

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département des sciences biologiques de l'environnement**  
**Spécialité : Toxicologie Industrielle et environnementale**



**Réf : .....**

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

## **MASTER**

### *Thème*

**Évaluation des dangers et risques toxiques liés à la contamination (chimique et biologique) des aliments et des cultures dans la région de Bejaia**

Présenté par :

**Yalaoui Zineb & Iftissen Ouissem**

Soutenu le : 26/06/2023

Devant le jury composé de :

**Mlle. ABDELLI Meriem**

**MCB**

**Présidente**

**M. MOUSSAOUI Rabia**

**MCB**

**Encadrant**

**Mme. MANKOU Nadia**

**MCB**

**Examinatrice**

**Année universitaire : 2022 / 2023**

## **R**emerciements

**A**près avoir rendu grâce à dieu le tout puissant et le miséricordieux, nous tenons à remercier vivement tous ceux qui, de près ou de loin ont participé à la rédaction de ce document.

**N**ous tenons à remercier d'abord notre encadrant monsieur MOUSSAOUI Rabia, pour le temps qu'il nous a consacré et pour les précieuses informations qu'il nous a prodiguées avec intérêt.

**N**ous adressons aussi nos vifs remerciements aux membres des jurys : Mlle. ABDELLI Meriem et Mme. MANKOU Nadia pour avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

**N**ous exprimons notre profonde gratitude à nos très chers parents, qui nous réservent toujours de la compréhension, de la tendresse et de l'amour.

**E**nfin, nous remercions tous ceux qui ont participé et contribué de loin ou de près à la réalisation de ce modeste travail.

## Dédicaces

Je dédie ce travail :

À maman et papa, vous êtes les piliers de ma vie, mes sources inépuisables d'amour et de soutien. Votre dévoué et vos encouragements indéfectibles m'ont portée tout au long de ce parcours exigeant. Vos sacrifices et votre confiance en moi sont le moteur de ma réussite.

À mon unique frère Nadjim. Tu es bien plus qu'un frère pour moi, tu es mon ami le plus cher et mon compagnon de vie. Tes encouragements constants, ton soutien inconditionnel et ta présence réconfortante ont été essentiels dans mon parcours universitaire.

À mes sœurs Lamia, Nassima et Zira. Votre soutien indéfectible, vos conseils avisés et votre amour sans limite m'ont guidé tout au long de cette aventure académique. Je suis reconnaissante de vous avoir à mes côtés, de pouvoir compter sur votre présence chaleureuse et votre soutien inconditionnel.

À ma binôme Ouissem, Nous avons partagé les hauts et les bas de ce parcours académique ensemble. Ta persévérance, ton intelligence et ton travail acharné ont été une source d'inspiration constante pour moi. Je suis reconnaissante d'avoir eu la chance de travailler avec toi, de partager nos idées et de relever les défis ensemble.

À tous ceux qui ont reçu de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'études, je vous exprime ma reconnaissance la plus profonde. Votre soutien, vos encouragements et vos conseils ont été d'une valeur inestimable pour moi.

*Zineb*

## Dédicaces

Je dédie ce travail :

À mes parents. À ma très chère mère, Je suis très fière et reconnaissante d'être ta fille. À mon cher papa, ton amour inconditionnel a été une source d'inspiration pour réaliser mes objectifs.

À mes sœurs Kamilia, Nabila, Wawa, et ma belle-sœur Syla. Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.

À mes frères Toufik et Bilal, pour leurs encouragements permanents, et pour m'avoir toujours épaulé.

À ma sœur Fahima et mon fiancé Ahmed. Ce travail n'aurait jamais pu être réalisé sans vos aides précieuses et votre présence. Merci d'être à mes côtés dans les moments les plus difficiles de ma vie, vous étiez toujours là pour moi.

À mes chères amies et âmes sœurs, Linda, Tinhinan, Lamia, Meriem, Syla, ..., avec qui j'ai passé les plus beaux jours de ma vie, je vous aime de tout mon cœur.

À mon binôme Zineb qui a été une partenaire de travail exceptionnelle tout au long de ce parcours.

*Ouissem*

### Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Fig.1</b>	Questionnaire portant sur les comportements et les habitudes alimentaires chez la population de Bejaia	22
<b>Fig.2</b>	Fiche d'exploitation portant renseignements demandés auprès des producteurs agricoles et des institutions de wilaya de Bejaia	23
<b>Fig.3</b>	Risques ou dangers potentiels liés au régime et aux habitudes alimentaires chez la population de Bejaia	24
<b>Fig.4</b>	Risques ou dangers potentiels liés aux comportements de consommation et de conservation des aliments chez la population de Bejaia	26
<b>Fig.5</b>	Taux de raccordement des ménages aux réseaux de collecte des eaux usées	28
<b>Fig.6</b>	Taux des implantations industrielles pourvues ou non de STEP	28
<b>Fig.7</b>	Traitements phytosanitaires et danger ou risque chimique potentiel	29

## Liste des abréviations

**ADN** : Acide désoxyribonucléique  
**ARN** : Acide ribonucléique  
**AVC** : Accident vasculaire cérébraux  
**BPA** : Bisphénol A  
**CFC** : Chlorofluorocarbones  
**CIRC** : Centre International de Recherche sur le Cancer  
**DDT**: Dichlorodiphényl-trichloroéthane  
**EST** : Encéphalopathies spongiformes transmissibles  
**ETM** : Éléments Traces Métalliques  
**HAP** : Hydrocarbure aromatique polycyclique  
**HCA** : Amine hétérocyclique  
**LDL** : Mauvais cholestérol  
**LDPE**: Polyéthylène bas densité  
**PBDE** : Polybromodiphényléthers  
**PC** : Polystyrène  
**PCB** : Polychlorobiphényle  
**PCDD/F** : Polychlorodibenzo-para-dioxines  
**PEHD**: Polyéthylènes hauts densité  
**PET**: Polyéthylènes téréphtalate  
**PFC** : Perfluorocarbure  
**POP** : Polluants organiques persistants  
**PPP** : Polypropylène  
**PVC**: Polychlorure de vinyl

