une enquête nutritionnelle transversale qui a été menée en 2014-2015 à l'échelle nationale auprès d'un échantillon aléatoire stratifié de 2057 adultes âgés de 18 à 75 ans. Des diététiciens formés ont évalué la consommation alimentaire via deux rappels alimentaires non consécutifs de 24 heures, à l'aide du logiciel international validé GloboDiet®. <https://www.blv.admin.ch/blv/fr/home/lebensmittel-und-ernaehrung/ernaehrung/menuch.html>

**Tableau 3 : Consommation journalière de fruits et légumes (menuCH)**

(Source : communication personnelle, Urs Stalder, données non publiées, OSAV)

Commodities <sup>a</sup>	Sample number (n)	Mean (g)	Standard Deviation (g)	Median (g)	P5 (g)	P10 (g)	P75 (g)	P97.5 (g)	P99 (g)
Apfel n.s.	1263	198.2	120.2	207.0	41.4	67.0	414.0	485.7	565.7
Beeren n.s.	55	69.8	94.3	25.0	5.0	6.5	206.7	370.7	421.9
Erdbeeren	171	115.3	101.6	81.1	11.5	23.0	299.7	393.3	476.4
Lattich	42	43.1	56.3	29.0	4.8	6.8	143.1	194.6	257.3
Salat, Blatt n.s.	851	42.8	38.8	40.0	6.0	10.3	100.0	140.0	171.0
Tomate	1558	71.7	66.6	51.4	9.1	15.0	206.0	248.0	303.0
Rüebli	1023	55.1	48.0	43.7	8.7	12.2	151.4	177.4	233.8
Zwiebel	1057	13.9	19.6	9.2	1.9	2.6	34.2	50.0	91.9
Kartoffeln	994	165.8	106.5	141.0	33.2	48.2	343.0	405.0	503.2

Food Consumption Data menuCH (2014/2015): daily food consumption data shown as mean intakes and percentiles of food categories (expressed as g per day). n.s. = non specified; P = percentiles. Nota bene : n'ont été retenus ici que les fruits et légumes pertinents dans le cadre de la présente évaluation. <sup>a</sup> Tous les résultats sont exprimés en termes de matière fraîche.

### 3.1.5 Synthèse et orientation

L'étude lausannoise pose quelques difficultés dans l'interprétation, notamment en termes de représentativité (par ex. utilisation du jardin, habitudes de consommation, nombre de personnes dans le foyer, situation géographique), par rapport au contexte spécifique des potagers de Reconvilier et Loveresse. Les données relatives à l'utilisation du jardin suggèrent un usage récréatif pendant la belle saison, qui paraît plutôt très faible pour les légumes, moyenne pour les petits fruits, au vu des quantités produites annuellement reportées. Le potentiel d'exposition paraît donc limité. Par exemple, une quantité de 2 kg annuelle de carottes pour 4-6 personnes (i.e. représentant 500-333 g par personne et par année) représente une quantité ingérée minimale en comparaison de la consommation journalière de carottes estimée au sein de la population suisse dans l'étude menuCH (environ 9 g (5<sup>ème</sup> percentile) à 233 g (99<sup>ème</sup> percentile) par personne et par jour). Le même raisonnement tient pour les pommes de terre et les tomates dans l'exemple lausannois.

Les données disponibles ne permettent pas de définir un panier alimentaire. Le potentiel d'exposition dépend du degré d'utilisation du jardin, et de la proportion des fruits et légumes provenant du jardin en comparaison des fruits et légumes achetés dans le commerce. Les résultats de l'OED indiquent que pour la parcelle no 6, les propriétaires pratiquent une culture intensive et sont autonomes en légumes (on présupposera que cela couvre l'ensemble les légumes analysés, mais il n'y a pas d'informations sur les autres catégories de fruits et légumes cultivés). Pour la parcelle no 4, la culture est aussi intensive mais une partie de la production est distribuée aux habitants du quartier. Les mêmes questions se posent ici également. Encore faudrait-il préciser la production annuelle de fruits et légumes dans un jardin privé dans un scénario d'autosuffisance (i.e. 100% jardin, 0% commerce). Il y a aussi des impératifs pratiques à considérer, notamment en lien avec la taille de la parcelle et le nombre de plants pour chaque type de fruits et légumes. Par exemple, une consommation (médiane menuCH) de 47.5 g de carottes par jour et par personne reviendrait à produire quelques 700 kg de carottes annuellement.

Un certain nombre de données liées à la culture et consommation de légumes dans les jardins privés à l'étranger existent dans la littérature scientifique revue par les pairs. Ces données sont le plus souvent obtenues sur la base d'enquêtes nutritionnelles, d'études transversales ou communautaires, ou d'approches *ad hoc* moyennant l'utilisation de questionnaires<sup>10</sup>. Toutefois, l'utilisation de données de consommation à l'étranger pose aussi un certain nombre de problèmes en termes de représentativité (par ex. méthode, type de sols, habitudes

<sup>10</sup> Voir par ex. Gregory et al 1990 ; Armstrong 2000 ; Roba et al 2016 ; Savoie-Roskos et al 2017 ; Kirkpatrick and Davison 2018 ; Grafius et al 2020 ; Kegler et al 2020 ; Grebitus 2021.

alimentaires). Synthétiser et évaluer la pertinence de cette littérature n'a pas pu être réalisé dans le cadre de cette expertise.

L'étude menuCH fournit des données représentatives et globales sur les aliments consommés chaque jour en Suisse par la population adulte (18-75 ans). Elle ne tient pas compte de la provenance des fruits et légumes (supermarchés, marché, vente à la ferme, jardins privés, etc.), et ne fournit donc aucune information sur les habitudes de consommation pour les enfants et les adolescents. Les études nutritionnelles disponibles pour la Suisse démontrent généralement l'hétérogénéité des habitudes de consommation au sein de la population (Matthes et al 2021). La consommation de fruits et légumes est généralement plus haute en Suisse alémanique qu'en Romandie. En ce qui concerne les facteurs influençant la consommation de légumes en Suisse, des facteurs comme le niveau socio-économique et le genre semblent jouer un plus grand rôle que l'âge et les différences culturelles entre les trois régions linguistiques ; tandis que pour la consommation de fruits, le genre, l'âge et le niveau socio-économique sont nettement plus importants que la région linguistique.

⇒ **Le SCAHT conclut : les données disponibles ne permettent pas de définir un profil d'utilisation type (p. ex. faible, moyenne, forte, intensive) en regard de la quantité de fruits et légumes cultivés et consommés dans les jardins privés de Reconvilier. Un panier alimentaire type ne peut pas être défini. Les données disponibles ne peuvent pas être utilisées pour une évaluation quantitative du risque sanitaire. Les données menuCH ne fournissent pas de données spécifiques à la consommation de fruits et légumes cultivés dans les jardins privés et plantages, et ne concernent que l'adulte. En l'état, aucune donnée de consommation spécifiques pour les enfants et les adolescents n'ont pu être identifiées en Suisse. Cependant les données menuCH peuvent être utilisées à titre indicatif (i.e., comme proxy) pour estimer la dose journalière de zinc effectivement absorbée. Une approche fine de l'évaluation de l'exposition ne peut pas être développée ici. Le manque de données spécifiques limite la construction de scénarios d'exposition réalistes, fiables et pertinents pour les population-cibles pour l'évaluation du risque. Au vu de l'incertitude liée à l'absence de données, une approche conservatrice de l'évaluation de l'exposition est proposée en première instance pour le calcul de la dose journalière effective de zinc.**

### 3.2 Définition des scénarios et paramètres d'exposition

La méthodologie de l'évaluation de l'exposition repose sur le calcul d'une dose estimée journalière de zinc après ingestion et sur le développement d'un scénario d'exposition moyennée sur une période temps donnée. La construction des scénarios d'exposition ne relève pas nécessairement d'une approche « pessimiste » (*worst-case*) de bout en bout qui retiendrait par exemple des valeurs de consommation journalière de fruits et légumes au 97.5<sup>ème</sup> percentile ou 99<sup>ème</sup> percentile (**Tableau 3**) jugées trop conservatrices, mais vise ici à couvrir l'ensemble des situations exposantes (voir **Tableau 1**). Le scénario d'exposition « moyen » ainsi proposé présume déjà de manière assez conservatrice que le consommateur mange tous les fruits et légumes analysés (constituant donc ici le panier alimentaire) aux valeurs de concentrations maximales mesurées pour chaque fruit et légume (**Tableau 1**). L'adulte est pris comme référence, les données menuCH ne couvrant pas les personnes < 18 ans. Le genre n'est pas considéré. La voie d'exposition est exclusivement orale (ingestion). La durée d'exposition recommandée<sup>11</sup> pour les légumes cultivés dans le jardin est chronique (long terme). Deux scénarios d'exposition sont retenus en regard d'une utilisation moyenne ou intensive du jardin.

Le calcul de la dose estimée journalière se base sur les recommandations de la U.S. EPA<sup>12</sup> pour le calcul de l'exposition aux métaux lourds à travers l'alimentation :

$$ADD = C \times IR \times EF \times ED \times B_{av} / BW \times AT$$

<sup>11</sup> <https://www.epa.gov/expobox/exposure-assessment-tools-media-food#calculation>

<sup>12</sup> <https://www.epa.gov/expobox/exposure-assessment-tools-routes-ingestion#methods>

En utilisant les paramètres d'exposition suivants (voir **Tableau 4**) :

- **ADD** (*average daily dose*) = dose estimée journalière (mg/kg p.c. par jour). Représente la dose journalière moyenne de zinc après ingestion et absorption, définie pour chaque fruit et légume du panier alimentaire. Ce paramètre est ici modifié pour tenir compte de la biodisponibilité ( $B_{av}$ ) pour obtenir la dose interne effective. L'ADD est calculé séparément pour chaque fruit et légume pour le scénario d'utilisation moyenne ( $ADD_1$ ) et intensive ( $ADD_2$ ).
- **C** = Concentration mesurée dans les fruits et légumes (mg/g). De manière très conservative, on retient ici les concentrations en zinc maximales mesurées pour chaque fruit et légume.
- **IR** (*ingestion rate*) = fréquence d'ingestion journalière pour chaque fruit et légume (g/jour). La valeur médiane menuCH de consommation journalière pour chaque fruit et légume (**Tableau 3**) est retenue.
- **EF** (*exposure frequency*) = fréquence de l'exposition (jours/an), définie en nombre de jours par année en regard de l'utilisation présumée du jardin et des habitudes de consommation pour chaque fruit et légume. On présume de manière conservative que le consommateur mange chaque jour l'ensemble des fruits et légumes analysés (panier alimentaire). Deux scénarios sont considérés ici : ( $EF_1$ ) = 183 jours/an, la durée de consommation retenue est de 6 mois et présume une utilisation moyenne pendant la belle saison seulement (mai-octobre). ( $EF_2$ ) = 365 jours/an, on présume une utilisation intensive du jardin qui fournit des légumes en suffisance pour toute l'année (moyennant par ex. congélation).
- **ED** (*exposure duration*) = durée de l'exposition (ans). Est considérée ici de manière conservative un temps de résidence de 30 ans au même domicile au 90<sup>ème</sup> percentile (USEPA 2011, p. 16-9, 16-130).
- **$B_{av}$**  (*bioavailability*) = biodisponibilité (%). Un taux d'absorption de 60% est retenu. Surestime probablement le taux d'absorption réel, qui varie fortement en fonction de l'état nutritionnel (10%-90%).
- **BW** (*body weight*) = poids (kg). En absence d'information spécifique une valeur par défaut de 70 kg est retenue. Cela correspond aux recommandations de l'EFSA pour la population adulte (> 18 ans) ; bien que cette valeur par défaut conduise dans certains cas à des évaluations des risques moins prudentes que l'utilisation de 60 kg (valeur défaut souvent utilisée par l'OMS), il a été considéré que 70 kg est une estimation plus réaliste du poids corporel moyen de la population européenne (EFSA 2012, p.2).
- **AT** (*average exposure time*) = temps d'exposition moyen (jour), représentant la période de temps sur laquelle la dose est moyennée (i.e.,  $EF \times ED$ , jours par année multipliés par le nombre d'années d'exposition). Deux valeurs d'AT sont utilisées ici, 5490 jours ( $AT_1$ ) et 10950 jours ( $AT_2$ ).

**Tableau 4 : Résumé des paramètres d'exposition utilisés pour l'évaluation**

Paramètre	Définition	Unité	Valeur	Source
ADD	Dose effective journalière moyenne	mg/kg p.c. par jour	Calculée	-
C	Concentration mesurée dans les aliments	mg/kg	Variable	OED 2021
IR	Taux d'ingestion journalier	g/jour	Variable (médiane)	menuCH
ED	Durée de l'exposition	an	30	USEPA 2011
$EF_1$	Fréquence d'exposition	jour/an	183 (scénario 1)	-
$EF_2$	Fréquence d'exposition	jour/an	365 (scénario 2)	-
$B_{av}$	Biodisponibilité (taux d'absorption)	sans unité (ou %)	0.6 (60)	-
BW	Poids corporel	kg	70	EFSA 2012
$AT_1$	Temps moyen d'exposition	jour	5490 (scénario 1)	-
$AT_2$	Temps moyen d'exposition	jour	10950 (scénario 2)	-

Le calcul de l' $ADD_1$  pour le scénario d'utilisation moyenne et le calcul de l' $ADD_2$  pour le scénario d'utilisation intensive sont présentés dans le **Tableau 5** et le **Tableau 6** ci-dessous :