## Table des matières

**Remerciements**

**Dédicaces**

**Liste des figures**

**Liste des abréviations**

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I. Risques alimentaires liés à l'utilisation des aliments .....</b>	<b>3</b>
I.1 Risques et dangers liés au régime et aux habitudes alimentaires .....	3
I.1.1 Consommation d'alcool .....	3
I.1.2 Alimentation trop riche en sucre .....	3
I.1.3 Régimes hyperlipidiques .....	3
I.1.4 Alimentation trop salée .....	3
I.1.5 Régimes hyperprotéinés .....	4
I.1.6 Consommation de charcuteries .....	4
I.1.7 Consommation de produits laitiers.....	5
I.1.8 Consommation de féculents .....	5
I.1.9 Déficit en micronutriments .....	5
I.2 Risques et dangers liés aux comportements et aux pratiques de consommation.....	6
I.2.1 Consommation de fruits et légumes contaminés .....	6
I.2.2 Consommation de fruits et légumes malades .....	6
I.2.3 Mode de préparation ou de cuisson des aliments .....	6
I.2.4 Conservation des aliments et dangers alimentaires .....	6
I.2.5 Repas à l'extérieur et risques alimentaires .....	7
<b>Chapitre II. Environnement et salubrité des aliments.....</b>	<b>8</b>
II.1 Qu'entend-on par un polluant (ou contaminant) de l'environnement ? .....	8
II.2 Principaux contaminants de l'environnement .....	8
II.2.1 Contaminants biologiques.....	8
II.2.1.1 Bactéries.....	8
II.2.1.2 Virus .....	9
II.2.1.3 Champignons (levures et moisissures) .....	9
II.2.1.4 Parasites.....	9
II.2.1.5 Toxines algales .....	10
II.2.1.6 Prions.....	10
II.2.2 Contaminants chimiques .....	10
II.2.2.1 Les hydrocarbures .....	10

II.2.2.2 Les matières azotées et phosphorées .....	11
II.2.2.3 Les pesticides.....	11
II.2.2.4 Les détergents et désinfectants .....	13
II.2.2.5 Les plastiques et plastifiants .....	13
II.2.2.6 Les médicaments .....	14
II.2.2.7 Les produits cosmétiques .....	14
II.2.2.8 Les métaux lourds.....	16
II.2.2.9 Autres polluants.....	17
II.2.3 Contaminants physiques .....	17
II.3 Contamination et transfert trophique de polluants de l'environnement.....	18
II.3.1 La chaîne alimentaire vecteur de polluants chimiques (cas de POPs).....	18
II.3.2 Transport et diffusion de contaminants biologiques dans l'environnement (diffusion de bactéries pathogènes dans le sol) .....	19
<b>Chapitre III. Matériel et méthodes .....</b>	<b>20</b>
III.1 Type de l'étude.....	20
III.2 Population cible et recueil de données .....	20
III.3 Présentation et analyses statistiques des données .....	23
<b>Chapitre IV. Résultats et discussion .....</b>	<b>24</b>
IV.1 Dangers ou risques liés au régime et aux habitudes alimentaires .....	24
IV.1.1 Dangers ou risques alimentaires chez la population générale .....	24
IV.1.2 Dangers ou risques alimentaires selon le sexe.....	25
IV.1.3 Dangers ou risques alimentaires selon les tranches d'âge .....	25
IV.2 Dangers ou risques liés aux comportements de consommation et de conservation des aliments .....	26
IV.2.1 Dangers ou risques alimentaires chez la population générale.....	26
IV.2.2 Dangers ou risques alimentaires selon le sexe.....	27
IV.2.3 Dangers ou risques alimentaires selon l'âge.....	27
IV.3 Dangers ou risques liés aux contaminants biologiques et chimiques dans l'environnement .....	28
IV.3.1 Dangers et risques liés aux eaux usées ménagères et industrielles .....	28
IV.3.2 Dangers et risques liés aux moyens de lutte de ravageurs de cultures.....	29
<b>Conclusion.....</b>	<b>30</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>31</b>
<b>Résumé/Abstract</b>	

# **Introduction**

## Introduction

L'alimentation et la santé sont étroitement liées. Une saine alimentation concourt à l'atteinte d'objectifs centraux tels la santé et le bien-être. L'alimentation est l'acte le plus fondamental de tout être humain et celui qui peut avoir le plus d'impact sur sa santé (**Bergadaà & Urien, 2006**).

Si la consommation alimentaire est le fondement de la vie, elle peut aussi représenter un risque vital. De tous les comportements, s'alimenter est sûrement celui qui est le plus intime, car il implique l'incorporation irrévocable d'éléments dans le corps. Une telle interaction peut être intensément satisfaisante, mais s'associe aussi à de risques sérieux pour l'organisme humain (**Crenn, 2020**).

De fait, un régime alimentaire sain et équilibré qui consiste à privilégier les aliments d'origine végétale (légumes et fruits, grains entiers), et des aliments protéinés (poissons, fruits de mer, œufs, volaille), et de limiter la consommation d'aliments hautement transformés est crucial pour notre santé. Tout de même, de mauvais aliments pour la santé (pain à base de farine blanche, frites et chips, charcuteries, ...), tout comme des régimes trop riches en sucres, en gras, en protéines, en féculents ou en sel auraient de conséquences néfastes pour la santé de l'homme (**Borduas, 2008**).

Par ailleurs, les dangers et les risques alimentaires émaneraient aussi des comportements de consommateurs et de l'environnement direct ou indirect des produits végétaux et animaux qu'ils en consomment. Effectivement, les habitudes comme les préparations ou les conservations inappropriées d'aliments, la consommation de fruits et légumes contaminés ou malades, ou manger d'ordinaire dans des restaurants et des fast-foods auraient de facto de l'incidence pour la santé du consommateur (**Seror et al., 2012**). Encore, les activités comme l'industrie, les pratiques agricoles, et les déchets et effluents ménagers sont potentiellement de sources qui contaminent directement les végétaux ou déposent des polluants dans leur environnement direct qu'ils en absorbent et en internalisent éventuellement, et qui à posteriori passent dans les maillons de la chaîne alimentaire (**Couturier & Lévesque, 2019 ; Lesne, 2021**).

En Algérie, face aux comportements de consommation changeant et un environnement notablement différent, il est aujourd'hui important de définir et d'évaluer les risques qui en émergeraient éventuellement. Dans cette étude portée sur la population de Bejaia, nous tenterons d'établir et d'appréhender entre autres, les risques alimentaires associés à la contamination (chimiques ou biologiques) des aliments et de l'environnement, où de prétendus polluants pourraient être éventuellement transférés dans de produits végétaux et animaux

produits localement. Autrement, nous évaluons (1) les risques et les dangers liés à l'utilisation des aliments, et (2) les dangers associés à une contamination éventuelle de cultures et de produits agricoles dans l'environnement. Les données de l'étude ont été recueillies par le biais d'un questionnaire et une fiche d'exploitation renseignés auprès de la population, des producteurs agricoles, et des institutions de la wilaya de Bejaia.

# **Chapitre I. Risques alimentaires liés à l'utilisation des aliments**

### I.1 Risques et dangers liés au régime et aux habitudes alimentaires

#### I.1.1 Consommation d'alcool

L'alcool est une substance psychoactive ayant des effets immédiats sur l'organisme. Des effets qui dépendent surtout de l'alcoolémie mais également des atteintes à long terme même en cas de faible consommation (**Santé Publique France, 2019**).

La consommation régulière d'alcool élève la pression artérielle et augmente le risque d'hypertension. Ainsi, l'alcool favorise les risques d'accidents vasculaires cérébraux (AVC hémorragique) et de fibrillation atriale à partir de 10 g d'alcool par jour chez les hommes et de 30 g chez les femmes (**Santé Publique France, 2019**). Par ailleurs, la consommation de l'alcool à terme entraînerait la perte du tissu cérébral et favorise certains cancers chez les consommateurs ; cancers de la bouche, de la gorge, du larynx, de l'œsophage, du sein, du foie, et du côlon (**Biron Groupe Santé, 2023**).

#### I.1.2 Alimentation trop riche en sucre

Le sucre joue un rôle important dans notre alimentation. Toutefois, de multiples études ont démontré aussi que le sucre favorisait, outre le diabète et l'obésité, de nombreuses autres maladies. En augmentant le taux de triglycérides et de cholestérol, le sucre fait le lit de l'hypertension et des maladies cardiovasculaires. Outre cela, le sucre favorise le développement de certains cancers : côlon, estomac, pancréas, utérus et sein (**Leny, 2011**).

#### I.1.3 Régimes hyperlipidiques

Les lipides sont très énergétiques ; 1 g de lipides apporte tout simplement 9 calories (contre 4 pour les protéines et les glucides). Non utilisés, ils sont stockés dans les graisses et les tissus adipeux. En fait, les lipides ne devraient pas représenter plus de 30 % des apports caloriques de notre alimentation quotidienne. Concrètement, un homme ne devrait pas consommer plus de 25 g de graisses saturées par jour, et une femme pas plus de 21 g. Si les graisses en veulent à notre silhouette, elles en veulent aussi à notre santé. Effectivement, les acides gras saturés, provenant surtout des graisses d'origine animale, consommées en trop grande quantité augmentent le risque d'excès de cholestérol. On parle d'hypercholestérolémie à partir d'un taux de LDL de 2 g par litre de sang. Ce mauvais cholestérol va se déposer dans les artères et peut engendrer des maladies cardiovasculaires (**Ker Armel, 2017**).

#### I.1.4 Alimentation trop salée

Le sel ou chlorure de sodium, est un minéral présent dans l'organisme, notamment dans le plasma. Il est indispensable à la transition de l'influx nerveux et à la contraction musculaire, sa concentration dans le sang et le liquide interstitiel conditionne la quantité d'eau présente dans les cellules et le volume sanguin (**Feillet, 2021**).

En cas de surconsommation de sel, plusieurs pathologies peuvent survenir : l'hypertension artérielle, rétention d'eau, vieillissement de la peau, maladies cardiovasculaires, augmentation des risques de déclin cognitif, risques d'œdèmes, insuffisance cardiaque ou rénale, ... etc. Autrement, l'excès de sel augmente l'élimination urinaire du calcium et pourrait ainsi favoriser la formation de calculs rénaux à base de calcium. Le risque d'ostéoporose peut également survenir dû à la fuite de sodium dans les urines (**Mühlemann, 2019**).

### I.1.5 Régimes hyperprotéinés

Un régime hyperprotéiné n'est pas dénué de conséquence sur la santé. En effet, cet excès de consommation va saturer les voies d'éliminations (**Remond, 2019**).

De fait, certains acides aminés (cétoformateurs) vont ainsi se transformer en graisses corporelles, à l'origine d'une prise de poids et d'adiposité. D'autres (glucoformateurs) se transformeront en glycogène à des fins énergétiques (**Remond, 2019**).

Aussi, la dégradation des protéines en excès aboutit à la formation d'urée, d'acide urique, d'ammoniaque. Ces composés particulièrement acides nuisent à la santé.

Encore, l'hyperuricémie, l'hyperamoniémie et d'une façon plus générale l'acidité corporelle, sont reconnues pour favoriser l'apparition de crise de goutte, mais aussi de blessures sportives telles que les tendinopathies ou les blessures musculaires. S'y ajoutent plusieurs désordres électrolytiques. Avec notamment la fuite de calcium induite par l'élimination du soufre issu de la dégradation des acides aminés soufrés (Cystéine, Méthionine) (**Remond, 2019**).

### I.1.6 Consommation de charcuteries

Qu'elles soient à base de viande de bœuf, de porc ou de volaille, la charcuterie est un aliment transformé et préparé suivant un processus assez particulier qui leur donne un goût agréablement délicieux et auquel on a du mal à résister. À cela s'ajoute une méthode de conservation au sel. De par la combinaison de ces deux procédés, elle devient une source de matières grasses riches en acides gras saturés. À titre de référence, les saucissons et les pâtés contiennent 30 % de matières grasses. Ce pourcentage augmente même jusqu'à 50 % pour le foie gras (**Hébel, 2019**).

La consommation non modérée de charcuterie augmente les risques de maladies cardiovasculaires. Source de matières grasses et riches en acides gras saturés, cet aliment augmente rapidement le taux de mauvais cholestérol qui favorise l'athérogénèse, c'est-à-dire le dépôt de cholestérol sur les parois des vaisseaux sanguins. Ce phénomène obstrue ainsi la circulation sanguine et favorise l'apparition de maladies cardiovasculaires. D'abondant, la charcuterie consommée sans modération est cancérigène pour l'Homme. Il s'avère en effet que les acides gras saturés présents dans ce type d'aliment favorisent également la prolifération de

différentes tumeurs. Parmi les cas de cancers les plus associés à la consommation abusive de charcuterie, on note en particulier le cancer colorectal, celui de la prostate et du pancréas (Gregori *et al.*, 2019).

### I.1.7 Consommation de produits laitiers

De multiples études avaient établi un lien entre la consommation de produits laitiers et certaines maladies, comme l'hypertension, le diabète de type 2, les maladies cardiovasculaires ou encore certains cancers. Tout de même, des travaux de recherche menés auprès de plusieurs centaines de milliers de personnes sans maladie cardiovasculaire ni cancer au départ concluent qu'il n'existe pas de risque accru de mortalité lié à la consommation modérée ou excessive de produits laitiers (Krieger, 2019).