**Tableau 5 : Calcul de la dose journalière de zinc pour une utilisation moyenne du jardin (ADD<sub>1</sub>)**

Fruits et légumes <sup>a</sup>	ADD <sub>1</sub> Dose journalière (mg/kg pc-jour)	C Concentration maximale <sup>b</sup> (mg/g)	IR Taux de consommation journalière <sup>c</sup> (g/jour)	EF <sub>1</sub> Fréquence d'exposition <sup>d</sup> (jour/an)	ED Durée d'exposition (an)	B <sub>av</sub> Taux d'absorption <sup>e</sup>	BW Poids corporel (kg)	AT <sub>1</sub> Temps d'exposition moyen <sup>f</sup> (jour)
Pomme	0.00049	0.00055	207.0	183	30	0.6	70	5490
Petits fruits n.s.	0.00039	0.0036	25.0	183	30	0.6	70	5490
Fraise	0.00185	0.0053	81.1	183	30	0.6	70	5490
Laitue <sup>g</sup>	0.00897	0.072	29.0	183	30	0.6	70	5490
Tomate	0.00044	0.002	51.4	183	30	0.6	70	5490
Carotte	0.00319	0.017	43.7	183	30	0.6	70	5490
Oignon	0.00051	0.013	9.2	183	30	0.6	70	5490
Pomme de terre	0.00576	0.0095	141.0	183	30	0.6	70	5490
<b>Σ<sub>totale</sub> ADD<sub>1</sub></b>	<b>0.0216</b>							

<sup>a</sup> Tous les résultats sont exprimés en termes de matière fraîche ; <sup>b</sup> Données OED 2021 (voir Tableau 1) ; <sup>c</sup> Données menuCH, médiane (*non publiées, communication personnelle, Urs Stadler, OSAV*) ; <sup>d</sup> Tient compte de l'utilisation moyenne du jardin, 6 mois par année ; <sup>e</sup> une biodisponibilité moyenne de 60% est considérée pour convertir la dose externe ingérée en dose interne effective ; <sup>f</sup> équivaut à EF x ED ; <sup>g</sup> Seulement les données pour la laitue ont été utilisées ici, les valeurs pour la salade en général (Salat, Blatt n.s., voir Tableau 3) sont légèrement plus élevées.

**Tableau 6 : Calcul de la dose journalière de zinc pour une utilisation moyenne du jardin (ADD<sub>2</sub>)**

Fruits et légumes <sup>a</sup>	ADD <sub>2</sub> Dose journalière (mg/kg pc-jour)	C Concentration maximale <sup>b</sup> (mg/g)	IR Taux de consommation journalière <sup>c</sup> (g/jour)	EF <sub>2</sub> Fréquence d'exposition <sup>d</sup> (jour/an)	ED Durée d'exposition (an)	B <sub>av</sub> Taux d'absorption <sup>e</sup>	BW Poids corporel (kg)	AT <sub>2</sub> Temps d'exposition moyen <sup>f</sup> (jour)
Pomme	0.00098	0.00055	207.0	365	30	0.6	70	10950
Petits fruits n.s.	0.00077	0.0036	25.0	365	30	0.6	70	10950
Fraise	0.00368	0.0053	81.1	365	30	0.6	70	10950
Laitue <sup>e</sup>	0.01790	0.072	29.0	365	30	0.6	70	10950
Tomate	0.00088	0.002	51.4	365	30	0.6	70	10950
Carotte	0.00637	0.017	43.7	365	30	0.6	70	10950
Oignon	0.00103	0.013	9.2	365	30	0.6	70	10950
Pomme de terre	0.01148	0.0095	141.0	365	30	0.6	70	10950
<b>Σ<sub>totale</sub> ADD<sub>2</sub></b>	<b>0.0431</b>							

<sup>a</sup> Tous les résultats sont exprimés en termes de matière fraîche ; <sup>b</sup> Données OED 2021 (voir Tableau 1) ; <sup>c</sup> Données menuCH, médiane (*non publiées, communication personnelle, Urs Stadler, OSAV*) ; <sup>d</sup> Tient compte de l'utilisation moyenne du jardin, 12 mois par année ; <sup>e</sup> une biodisponibilité moyenne de 60% est considérée pour convertir la dose externe ingérée en dose interne effective ; <sup>f</sup> équivaut à EF x ED ; <sup>g</sup> Seulement les données pour la laitue ont été utilisées ici, les valeurs pour la salade en général (Salat, Blatt n.s., voir Tableau 3) sont légèrement plus élevées.

### 3.3 Caractérisation de l'exposition au zinc dans les jardins de Reconvilier et Loveresse

La somme des doses effectives estimées pour chaque fruit et légume donne la dose totale de zinc en fonction du scénario d'utilisation retenu, soit :

- ⇒ **ADD<sub>1</sub> (utilisation moyenne) = 0.0216 mg Zn/kg p.c. par jour, soit 2.2 mg/jour (arrondi) pour une personne de 70 kg ;**
- ⇒ **ADD<sub>2</sub> (utilisation intensive) = 0.0431 mg Zn/kg p.c. par jour, soit 4.3 mg/jour (arrondi) pour une personne de 70 kg.**

Les doses effectives journalières calculées doivent être interprétées en regard des différents apports alimentaires, car le zinc est abondamment présent dans notre alimentation, ainsi que des besoins nutritionnels qui varient selon les individus, par tranche d'âge et selon le genre. Le SCF a établi des Valeurs Nutritionnelles de Référence (VNR) pour le zinc, à savoir le besoin nutritionnel moyen (BNM)<sup>13</sup> et la référence nutritionnelle pour la population (RNP)<sup>14</sup> qui décrivent la distribution des besoins en zinc au sein d'une population, valeurs auxquelles s'ajoute la Limite Supérieure de Sécurité (LSS) (voir le **Tableau 7**).

Les principales sources d'exposition au zinc dans la vie quotidienne pour la population générale (non-exposée professionnellement) sont les aliments, les compléments alimentaires, ainsi que les boissons et l'eau potable.

- La viande, les légumineuses et légumes secs, les œufs et les produits laitiers, les céréales complètes et les produits à base de céréales sont des sources alimentaires riches en zinc (de l'ordre de 10-50mg/kg de poids brut), tandis que les fruits, les racines et tubercules, et les légumes à feuilles vertes sont des sources plus modestes en zinc (<10 mg/kg) (EFSA 2017 ; WHO/FAO 2004, p.232).
- Selon l'EFSA, sur la base des données de 12 enquêtes alimentaires dans 9 États membre de l'UE, l'apport moyen en zinc variait de 8.0 à 14.0 mg/jour chez les adultes. Les principaux groupes d'aliments contribuant à l'apport en zinc étaient la viande et les produits carnés, les céréales et les produits à base de céréales, ainsi que le lait et les produits laitiers (EFSA 2017, p.46). L'apport quotidien moyen en zinc provenant de l'eau de boisson est estimé à < 0,2 mg/jour (WHO 2001, p.247). L'OMS recommande que les concentrations de zinc dans l'eau potable ne dépassent pas 3 mg/L (SCF 2006, p.192).
- Les concentrations dans les suppléments alimentaires (vendus en vente libre)<sup>15</sup> sont variables mais sont typiquement comprises entre 6 et 50 mg de zinc élémentaire.