### I.1.8 Consommation de féculents

La famille des féculents regroupe les aliments céréaliers ou aliments d'origine céréalière (riz, semoule, blé etc.), les légumes secs et légumineuses (lentilles, pois chiches, pois cassés, flageolets, haricots blancs, haricots rouges, fèves), les pommes de terre, le manioc et son dérivé le tapioca. Ils fournissent des protéines végétales et des glucides complexes indispensables, en particulier aux muscles et au cerveau. Les céréales complètes sont également riches en fibres. Même s'ils sont indispensables pour apporter de l'énergie à notre corps, ils ne sont pas tous égaux sur le plan nutritionnel. Il faut privilégier les féculents non raffinés (grains entiers) et les légumes. Les féculents raffinés (riz blanc, pain blanc) sont à éviter car ils augmentent rapidement la glycémie, le taux de sucre dans le sang, et favorise la prise de poids, le développement du diabète et de troubles cardiovasculaires (Costil *et al.*, 2014).

### I.1.9 Déficit en micronutriments

Les carences alimentaires ont de multiples conséquences sur la santé. Des apports insuffisants en fer s'accompagnent par exemple d'une anémie générale et d'une moindre résistance aux infections. Un manque de vitamine B12 entraîne des troubles digestifs, un fourmillement et engourdissement des membres et un essoufflement. Dans les cas graves, les carences se transforment en maladies potentiellement mortelles. Une carence en vitamine D est associée au rachitisme ou à l'ostéomalacie, une carence en vitamine C conduit au scorbut et un grave manque de vitamine A amène à la xérophtalmie entraînant une cécité. De manière générale, une carence affaiblit l'organisme et augmente aussi la probabilité de survenue de beaucoup d'autres maladies plus ou moins graves (Sylla, 2014).

### I.2 Risques et dangers liés aux comportements et aux pratiques de consommation

#### I.2.1 De fruits et légumes contaminés

Les fruits et légumes peuvent être contaminés par des virus ou des pathogènes lors de leur transport ou leur manutention. De plus, 72,6 % des fruits et 41,1 % des légumes non-bio contiennent des traces de pesticides, d'après un rapport de l'organisation non-gouvernementale Générations Futures, paru en février 2018. Le rinçage des fruits et légumes est donc recommandé pour éviter toute contamination et pour les débarrasser des pesticides (**Organisation Mondiale de la Santé, 2023**).

#### I.2.2 Consommation de fruits et légumes malades

En général les attaques fongiques et arthropodiennes (insectes, acariens...) ne provoquent pas la synthèse de substances toxiques au niveau des fruits et légumes. Hormis l'impact visuel, la consommation de larves d'insectes a peu d'impact sur la santé. Chez certaines plantes comme les rutacées, les attaques de parasites peuvent favoriser la production de substances phototoxiques (furocoumarines) mais à des concentrations qui ne devraient pas porter atteinte à la santé humaine d'autant qu'on les trouve surtout dans la partie péricarpique (la peau des oranges par exemple). Tout de même, la consommation de fruits et légumes malades ne devrait pas se faire avec glotonnerie et de façon addictive (**Combris *et al.*, 2008**).

#### I.2.3 Mode de préparation ou de cuisson des aliments

La cuisson à haute température au-dessus de 120°, est à éviter au maximum. Les frites, rôtis, aliments grillés dans la poêle, et les aliments industriels (chips, céréales du petit déjeuner, biscuits, ...) soumis à des traitements à haute température sont nocifs pour la santé, et probablement cancérigènes, car la cuisson brutale favorise la production d'une substance problématique, l'acrylamide (**Coumoul, 2016**).

Plusieurs études récentes ont démontré que lorsque la viande et le poisson sont carbonisés ou cuits à feu vif, ils produisent des substances chimiques cancérigènes appelées amines hétérocycliques (HCA) et hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Ce phénomène s'explique par le fait que lorsque la graisse de la viande ou du poisson tombe sur les braises, de la fumée se produit. Or, ces fumées sont plus ou moins riches en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), et notamment en benzopyrène, un cancérigène que l'on retrouve également dans la fumée de cigarette (**Coumoul, 2016**).

#### I.2.4 Conservation des aliments et dangers alimentaires

La conservation des aliments est souvent une source de contamination. En effet, certains aliments représentent de véritables bouillons de culture pour les bactéries. La contamination

peut être liée à la préparation avec des contaminations accidentelles ou liée à la mauvaise conservation des aliments (rupture de la chaîne du froid) (**Merrad, 2020**).

Par ailleurs, il existe différents transferts de matière potentiellement toxiques susceptibles d'intervenir dans le système aliment/contenant dus à (**Severin et al., 2010**) :

- . La migration de substances présentes dans le matériau d'emballage vers le produit ;
- . La perméation de gaz vers l'aliment.

### **I.2.5 Repas à l'extérieur**

Manger trop souvent à l'extérieur (restaurants, fasts-food) vous expose à des taux plus élevés de phtalates que quand vous mangez chez vous. Ces substances chimiques sont classées cancérigènes et sont susceptibles d'être des perturbateurs endocriniens. Réellement, Une étude publiée par l'Université George Washington rapporte que les taux de phtalates retrouvés chez les personnes qui vont régulièrement manger à l'extérieur sont 35 % plus élevés que chez les personnes qui achètent et cuisinent des aliments achetés en supermarché. Les fasts-food constituent une source importante de phtalates (**Polsky et al., 2016**).

## **Chapitre II. Environnement et salubrité des aliments**

### II.1 Qu'entend-on par un polluant (ou contaminant) de l'environnement ?

D'après **Larousse (2023)**, l'environnement est l'ensemble des éléments biotiques (ensemble des interactions du vivant sur le vivant dans un écosystème ; ressources alimentaires, relations trophiques de prédation, coopération, compétition, parasitisme, etc) ou abiotiques (ensemble des facteurs physico-chimiques d'un écosystème ayant une influence sur une biocénose donnée ; action du non-vivant sur le vivant) qui entourent un individu ou une espèce et dont certains contribuent directement à subvenir à ses besoins , ou encore l'ensemble des conditions naturelles (physiques, chimiques, biologiques) et culturelles (sociologiques) susceptibles d'agir sur les organismes vivants et les activités humaines .

Un polluant est une substance naturelle ou artificielle qui est introduite dans un milieu où elle était absente ou présente en quantité différente. Ceci revient à définir, le polluant comme un altéragène ou contaminant biologique (bactéries, virus, champignons, parasites, toxines algales, prions), chimique (plastifiants, détergents, métaux, hydrocarbures, pesticides, cosmétiques, ou encore les médicaments), ou physique (radioactivité, chaleur, ...) d'un ou plusieurs compartiments des écosystèmes (air, eau, sol) et/ou d'un organisme vivant, qui au-delà d'un certain seuil, développerait des impacts négatifs sur tout ou une partie d'un écosystème ou de l'environnement en général (**Caumette et al., 2012**).

### II.2 Principaux contaminants de l'environnement

#### II.2.1 Contaminants biologiques

##### II.2.1.1 Bactéries

Les bactéries sont des microorganismes unicellulaires existant dans divers habitats. Elles peuvent vivre librement (dans le sol, l'air ou l'eau) ou en symbiose (dans l'intestin ou les muqueuses des animaux et des humains) (**Burduniuk, 2019**).

On trouve les bactéries dans tous les types d'environnement présents dans la nature : ils colonisent tous les écosystèmes, comme les sols, les eaux douces et les eaux marines, l'air, mais aussi des environnements plus hostiles tels que les pôles, les déserts, les geysers, le fond des océans, etc. De nombreux micro-organismes sont associés aux plantes ou aux animaux avec lesquels ils peuvent entretenir des relations de symbiose, de commensalisme ou de parasitisme. Certains micro-organismes peuvent être pathogènes, c'est-à-dire entraîner une maladie chez les plantes ou les animaux (**Burduniuk, 2019**).

### II.2.1.2 Virus

Contrairement aux autres microorganismes, les virus actifs sont constitués de segments uniques d'ADN ou d'ARN contenus dans une mince couche de protéines et ne peuvent survivre sans leurs hôtes vivants. Selon la combinaison d'ADN ou d'ARN et la couche de protéines, les virus peuvent être très infectieux et souvent pathogènes. Ils se multiplient en s'introduisant dans une cellule hôte dont ils modifient la fonction pour qu'elle réplique des composantes virales (**Kouba, 2002**).

Les virus sont omniprésents dans les environnements aquatiques naturels où ils représentent l'entité biologique la plus importante. Leur abondance, dominée par les bactériophages, varie généralement entre  $10^7$  et  $10^8$  particules par mL. Ils représentent le deuxième réservoir de biomasse carbonée dans les écosystèmes marins après les procaryotes. Dans les environnements aquatiques anthropiques, se surajoutent des virus humains à tropisme intestinal qui peuvent être à l'origine de pathologies variées dans l'espèce humaine. Les virus peuvent également contaminer l'air, l'alimentation, les surfaces, les instruments, les jouets, les mains des soignants, ... ; ces médias deviennent alors des réservoirs à l'origine d'infections virales humaines qui, lorsqu'elles surviennent à l'hôpital, constituent des infections nosocomiales (**Kouba, 2002**).

### II.2.1.3 Champignons (levures et moisissures)

Les levures sont des champignons microscopiques de type unicellulaire. Les cellules des levures peuvent avoir des formes variées et leur taille est grande par rapport à celles des bactéries variant entre 4 à  $15 \mu m$  (**Bourgeois & Leveau, 1991**).

Les moisissures désignent des champignons microscopiques qui poussent dans des formes de filaments multicellulaires ou unicellulaires. Les moisissures se développent sous l'influence de l'humidité de l'air, d'une certaine température et à faible luminosité (**Bourgeois & Leveau, 1991**).

Les moisissures poussent sur du vieux pain, des fruits pourris, du cuir, du bois, du papier et de nombreux autres matériaux. En alimentation, une moisissure est souvent un contaminant. (**Aquaportail, 2011**).

### II.2.1.4 Parasites

Les parasites sont des organismes qui dérivent leur nourriture et leur protection d'autres organismes vivants, qu'on appelle des hôtes. Bien que cette définition s'applique en réalité à de nombreux microbes, y compris les bactéries, les champignons et les virus, les médecins utilisent le terme « parasites » pour désigner (**EFSA, 2020**) :

- . Les protozoaires (comme les amibes), qui ne sont composés que d'une cellule ;
- . Les vers (helminthes), de plus grande taille et composés de nombreuses cellules et dotés d'organes internes.

Certains parasites peuvent se transmettre directement ou indirectement entre l'animal et l'homme via la consommation d'aliments ou d'eau contaminés. Les effets sanitaires des infections par des parasites sont très variables en fonction du type de parasite ; ils peuvent engendrer une gêne légère ou des maladies débilitantes, et peuvent même engager le pronostic vital. Des parasites peuvent également se transmettre à l'homme ou à d'autres animaux par d'autres moyens, par exemple des vecteurs (EFSA, 2020).

### II.2.1.5 Toxines algales

Certaines espèces de cyanobactéries produisent des toxines appelées cyanotoxines. Les toxines les plus connues sont les microcystines, les nodularines, les cylindrospermopsines, les anatoxines, les saxitoxines et leurs dérivés (Brehmer *et al.*, 2021).

Les cyanobactéries se développent principalement en été dans des eaux comme les lacs, les étangs et certains cours d'eau et provoquent un changement de couleur de l'eau. Si elles se retrouvent naturellement dans les écosystèmes aquatiques, leur prolifération, conséquence d'un apport en nutriments trop important dans les lacs et les rivières, devient une préoccupation croissante du fait des conséquences écologiques, sanitaires et économiques qu'elle entraîne (Brehmer *et al.*, 2021).

### II.2.1.6 Prions

Le prion est un type de protéine dont la conformation ou le repliement est anormal et capable de transmettre cette forme mal repliée à des variantes normales de la même protéine. Ces prions dits pathogènes caractérisent plusieurs maladies neurodégénératives mortelles et transmissibles chez l'homme et de nombreux autres animaux (Daskalov *et al.*, 2021).

On distingue les prions de mammifères qui infectent l'humain et différentes espèces animales, des prions retrouvés chez les champignons comme chez *Saccharomyces cerevisiae* (levure de boulanger). Les prions de mammifères sont les agents causaux responsables des encéphalopathies spongiformes transmissibles (EST) ou maladies à prion (Daskalov *et al.*, 2021).

## II.2.2 Contaminants chimiques

### II.2.2.1 Les hydrocarbures

Un hydrocarbure est un composé organique contenant exclusivement des atomes de carbone (C) et d'hydrogène (H). On le trouve à l'état liquide (pétrole), solide (charbon) et

gazeux (gaz naturel). Depuis la révolution industrielle, ces hydrocarbures constituent la principale ressource énergétique : 80 % de l'énergie consommée dans le monde est issue de ces hydrocarbures fossiles (**Lemond.fr, 2018**).

Les hydrocarbures liquides (pétrole) sont notamment rejetés en mer, affectant les écosystèmes marins. La combustion d'hydrocarbures quant à elle, est une source majeure de pollution de l'air (en ville notamment) et d'émission de gaz à effet de serre, responsables du réchauffement climatique actuel (**Lemond.fr, 2018**).

### II.2.2.2 Les matières azotées et phosphorées

Ces matières ont pour principales origines (**Pflimlin et al., 2006**) :

. **Les épandages agricoles** excessivement riches en engrais (azote et phosphore) qui peuvent atteindre les milieux aquatiques (lacs et cours d'eau) par ruissellement ou infiltration de l'eau de pluie notamment ;

. **Les rejets industriels ou urbains (eaux usées)** qui peuvent être riches en nitrates, ammonium, matière organique non traitée (due aux excréments notamment) et en phosphates (présents dans les produits lave-vaisselle).