On constate que l'ADD<sub>1</sub> et l'ADD<sub>2</sub> calculées représentent entre 16%-28% et 31%-54%, respectivement, de l'apport alimentaire journalier moyen en zinc de 8 à 14 mg chez l'adulte européen (EFSA 2017). Les BNM et les RNP établis pour le zinc varient en fonction du genre et du niveau d'apport en phytate<sup>16</sup> (NAP) journalier (**Tableau 6**). Comparés aux RNP (9.4-16.3 mg/jour chez les hommes, 7.5-12.7 mg/jour chez les femmes), les ADD calculées contribuent entre 13%-23% (ADD<sub>1</sub>) et 26%-46% (ADD<sub>2</sub>) pour les hommes ; et entre 17%-29% (ADD<sub>1</sub>) et 34%-57% (ADD<sub>2</sub>) pour les femmes.

---

<sup>13</sup> Le BNM est l'apport d'un nutriment qui répond aux besoins quotidiens de la moitié des membres d'une population en bonne santé. <https://multimedia.efsa.europa.eu/drvs/index.htm?lang=fr>

<sup>14</sup> La RNP est le niveau d'apport d'un nutriment susceptible de répondre aux besoins quotidiens de presque toutes les personnes (97.5%) d'une population en bonne santé apparente. En supposant que les besoins individuels pour un nutriment soient répartis normalement dans une population, la RNP est calculée comme étant le BNM plus deux fois son écart type. <https://multimedia.efsa.europa.eu/drvs/index.htm?lang=fr>

<sup>15</sup> On notera encore que plusieurs préparations à base de zinc en Suisse sont remises sous ordonnance médicale (liste B) pour le traitement de pathologies liées à une déficience en zinc (par ex. maladie de Wilson, *Acrodermatitis enteropathica* habituellement à des doses élevées) ou en dans des situations de besoin accru en zinc (par ex. grossesse, allaitement, phase post-opératoire, brûlures).

<sup>16</sup> On notera qu'un régime végétarien ou végétalien est associé à des NAP plus élevés, donc à une diminution de l'absorption du zinc, nécessitant des BNM accrus, et l'établissement de RNP plus élevées.

⇒ Ces résultats démontrent que même dans des scénarios qui surestiment l'exposition, on reste en dessous (13%-57%) des RNP pour le zinc (tout genre confondu).

A titre de comparaison, un scénario très pessimiste (*worst-case*), non montré ici, utilisant les données de consommation journalière menuCH au 97.5<sup>ème</sup> percentile pour l'ensemble des fruits et légumes analysés par l'OED (panier alimentaire) aux concentrations maximales mesurées, et pendant une durée de 30 ans (temps de résidence au 90<sup>ème</sup> percentile, USEPA 2011), représenterait une dose effective (ADD<sub>3</sub>) de 0.17 mg de Zn/kg p.c. par jour, soit 11.7 mg pour une personne de 70 kg. Si on étend encore la durée d'exposition sur 70 ans (durée d'une vie humaine par défaut), cela représenterait une dose effective (ADD<sub>4</sub>) de 27.4 mg, de peu supérieure à la LSS de 25 mg/jour.

⇒ On voit donc qu'il y a dépassement de la LSS uniquement dans ce dernier cas de figure extrême et non réaliste. On notera encore les grandes incertitudes liées à l'absence d'informations sur les habitudes de consommation en regard de l'utilisation réelle du potager, et du fait que les autres sources d'expositions au zinc d'origine alimentaire et non alimentaire ne sont pas prises en considération ici.

**Tableau 7 : Valeurs de référence nutritionnelles pour le zinc**

(Source : EFSA, DRV Finder, <https://multimedia.efsa.europa.eu/drvs/index.htm?lang=fr>)

Population cible	Âge	Genre	BNM	RNP	LSS
Nourrissons	7-11 mois	F, H	2,4 mg/jour	2,9 mg/jour	ND
Enfants	1-3 ans	F, H	3,6 mg/jour	4,3 mg/jour	7 mg/jour
Enfants	4-6 ans	F, H	4,6 mg/jour	5,5 mg/jour	10 mg/jour
Enfants	7-10 ans	F, H	6,2 mg/jour	7,4 mg/jour	13 mg/jour
Enfants	11-14 ans	F, H	8,9 mg/jour	10,7 mg/jour	18 mg/jour
Enfants	15-17 ans	H	11,8 mg/jour	14,2 mg/jour	22 mg/jour
Enfants	15-17 ans	F	9,9 mg/jour	11,9 mg/jour	22 mg/jour
Adultes (NAP 300 mg/jour)	≥ 18 ans	H	7,5 mg/jour	9,4 mg/jour	25 mg/jour
Adultes (NAP 600 mg/jour)	≥ 18 ans	H	9,3 mg/jour	11,7 mg/jour	25 mg/jour
Adultes (NAP 900 mg/jour)	≥ 18 ans	H	11 mg/jour	14 mg/jour	25 mg/jour
Adultes (NAP 1200 mg/jour)	≥ 18 ans	H	12,7 mg/jour	16,3 mg/jour	25 mg/jour
Adultes (NAP 300 mg/jour)	≥ 18 ans	F	6,2 mg/jour	7,5 mg/jour	25 mg/jour
Adultes (NAP 600 mg/jour)	≥ 18 ans	F	7,6 mg/jour	9,3 mg/jour	25 mg/jour
Adultes (NAP 900 mg/jour)	≥ 18 ans	F	8,9 mg/jour	11 mg/jour	25 mg/jour
Adultes (NAP 1200 mg/jour)	≥ 18 ans	F	10,2 mg/jour	12,7 mg/jour	25 mg/jour
Femmes enceintes	≥ 18 ans	F	(+) 1.3 mg/jour	(+) 1.6 mg/jour	25 mg/jour
Femmes allaitantes	≥ 18 ans	F	(+) 2.4 mg/jour	(+) 2.9 mg/jour	25 mg/jour

BNM = besoin nutritionnel moyen ; F = Femme ; H = Homme ; LSS = limite supérieure de sécurité ; NAP = niveaux d'apport en phytate ; ND = non déterminé ; RNP = référence nutritionnelle pour la population.

Nota bene :

- (1) Sur la base des données de 12 enquêtes alimentaires dans 9 États membre de l'UE, l'apport moyen en zinc variait de 4,6 à 6,2 mg/jour chez les enfants âgés de 1 à < 3 ans ; de 5,5 à 9,3 mg/jour chez les enfants âgés de 3 à <10 ans ; de 6,8 à 14,5 mg/jour chez les adolescents (10 à <18 ans) et de 8,0 à 14,0 mg/jour chez les adultes (EFSA 2017).
- (2) Pour les nourrissons et les enfants, l'absorption fractionnée du zinc qui a été prise en compte pour établir les RNP se fonde sur les données provenant de régimes mixtes censés contenir des quantités variables de phytate ; par conséquent, aucun ajustement pour l'apport en phytate n'a été jugé nécessaire.
- (3) Pour les adultes, les BNM et les RNP en zinc sont fournis pour quatre NAP : 300, 600, 900 et 1200 mg/jour.
- (4) Pour les femmes enceintes et allaitantes, la valeur doit être ajoutée au BNM/RNP des femmes non enceintes ni allaitantes.