Ces matières sont à l'origine d'une forme particulière de pollution : l'eutrophisation (ou dystrophisation). Ce type de pollution se produit lorsqu'un milieu aquatique reçoit trop de matières nutritives assimilables par les algues et que celles-ci prolifèrent (**Pflimlin et al., 2006**).

### II.2.2.3 Les pesticides

Les pesticides sont des produits (composés chimiques) répandus volontairement dans l'environnement pour lutter contre les organismes vivants jugés nuisibles : animaux, végétaux, micro-organismes. Ils sont principalement utilisés par les agriculteurs pour lutter contre les animaux (insectes, rongeurs) ou les plantes (champignons, mauvaises herbes) jugés nuisibles aux plantations (**Hassaan & El Nemr, 2020**).

Les principaux pesticides utilisés actuellement appartiennent à quelques grandes familles chimiques (**Hassaan & El Nemr, 2020**) :

. **Les organochlorés (hydrocarbures chlorés)**, comme le DDT synthétisé dès les années 1940, sont des pesticides très stables chimiquement. Le DDT a été utilisé partout dans le monde dans la lutte contre les insectes, jusqu'à ce que l'on découvre qu'il était peu dégradé et pouvait se concentrer dans les organismes en bout de chaîne alimentaire, par bioaccumulation, avec des risques certains pour la santé humaine.

. **Les organophosphorés** sont des composés de synthèse qui se dégradent assez rapidement dans l'environnement mais qui ont des effets neurotoxiques sur les vertébrés.

. **Les pyréthroïdes** sont des insecticides de synthèse très toxiques pour les organismes aquatiques.

. **Les carbamates**, très toxiques, sont utilisés comme insecticides et fongicides.

. **Les phytosanitaires**, qui regroupent un très grand nombre de produits de la famille des triazines ou des fongicides, représentent plus de la moitié du tonnage annuel des pesticides utilisés en France.

Malheureusement, tous les pesticides épandus ne sont pas piégés dans les organismes ciblés. Une grande partie d'entre eux est dispersée dans l'atmosphère, soit lors de leur application, soit par évaporation ou par envol à partir des plantes ou des sols sur lesquels ils ont été répandus. Disséminés par le vent et parfois loin de leur lieu d'épandage, ils retombent avec les pluies directement sur les plans d'eau et sur les sols d'où ils sont ensuite drainés jusque dans les milieux aquatiques par les eaux de pluie (ruissellement et infiltration). Les pesticides sont ainsi aujourd'hui à l'origine d'une pollution diffuse qui contamine toutes les eaux continentales : cours d'eau, eaux souterraines et zones littorales (**Hassaan & El Nemr, 2020**).

Cependant, la source la plus importante de contamination par des pesticides demeure la négligence (**cnrs.fr, 2011**) :

- . Stockage dans de mauvaises conditions ;
- . Techniques d'application défectueuses ;
- . Rejet sans précaution de résidus ou d'excédents,
- . Ou encore pollutions accidentelles comme, par exemple, lors du rejet accidentel de 1 250 tonnes de pesticides dans le Rhin, en novembre 1986.

Les effets de ces substances sur les écosystèmes aquatiques sont avérés. Il peut s'agir de :

- . Effets directs dus à la toxicité chronique (sur le long terme) des molécules ;
- . Ou d'effets indirects dus à l'action des pesticides qui modifie l'écosystème : par exemple altération des populations de certains prédateurs, du fait de la diminution des insectes nuisibles qui constituent leurs proies.

Les effets sur la santé humaine ont été démontrés dans le cas de populations exposées professionnellement (agriculteurs en particulier). Aucun effet direct n'a, pour l'instant, été démontré en ce qui concerne la santé des particuliers en relation avec la consommation de produits alimentaires contenant des traces de pesticides. Du fait de la plus grande sensibilité des fœtus et des jeunes enfants, il est cependant nécessaire de rester très vigilants (**Eaumelimelo, 2014**).

### II.2.2.4 Les détergents et désinfectants

Un détergent (ou agent de surface, détersif, surfactant) permet de nettoyer une surface, un objet, la peau, etc. C'est un composé chimique capable d'éliminer les graisses et d'enlever les salissures. Exemples : alkylsulfates, ammoniums quaternaires (**Mousavi & Khodadoost, 2019**).

Un désinfectant (ou biocide) permet de désinfecter. C'est un produit qui détruit les bactéries, les virus ou les champignons. Exemples : eau de javel, le triclosan.

Ces produits entrent dans la composition des produits d'entretien (produits de nettoyage du sol, lessives, etc.) mais aussi dans celle de la plupart des cosmétiques (shampooings, gels douches, crèmes à raser, produits de maquillage, produits solaires, dentifrices, ...). Ils sont également utilisés dans de nombreuses industries : textiles, cuir, métallurgie, ... (**cnrs.fr, 2011**).

Ces produits présentent tout d'abord des risques pour la santé des utilisateurs. On sait par exemple que l'eau de javel, utilisée régulièrement, augmente significativement le risque d'infections respiratoires chez l'enfant (**ADEME, 2017**).

Après usage, la plupart des produits se retrouvent dans les eaux usées, qui sont ensuite traitées par une station d'épuration ou un système d'assainissement individuel. Malheureusement, ce traitement ne permet pas d'éliminer totalement ces produits polluants, et une partie se retrouve dans le milieu naturel (**Mousavi & Khodadoost, 2019**).

On sait que certains produits détergents, bien qu'ils aient l'obligation d'être biodégradables à 90%, peuvent se révéler toxiques pour les organismes aquatiques, en raison de leurs propriétés agressives. Par exemple, les alkylphénols polyéthoxylates sont des détergents anioniques régulièrement détectés dans les eaux usées et dans les milieux aquatiques et dont la toxicité sur des organismes de laboratoire est avérée à très faible dose (**Venhuis, 2004**). Il a également été montré qu'une pollution par les détergents pouvait augmenter la solubilité d'autres polluants dans les sols qui sont ainsi plus facilement absorbés par les organismes vivants (**Venhuis, 2004**).

### II.2.2.5 Les plastiques et plastifiants

Les matières plastiques sont des matériaux obtenus par polymérisation de composés (éthylène, propylène, styrène, ...) issus principalement du vapocraquage d'hydrocarbures eux-même provenant de la distillation du pétrole. Il en existe de très nombreux types qui se présentent sous des formes variées ; les polyéthylène téréphtalate (PET), les polyéthylène haute densité (PEHD), les polychlorure de vinyle (PVC), les polyéthylène basse densité (LDPE), les

polypropylène (PP), les polystyrène (PS), et les autres (**Toubal, 2006**).