## 4 Évaluation du risque sanitaire

### 4.1 Évaluation avec la méthode de l'indice de risque (Hazard Quotient)

La méthode du quotient (ou indice) de risque (*Hazard Quotient*) a été utilisée pour définir le risque sanitaire pour des effets non cancérogènes pour l'ingestion de chaque fruit et légume. Le HQ représente le rapport de la dose de zinc effective après ingestion à une dose permmissible (i.e. une VRS/HBGV) :

$$\text{HQ} = \text{ADD} / \text{HBGV}$$

- HQ (*hazard quotient*) = indice ou quotient de risque
- ADD (*average daily dose*) = dose estimée journalière de zinc après ingestion
- HBGV (*health-based guidance value*) = valeur de référence de santé (par ex. LSS, RfD, MRL)

Si le HQ est plus petit que 1, on ne s'attend pas à des effets nocifs sur la santé ; si le HQ est égal ou plus grand que 1, des effets néfastes sur la santé sont possibles.

Le calcul pour les deux scénarios d'exposition considérés sont les suivants :

- Pour le scénario d'utilisation moyenne,  $\text{HQ}_1 = \text{ADD}_1 / \text{LSS} = 2.2 \text{ (mg/jour)} / 25 \text{ (mg/jour)} = 0.1$  (arrondi).
- Pour le scénario d'utilisation intensive,  $\text{HQ}_2 = \text{ADD}_2 / \text{LSS} = 4.3 \text{ (mg/jour)} / 25 \text{ (mg/jour)} = 0.2$  (arrondi).

Les indices de risque ainsi calculés sont plus petits que 1 par un facteur 10 et un facteur 5, respectivement. La marge de sécurité est adéquate. Ces résultats montrent que des effets de santé ne sont pas attendus pour les scénarios d'exposition retenus.

⇒ **Le SCAHT conclut donc à l'absence de risque sanitaire lié à la consommation de fruits et légumes cultivés dans les 11 potagers investigués à Reconvilier et Loveresse.**

A titre de comparaison seulement, les scénarios d'utilisation extrême donneraient un  $\text{HQ}_3 = \text{ADD}_3 / \text{LSS} = 11.7 \text{ (mg/jour)} / 25 \text{ (mg/jour)} = 0.5$  (arrondi), et un  $\text{HQ}_4 = \text{ADD}_4 / \text{LSS} = 27.4 \text{ (mg/jour)} / 25 \text{ (mg/jour)} = 1.1$  (arrondi), respectivement. On voit que c'est seulement dans ce dernier cas de figure que l'indice de risque est très légèrement supérieur à 1. Il faut rappeler toutefois qu'un dépassement de la LSS ou un HQ de l'ordre de 11% n'équivaut pas pour autant à un risque pour la santé, a fortiori dans le cas du zinc sur le court à moyen terme, la dose sans effet nocif observé (NOAEL) chez l'homme étant fixée à 50 mg/jour. L'utilisation d'un facteur de sécurité (2x) permet de dériver une VRS qui soit protectrice pour la plus grande partie de la population. Des dépassements de la LSS de 25 mg/jour sont possibles si l'on considère l'ensemble des sources d'exposition potentielles au zinc (non considérées dans le cadre de cette évaluation). On notera en particulier que l'apport en zinc issu de compléments alimentaires (généralement compris entre 6 et 50 mg de zinc élémentaire par jour) peut représenter une source substantielle de zinc chez certaines personnes. Bien que le corps humain ait la capacité de réguler des apports en zinc importants (voir section 2.2), des apports excessifs chroniques peuvent conduire à une perturbation de l'homéostasie du zinc, et à terme à des effets nocifs sur la santé.

## 5 Synthèse et conclusion

**Le SCAHT conclut à l'absence de risque sanitaire pour les propriétaires des 11 parcelles investiguées à Reconvilier et Loveresse.**

Des effets néfastes sur la santé humaine ne sont pas attendus en regard des scénarios d'utilisation moyenne à intensive proposés, basée sur des valeurs médianes de consommation journalières (menuCH) pour l'adulte dans la population générale. En l'absence de données spécifiques sur le profil d'utilisation et de consommation des fruits et légumes dans les potagers de Reconvilier et Loveresse, et au vu des incertitudes pour l'évaluation du risque sanitaire qui en découlent, ces scénarios relèvent d'une approche conservatrice en surestimant la situation exposante.

Les doses effectives calculées  $ADD_1$  et  $ADD_2$  surestiment donc l'exposition liée à la consommation des aliments du jardin pour le panier alimentaire retenu (comprenant l'ensemble des fruits et légumes analysés par l'OED). Seule la construction d'un scénario extrême utilisant les valeurs de consommation journalière au 97.5<sup>ème</sup> percentile, aux concentrations maximales mesurées dans les fruits et légumes, et sur durée de 70 ans montre que la dose effective calculée ( $ADD_4$ ) peut légèrement dépasser (11%) la LSS de 25 mg/jour. Toutefois, ce scénario d'exposition n'est pas considéré comme réaliste. On notera cependant qu'un dépassement de la LSS ne se traduit pas nécessairement par un risque pour la santé humaine, la dose sans effet observé chez l'homme (NOAEL) étant fixée à 50 mg/jour (voir **Tableau 7**).

Ces résultats confirment les conclusions d'autres études sur l'évaluation de la contamination de fruits et légumes par le zinc dans les jardins privés. Une rapide revue des études publiées et revues par les pairs montre qu'il n'existe généralement pas de risque sanitaire (Sipter et al 2008; Zhuang et al 2009 ; Warming et al 2015 ; Roba et al 2016 ; Pipoyan et al 2017 ; Antoniadis et al 2019) ou que le risque sanitaire est jugé peu probable (Hough et al 2004 ; Ćwieląg-Drabek et al 2020) pour les propriétaires de jardins privés contaminés par le zinc (généralement situés en zone urbaine, à proximité de sites pollués ou d'usines métallurgiques) qui consommeraient des légumes cultivés dans leur jardins.

La présente évaluation du risque ne retient que les scénarios d'exposition investigués et fait abstraction de toute autre source additionnelle de zinc par voie orale d'origine alimentaire (par ex. autres fruits et légumes du jardin non couverts par les analyses de l'OED, nourriture en provenance du commerce, boissons) ou non alimentaire (par ex. compléments alimentaires, médicaments) ; ou de sources d'exposition par voie inhalative ou dermale (par ex. dans le cadre de l'activité professionnelle).

L'absence de données spécifiques pour le profil d'utilisation et de consommation des fruits et légumes du jardin représente une source d'incertitude importante pour la présente évaluation (voir **Tableau 8** ci-dessous). Au vu des incertitudes existantes, l'évaluation du SCAHT constitue une analyse de premier niveau (« *first-tier risk assessment* ») qui oriente la méthodologie de travail vers une approche conservatrice qui tend à surestimer la situation exposante et le risque sanitaire.

Cela démontre aussi l'importance de conduire des évaluations du risque qui soient spécifiques pour un site déterminé, et donc la nécessité à générer des données qui informe ce processus (production, consommation, concentrations dans les sols et les fruits et légumes, population-cible, etc), afin de construire des scénarios d'exposition qui soient pertinents et réalistes.

**Tableau 8 : Résumé des sources d'incertitude et impact sur l'évaluation du risque sanitaire**

Sources d'incertitude identifiées	Direction
Manque d'informations sur les procédures analytiques et l'échantillonnage (sols, légumes)	+/-
Incertitude de mesure des résultats analytiques (sols, légumes)	+/-
Données insuffisantes par parcelle (signification statistique et représentativité)	+/-
Manque d'informations pour développer un modèle d'exposition sol-légume ou PBTK	+/-
Manque d'informations sur l'utilisation du jardin (production, consommation)	+/-
Manque d'informations sur les habitudes alimentaires	+(a)
Manque d'informations sur la population-cible (nombre de personnes du foyer, âge, genre)	+(a)
Catégories d'aliments non représentatifs utilisés pour définir la panier alimentaire	+/-
Utilisation des données de consommation journalière médiane menuCH	+/-
Utilisation de la biodisponibilité pour le calcul d'une dose effective	+(a)
Non prise en compte de l'exposition alimentaire totale au zinc	-
Non prise en compte des sources d'exposition au zinc d'origine non-alimentaire	-
<b>Impact sur l'évaluation (tendance)</b>	<b>+(b)</b>

+ incertitude pouvant entraîner une surestimation de l'exposition/du risque.

- incertitude pouvant entraîner une sous-estimation de l'exposition/du risque.

<sup>(a)</sup> Entraîne une approche conservatrice en surestimant la situation exposante, par ex. en se basant sur le scénario le plus défavorable plutôt que sur un scénario réaliste pour évaluer le risque.

<sup>(b)</sup> Entraîne une approche conservatrice en surestimant le risque sanitaire.

## 6 Références

### **Bases de données (références électroniques)**

Pubchem database online, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23994>

IRIS database online, [https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?&substance\\_nmbr=426](https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?&substance_nmbr=426)

HEAST database online, <https://epa-heast.ornl.gov/heast.php>

ECHA registration dossier online, <https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/16146>

ECHA CLP Inventory Summary, <https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/details/16900>

### **Rapports d'évaluation du risque et opinions scientifiques**

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) 2005. TOXICOLOGICAL PROFILE FOR ZINC, U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES Public Health Service. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp60.pdf>

BfR 2004. Verwendung von Mineralstoffen in Lebensmitteln; Toxikologische und ernährungs-physiologische, Aspekte Teil II. [http://www.bfr.bund.de/cm/350/verwendung\\_von\\_mineralstoffen\\_in\\_lebensmitteln\\_bfr\\_wissenschaft\\_4\\_2004.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/350/verwendung_von_mineralstoffen_in_lebensmitteln_bfr_wissenschaft_4_2004.pdf)

ECHA online. Toxicological Summary information is available in the Registration dossier: General Population - Hazard via oral route DNEL. <https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/16146/7/1>

EFSA (European Food Safety Authority) 2006. Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals. Scientific Committee on Food, Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. EFSA Journal 2006; [480 pp.]. <https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/assets/ndatolerableuil.pdf>

EFSA (European Food Safety Authority) 2012. Scientific Committee; Guidance on selected default values to be used by the EFSA Scientific Committee, Scientific Panels and Units in the absence of actual measured data. EFSA Journal 2012; 10(3):2579. [32 pp.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2579>

EFSA (European Food Safety Authority) 2014. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for zinc. The EFSA Journal 2014; 12(10):3844. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/3844.htm>

EFSA (European Food Safety Authority), 2017. Dietary Reference Values for nutrients. Summary Report. EFSA supporting publication 2017:e15121. 98 pp. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2017.e15121>

EFSA (European Food Safety Authority) 2021. EFSA Scientific Committee, More S, Bampidis V, Benford D, Bragard C, Halldorsson T, Hougaard Bennekou S, Koutsoumanis K, Machera K, Naegeli H, Nielsen S, Schlatter J, Schrenk D, Silano V, Turck D, Younes M, Aggett P, Castenmiller J, Giarola A, de Sesmaisons-Lecarre A, Tarazona J, Verhagen H and Hernandez-Jerez A, 2021. Statement on the derivation of Health-Based Guidance Values (HBGVs) for regulated products that are also nutrients. EFSA Journal 2021; 19(3):6479, 39 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6479>

SCF (Scientific Committee on Food), 2000. Guidelines of the Scientific Committee on Food for the development of tolerable upper intake levels for vitamins and minerals. SCF/CS/NUT/UPPLEV/11 Final.

SCF (Scientific Committee on Food) 2003. Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Zinc (expressed on 5 March 2003). SCF/CS/NUT/UPPLEV/62 Final, 19 March 2003, Bruxelles/Brussels, Belgium.

USEPA/IRIS (U.S. Environmental Protection Agency/Integrated Risk Information System) 2005. Chemical Assessment Summary. Zinc and Compounds; CASRN 7440-66-6. U.S. Environmental Protection Agency, National Center for Environmental Assessment. [https://iris.epa.gov/static/pdfs/0426\\_summary.pdf](https://iris.epa.gov/static/pdfs/0426_summary.pdf)

USEPA (U.S. Environmental Protection Agency) 2005. TOXICOLOGICAL REVIEW OF ZINC AND COMPOUNDS (CAS No. 7440-66-6). In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS). EPA/635/R-05/002. July 2005. <https://iris.epa.gov/static/pdfs/0426tr.pdf>

USEPA/HEAST Repository online. Chemical information for Zinc. Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST) Repository. <https://epa-heast.ornl.gov/heast.php>

USEPA (U.S. Environmental Protection Agency) 2011. Exposure Factors Handbook: 2011 Edition. National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC 20460. EPA/600/R-090/052F, September 2011.

WHO (World Health Organization) 2001. Environmental Health Criteria no 221. ZINC. World Health Organization, 2001.

WHO (World Health Organization) 2003. Zinc in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. WHO/SDE/WSH/03.04/17. [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwg/chemicals/zinc.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/chemicals/zinc.pdf)

WHO/FAO (World Health Organization/Food and Agriculture Organization) 2004. Vitamin and mineral requirements in human nutrition. Second edition. World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004.