Un plastifiant, c'est une molécule, à l'état solide ou à l'état liquide, qui est ajoutée aux formulations de différents types de matériaux pour les rendre plus flexibles, plus résistants, plus résilients et/ou plus faciles à manipuler. Un plastifiant rend par exemple le plastique souple et flexible. Les exemples typiques de plastifiants sont le bisphénol A (BPA) et les phtalates (**Pevzner, 1975**).

Les plastiques et plastifiants se retrouvent dans l'environnement à la suite de rejets d'industries productrices, de rejets par les stations d'épuration ou encore de rejets sauvages. Concernant les plastiques, tout le monde a en tête l'image du 8<sup>ème</sup> continent, cette immense soupe de plastique située dans le nord-est de l'océan pacifique et qui s'étend sur une surface de 1.6 million de km<sup>2</sup> (**Belamie, 1974**).

De même, on retrouve des plastifiants dans l'air, dans l'eau et dans les sols à des concentrations certes faibles, mais dont on ignore les effets sur l'environnement à long terme, d'autant plus que le BPA et plusieurs phtalates sont suspectés d'avoir des effets perturbateurs endocriniens (troubles de la reproduction, etc.) sur l'homme et sur la faune (**Bocken, 2001**).

### II.2.2.6 Les médicaments

Plusieurs types de médicaments à usage humain et vétérinaires sont actuellement disponibles sur les marchés internationaux. Les substances actives contenues dans ces médicaments se caractérisent par des structures chimiques très variées. Une fois que ces médicaments ont agi dans l'organisme, ils sont excrétés, essentiellement dans les selles et les urines, puis sont rejetés dans les réseaux d'eaux usées (médicaments humains) et dans les sols (médicaments vétérinaires). Ces résidus de médicaments se retrouvent donc d'une manière ou d'une autre dans notre environnement direct ou indirect (**MEDDTL, 2011**).

Une fois que ces résidus de médicaments se retrouvent dans l'environnement, ils peuvent contaminer les organismes vivants et potentiellement les affecter, surtout s'ils sont bioaccumulables (peuvent s'accumuler au cours du temps dans l'organisme). Les médicaments étant, de plus, des substances créées et prescrites au patient en raison de leurs effets dans l'organisme, on peut supposer qu'elles peuvent également induire des effets chez les autres êtres vivants (**Chapuis et al., 2016**).

### II.2.2.7 Les produits cosmétiques

Nous les utilisons tous les jours : gels douches, shampoings, soins capillaires, déodorants, dentifrices, crèmes solaires, ... Il se vend par exemple près de 6 shampoings chaque seconde en France soit près de 200 millions de bouteilles par an (**Planetoscope, 2013**).

Ces produits cosmétiques contiennent pourtant des produits chimiques potentiellement toxiques pour l'Homme et l'environnement. Agents nettoyants (composés anioniques, ...), conservateurs antibactériens (parabènes, triclosan, ...), agents moussants, émulsifiants, additifs, peuvent donc être considérés comme des polluants (**Onema, 2009**).

Prenons 3 exemples :

. **Les conservateurs antibactériens** : le triclosan, détecté à l'état de traces dans les eaux de surface, le lait maternel et les urines, est classé par la Commission Européenne comme « très toxique pour les organismes aquatiques » et pourrait même présenter un risque pour la santé publique, en rendant certaines bactéries résistantes à des antibiotiques. Concernant les parabènes, largement répandus dans les cosmétiques, le débat reste ouvert quant aux possibles effets sur la reproduction à faible dose et les recherches se poursuivent (**Norwegian Scientific Committee for Food Safety, 2005 ; Onema, 2009**).

. **Les parfums** comme le muscxylène ou la célestolide sont détectés dans les milieux aquatiques et dans les organismes, à des concentrations parfois assez élevées (jusqu'à 11,5 µg/g de lipide chez la moule bleue). Une étude de **Luckenbach (2005)** semble montrer que ces substances peuvent avoir des effets chimio-sensibilisants, c'est à dire qu'ils permettraient à certains composés toxiques de pouvoir accéder à la cellule alors qu'ils sont normalement bloqués par la paroi. Comme pour les parabènes, le débat sur les effets potentiels de ces composés sur les écosystèmes reste ouvert (**Nordic Council of Ministers, 2004**).

. **Les filtres de synthèse anti-UV** : on estime que 4 000 à 6 000 tonnes d'écran total sont libérées chaque année dans les zones de récifs tropicales par les 78 millions de touristes qui s'y rendent. Or, différentes études scientifiques révèlent que les filtres anti-UV contenus dans ces crèmes jouent un rôle dans le « blanchissement » des massifs coralliens, au même titre que le changement climatique, l'augmentation de la radiation ultraviolette, les agents pathogènes et d'autres polluants. **Danovaro (2008)** montre ainsi que ces composés induisent une détérioration de la membrane des algues vivant en symbiose avec les coraux, et ce, même à très faible dose (10 µL/L d'eau de mer). Jusqu'à 10 % des récifs coraux mondiaux pourraient ainsi être en danger.

. Par ailleurs, **les nanoparticules** (particules de taille infime), qu'on retrouve dans certaines crèmes comme dans de nombreux objets de notre quotidien, font l'objet de nombreux travaux de recherche, leurs effets sur la santé et l'environnement étant encore largement méconnus (**Maher & Ahmed, 2016**).

### II.2.2.8 Les métaux lourds

La notion de métaux lourds est un concept industriel sans définition scientifique précise unanimement reconnue. On parle maintenant davantage d'Eléments Traces Métalliques (ETM). Tous les ETM sont présents naturellement à l'état de traces dans le sol (**Mench & Baize, 2004**). On les retrouve dans de nombreux objets industriels et du quotidien : les piles (cadmium), l'électronique (le cuivre), les tuyauteries (plomb), les prothèses de hanches (nickel), etc. De ce fait, la production est considérable. Par exemple, en 2003, la Chine a produit environ 500 000 tonnes de plomb et 90 millions de tonnes de fer. Ces métaux peuvent aussi être présents sous la forme de nanoparticules, qui sont notamment utilisées dans certaines crèmes solaires et dans des aliments (**Mench & Baize, 2004**).

Les métaux lourds peuvent se retrouver dans l'environnement (terrestre ou aquatique) dans des concentrations supérieures aux concentrations naturelles. Les cas les plus fréquents de pollution aux métaux lourds sont (**Sanou et al., 2020**) :

. **Lors d'une exploitation minière** : c'est le cas, par exemple, du cadmium, rejeté en grande quantité lors d'une exploitation minière massive entre 1910 et 1945, destiné à satisfaire la production d'armement. Ainsi, Jinzu, la rivière locale, ainsi que ses affluents ont été très fortement pollués en cadmium durant cette période entraînant la maladie d'Itaï Itaï dans la population locale.