WHO/JECFA (World Health Organization/ Joint Expert Committee on Food Additives) 1982. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain food additives and contaminants. WHO Food Additives Series, No. 17. <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v17je01.htm>

WHO/IPCS (World Health Organization/International Programme on Chemical Safety) 2002. Principles and methods for the assessment of risk from essential trace elements. Geneva, World Health Organization. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc228.htm>

### **Littérature revue par les pairs**

Antoniadis V, Shaheen SM, Boersch J, Frohne T, Du Laing G, Rinklebe J. Bioavailability and risk assessment of potentially toxic elements in garden edible vegetables and soils around a highly contaminated former mining area in Germany. J Environ Manage. 2017; 186:192-200. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.04.036>

Armstrong D. A survey of community gardens in upstate New York: implications for health promotion and community development. Health Place. 2000; 6:319-27. [https://doi.org/10.1016/s1353-8292\(00\)00013-7](https://doi.org/10.1016/s1353-8292(00)00013-7)

Bisig-Inanir D, Pestoni G, Rohrmann S. Taille des portions calculées à partir de la première enquête nationale sur l'alimentation menuCH. Bulletin nutritionnel suisse. 2021; 95-114. <https://doi.org/10.24444/blv-2021-0211>

Chatelan A, Beer-Borst S, Randriamiharisoa A, Pasquier J, Blanco JM, Siegenthaler S, Paccaud F, Slimani N, Nicolas G, Camenzind-Frey E, Zuberbuehler CA. Major differences in diet across three linguistic regions of Switzerland: results from the first national nutrition survey menuCH. Nutrients. 2017; 9(11):1163. <https://doi.org/10.3390/nu9111163>

Ćwieląg-Drabek M, Piekut A, Gut K, Grabowski M. Risk of cadmium, lead and zinc exposure from consumption of vegetables produced in areas with mining and smelting past. Sci Rep. 2020; 10:3363. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60386-8>

Davis, CD; Milne, DB; Nielsen, FH. (2000) Changes in dietary zinc and copper affect zinc-status indicators of postmenopausal women, notably, extracellular superoxide dismutase and amyloid precursor proteins. Am J Clin Nutr 71:781-788.

Fischer, PW; Giroux, A; L'Abbe, MR. (1984) Effect of zinc supplementation on copper status in adult man. Am J Clin Nutr 40:743-746.

Grafius DR, Edmondson JL, Norton BA, Clark R, Mears M, Leake JR, Corstanje R, Harris JA, Warren PH. Estimating food production in an urban landscape. Sci Rep. 2020; 10:5141. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62126-4>

Grebitus C. Small-scale urban agriculture: Drivers of growing produce at home and in community gardens in Detroit. 2021; PLoS ONE 16(9): e0256913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256913>

Gregory J, Foster K, Tyler H, Wiseman M. 1990. The Dietary and Nutritional Survey of British Adults. London, UK , HMSO.

Hough RL, Breward N, Young SD, Crout NM, Tye AM, Moir AM, Thornton I. Assessing potential risk of heavy metal exposure from consumption of home-produced vegetables by urban populations. *Environ Health Perspect.* 2004; 112:215-21. <https://doi.org/10.1289/ehp.5589>

Intawongse M, Dean JR. Uptake of heavy metals by vegetable plants grown on contaminated soil and their bioavailability in the human gastrointestinal tract. *Food Additives and Contaminants.* 2006; 23:36-48. <https://doi.org/10.1080/02652030500387554>

Kambe T, Tsuji T, Hashimoto A, Itsumura N. The Physiological, Biochemical, and Molecular Roles of Zinc Transporters in Zinc Homeostasis and Metabolism. *Physiol Rev.* 2015; 95:749-84. <https://doi.org/10.1152/physrev.00035.2014>

Kegler MC, Prakash R, Hermstad A, Williamson D, Anderson K, Haardörfer R. Home gardening and associations with fruit and vegetable intake and BMI. *Public Health Nutr.* 2020; 23:3417-3422. <https://doi.org/10.1017/S1368980020001329>

King JC, Shames DM, Woodhouse LR. Zinc homeostasis in humans. *J Nutr.* 2000; 130(5S Suppl):1360S-6S. <https://doi.org/10.1093/jn/130.5.1360S>

Kirkpatrick JB, Davison A. Home-grown: gardens, practices and motivations in urban domestic vegetable production. *Landsc. Urban Plan.* 2018; 170:24-33. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.09.023>

Matthes KL, Zuberbuehler CA, Rohrmann S, Hartmann C, Siegrist M, Burnier M, Bochud M, Zwahlen M, Bender N, Staub K. Selling, buying and eating – a synthesis study on dietary patterns across language regions in Switzerland", *British Food Journal.* 2021. Ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/BFJ-02-2021-0141>

Milne, DB; Davis, CD; Nielsen, FH. (2001) Low dietary zinc alters indices of copper function and status in postmenopausal women. *Nutrition* 17:701-708.

Pipoyan D, Beglaryan M, Costantini L, Molinari R, Merendino N. Risk assessment of population exposure to toxic trace elements via consumption of vegetables and fruits grown in some mining areas of Armenia. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal.* 2017; 24:317-330. <https://doi.org/10.1080/10807039.2017.1381019>

Prasad AS , Beck FWJ & Nowak J. *Journal of Trace Elements in Experimental Medicine.* 1993; 6:109-115.

Roba C, Roșu C, Piștea I, Ozunu A, Baciuc C. Heavy metal content in vegetables and fruits cultivated in Baia Mare mining area (Romania) and health risk assessment. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2016; 23:6062-6073. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4799-6>

Savoie-Roskos MR, Wengreen H, Durward C. Increasing Fruit and Vegetable Intake among Children and Youth through Gardening-Based Interventions: A Systematic Review. *J Acad Nutr Diet.* 2017; 117:240-250. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2016.10.014>

Sipter E, Rózsa E, Gruiz K, Tátrai E, Morvai V. Site-specific risk assessment in contaminated vegetable gardens. *Chemosphere.* 2008; 71:1301-7. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.11.039>

Warming M, Hansen MG, Holm PE, Magid J, Hansen TH, Trapp S. Does intake of trace elements through urban gardening in Copenhagen pose a risk to human health? *Environ Pollut.* 2015; 202:17-23. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.03.011>

Yadrick, MK; Kenney, MA; Winterfeldt, EA. (1989) Iron, copper, and zinc status: response to supplementation with zinc or zinc and iron in adult females. *Am J Clin Nutr* 49:145-150.

Zhuang P, McBride MB, Xia H, Li N, Li Z. Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China. *Sci Total Environ.* 2009; 407:1551-61. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.10.061>

## **7 Annexes**

## Annexe 1 : Dérivation des valeurs sanitaires de référence pour le zinc

**Tableau 9 : Valeurs de référence établies pour le zinc utilisées dans l'évaluation des risques**

Autorité, année	Etude(s)-clé	Study design	Effets observés dans les études-clé	Point de départ (dose) pour dérivation des valeurs de santé	Facteurs de sécurité (incertitude)	Valeur de référence de santé
USEPA/IRIS 2005	Fischer et al 1984; Yadrick et al 1989; Davis et al 2000; Milne et al 2001	Varia: oral route (diet), human volunteers, male and female	Immune system, Hematology <sup>a</sup>	LOAEL = 0.91 mg/kg bw-day <sup>b</sup> NOAEL = none	3-fold UF (intraspecies variability in susceptible human populations)	Chronic oral RfD = 0.3 mg/kg bw-day
USEPA/HEAST online	Yadrick et al 1989	Women (n=18, 25-40 y old) given zinc gluconate supplements twice daily (corresp. 50 mg zinc/day) for 10 weeks	Hematology (decreased blood enzyme) <sup>e</sup>	LOAEL = 1 mg/kg bw-day		Subchronic oral RfD = 0.3 mg/kg bw-day
ATSDR 2005				NOAEL = 0.83 mg/kg bw-day <sup>f</sup>		Intermediate-duration oral MRL = 0.3 mg/kg bw-day <sup>c</sup>
ECHA online	Prasad et al 1993	Men + women given single oral dose of various zinc supplements corresp. 50 mg zinc, aged 51-66 yrs	Toxicokinetics (clinical effects designed as non-adverse)	NOAEL = 0.83 mg/kg bw-day <sup>f</sup>	1-fold UF (unspecified)	DNEL = 0.83 mg/kg-d. <sup>d</sup>
SCF 2003 <sup>c</sup>	Davis et al 2000; Milne et al 2001; Bonham et al 2003a, 2003b.	Short-term human studies, controlled exposure and metabolic conditions	No observed effects on copper indicators/status	NOAEL = 50 mg/person-day	2-fold UF	UL = 25 mg/person-day

DNEL = Derived No Effect Level; MRL = Minimal Risk Level; NOAEL = No Observed Adverse Effect Level; RfD = Reference Dose; UL = Upper Tolerable Intake Level.

<sup>a</sup> Decrease in erythrocyte Cu/Zn-superoxide dismutase (ESOD) activity in healthy adult male and female volunteers, indicative of zinc-associated alterations in copper homeostasis that could lead to oxidative tissue damage.

<sup>b</sup> The dose conversion factor was based on reference adult body weights for the appropriate gender. The total dose was derived from estimations from the FDA Total Diet Study for 1982-1986, plus reported supplemental dose. For example, for the Yadrick et al. (1989) study, the supplemental dose of 50 mg/day was added to the average daily intake of 9.38 mg/day, giving a total intake of 59.38 mg/day. Dividing this by a reference female body weight of 60 kg results in a mean zinc intake of 0.99 (1.0) mg/kg-day. The principal studies identified effect levels of 0.81 mg Zn/kg-day (Davis et al., 2000; Milne et al., 2001), 0.94 mg Zn/kg-day (Fischer et al., 1984), and 0.99 mg Zn/kg-day (Yadrick et al., 1989). Since the four studies have similar methodologies and outcomes with regard to effects, they were averaged together to obtain the LOAEL  $(0.81+0.94+0.99=2.74/3=0.91 \text{ mg/kg-day})$ . (Source: USEPA/IRIS 2005).

<sup>c</sup> It should be noted that the MRL is calculated based on the assumption of healthy dietary levels of zinc (and copper), and represents the level of exposure above and beyond the normal diet that is believed to be without an appreciable risk of toxic response (ATSDR 2005).

<sup>d</sup> No assessment factor is considered to be required as the original dose descriptor has been derived from appropriate human volunteer studies. The toxicity of zinc compounds is well understood and the NOAEL has been based on human experience and data following chronic exposure to zinc through food supplementation (ECHA online).

<sup>e</sup> Decrease in erythrocyte Super Oxide Dismutase (SOD) and serum ferritin levels at 0.83 mg supplemental zinc/kg/day (subclinical effects designated as non-adverse).

<sup>f</sup> 50 mg supplemental zinc/day value is considered to be NOAEL assuming a reference female body weight of 60 kg.

## Annexe 2 : Études de consommation menuCH publiées

**Chatelan et al. (2017)** ont exploré les différences de consommation alimentaire en Suisse alémanique, en Romandie et au Tessin, et ont trouvé que les apports quotidiens moyens pondérés dans chacune de ces régions étaient respectivement de 206 g, 214 g et 168 g pour les légumes. Dix-huit pour cent des participants mangeaient  $\geq 5$  portions de fruits et légumes par jour, sans différences régionales. L'apport alimentaire quotidien moyen en fruits et légumes pour la population totale était d'environ 200 g (brut 204,3 g ; pondéré 203,2 g).

**Bisig-Inanir et al (2021)** fournissent quelques indications sur la variabilité de la taille des portions pour certains aliments, par catégories d'âges et régions linguistiques. Bien qu'il ne s'agisse pas de portions journalières, l'étude montre pour l'ensemble des personnes interrogées, le nombre de fois où les aliments de certaines catégories ont été consommés par jour (*Eating Occasions*, EO) et la quantité de ces aliments consommée en une seule occasion. Il en ressort que les crudités, les légumes cuits (hors conserves), et les fruits crus figurent parmi les aliments les plus consommés en Suisse. L'apport médian par EO, subdivisé en 3 quartiles, est le suivant (**Tableau 10**) :

**Tableau 10 : Apport médian par occasion de consommation pour certains fruits et légumes (menuCH)**

(Source : Bisig-Inanir et al 2021)

Fruits et légumes	1er quartile (g)	Médiane (g)	3 <sup>ème</sup> quartile (g)
Salade verte	20.0	40.0	60.0
Carotte	25.0	50.0	81.0
Tomate	30.7	55.0	102.0
Baies	28.0	57.6	57.6
Pomme	138.0	207.0	207.0
Pomme de terre	97.0	141.0	218.0
Total légumes cuits (h.c)	60.0	101.0	172.0
Total légumes crus	40.0	60.0	126.0
Total fruits cuits (h.c)	38.8	85.6	162.0
Total fruits crus	100.0	138.0	207.0

*h.c.* = hors conserves.

**Matthes et al (2021)** ont analysé et comparé les données des études de consommation disponibles pour la Suisse (*Swiss Survey on Salt, Swiss Food Panel, menuCH*), en combinant les données de consommation, d'achats et de ventes dans les régions germanophone, francophone, et italophone. Un certain nombre de difficultés existent quant à l'interprétation des données, en raison des différences méthodologiques et de questions liées à la représentativité et la comparabilité des études (puissance des études, échantillonnage dans un seul supermarché, durée, région linguistique, bassin ville-campagne), ou l'existence de biais (p.ex. erreurs de classification des catégories d'aliments). Matthes et collègues concluent que la consommation de fruits et légumes est généralement plus haute en Suisse alémanique qu'en Romandie. En ce qui concerne les facteurs influençant la consommation de légumes en Suisse, des facteurs comme le niveau socio-économique et le genre semblent jouer un plus grand rôle que l'âge et les différences culturelles entre les trois régions linguistiques ; tandis que pour la consommation de fruits, le genre, l'âge et le niveau socio-économique sont nettement plus importants que la région linguistique. De petites différences de consommation en fruits et légumes existent entre ville et campagne en Suisse alémanique et en Romandie (comparables), mais les différences ville-campagne sont plus

marquées en Suisse italienne. La nationalité n'apparaît pas comme un facteur déterminant pour expliquer les différences de consommation des fruits et légumes.