. **Par des industries** : en France, il existe de nombreuses friches dont les sols sont pollués en métaux lourds (par exemple en Lorraine ou dans la vallée de la Maurienne en Savoie) à cause des activités industrielles passées. Ces métaux lourds peuvent contaminer non seulement les organismes du sol, mais aussi les plantes et les animaux qui se nourrissent de ces plantes.

. Les métaux peuvent également contaminer l'environnement lors d'un **accident industriel**. C'est le cas par exemple de la pollution « des boues rouges » en Hongrie de 2010 qui contamina les sols et les cours d'eau (dont le Danube) suite à la rupture d'un réservoir d'une usine de bauxite-aluminium.

Les ETM présentent une réelle toxicité pour l'Homme. L'arsenic est cancérigène, le cadmium peut entraîner des dommages sur le foie, le plomb peut entraîner la maladie dite du saturnisme chez les enfants (**Sanou et al., 2020**).

Ils présentent également un danger pour l'environnement en raison de leur caractère persistant (non biodégradable) et de leur toxicité à court ou long terme pour les organismes vivants, en particulier les plantes (cuivre, zinc, etc.) (**Gouzy, 2008**).

### II.2.2.9 Autres polluants chimiques

#### Exemples de substances fabriquées par l'Homme

Les **PCB** (Polychlorobiphényles) ont été massivement utilisés des années 1930 aux années 1970 comme lubrifiants pour la fabrication des transformateurs électriques, condensateurs, ou comme isolateurs dans des environnements à très haute tension. Ces composés se sont accumulés dans les sédiments de cours d'eau et sont notamment à l'origine de l'interdiction de la consommation de poissons pêchés dans le Rhône (**Merhaby *et al.*, 2019**).

Les **CFC** (Chlorofluorocarbones) anciennement utilisés dans les systèmes de réfrigération sont responsables de la destruction de la couche d'ozone (**Fraser *et al.*, 2020**).

Les **retardateurs de flamme** (par exemple, PBDE), ces additifs utilisés pour minimiser les risques d'incendie sont suspectés avoir des effets délétères pour la santé et l'environnement (**Lin *et al.*, 2022**).

Les **composés perfluorés** (PFC) ont la propriété de repousser l'eau, les matières grasses et la poussière et sont ainsi utilisés dans les revêtements imperméables des chaussures et vêtements ainsi que dans les poêles en téflon (**Mei *et al.*, 2019**).

Les PFC sont persistants dans l'environnement (non biodégradables) et s'accumulent dans les êtres vivants. Certaines études ont révélé la présence de PFC dans les cours d'eau et les poissons (dans le foie notamment) ainsi que dans le sang humain (**Taniyasu, 2003**). En revanche, même si les PFC sont suspectés d'être des perturbateurs endocriniens, les études manquent pour pouvoir caractériser l'effet de ces composés sur les écosystèmes. Le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer) classe par ailleurs le tétrafluoroéthylène, gaz émis lors du chauffage de poêles en téflon, en tant que cancérigène possible (2B) (**Mei *et al.*, 2019**).

#### Exemple d'une substance naturelle

Par ailleurs, des substances naturelles rejetées en grande quantité par les industries, sont également considérées comme des polluants. C'est le cas par exemple du sel, issu des usines de dessalement de l'eau de mer (**Ait Younes & Akarkar, 2022**).

### II.2.3 Contaminants physiques

Les essais d'armes nucléaires, les rejets d'effluents provenant des installations nucléaires, et les risques d'accident de réacteur deviennent de plus en plus improbables constituent les sources essentielles de pollution par des produits de fission ou d'activation. Toutefois, l'industrie nucléaire tout comme les accidents nucléaires ne doivent pas toujours être mis en cause, en effet, plusieurs millions de tonnes de chlore, de soufre, de fluor, de bore, de sodium, de potassium, de calcium sont libérés annuellement dans l'atmosphère par les éruptions volcaniques et des réactions nucléaires provoquées par les particules d'origine cosmique

engendreront les radioisotopes  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{35}\text{S}$ ,  $^{32}\text{P}$  et  $^{22}\text{Na}$  (Gbadamosi *et al.*, 2021).

### II.3 Contamination et transfert trophique de polluants de l'environnement

#### II.3.1 La chaîne alimentaire vecteur de polluants chimiques (cas de POPs)

Les polluants organiques persistants (POPs) sont présents dans notre environnement et sont responsables de la contamination de matrices environnementales et biologiques. Leurs caractéristiques physico-chimiques (en particulier leur lipophilicité) et leur mode d'émission (voie atmosphérique) les amènent à être à l'origine d'un risque de transfert dans la chaîne alimentaire à partir d'un fourrage contaminé par dépôt atmosphérique jusque vers le lait où ils peuvent être stockés dans la matière grasse (Rychen *et al.*, 2006).

#### Comment les POPs contaminent des matrices végétales ?

La plante étant à l'interface entre le sol et l'atmosphère, sa contamination est susceptible d'intervenir soit par dépôt atmosphérique, soit par absorption racinaire. Avant d'entrer en contact avec la plante, les contaminants sont transportés dans l'atmosphère et descendent vers les couches laminaires circulant autour des végétaux permettant ainsi l'interaction entre contaminant et surface des feuilles (Bakker *et al.*, 2001). Quatre voies d'entrée des POPs sont distinguées: le dépôt gazeux, le dépôt sec de particules, le dépôt humide de particules et l'absorption racinaire (Welsch-Pausch *et al.*, 1995 ; MacLachlan, 1999 ; Bakker *et al.*, 2000 ; Bakker *et al.*, 2001 ; Teil *et al.*, 2004).

#### Transfert des POPs après ingestion par l'animal

Les voies potentielles de contamination du ruminant laitier en micropolluants organiques sont l'ingestion, l'inhalation et l'absorption par contact cutané. Chez la vache en lactation, l'exposition par inhalation d'air contaminé et par ingestion d'eau polluée sont des voies de contamination négligeables face à celle de l'alimentation. L'inhalation contribuerait pour moins de 1 % de la prise de micropolluants organiques d'un troupeau laitier exposé à des teneurs normales dans l'environnement. L'absorption cutanée de polluants organiques présents dans le sol ou les végétaux serait négligeable dans les conditions d'élevage conventionnelles (Rychen *et al.*, 2006).

Le transfert des POPs chez le ruminant laitier nous amène à distinguer deux familles de molécules : les PCDD/F et les PCB considérés comme rémanents et bioaccumulables dans les produits animaux et les HAP considérés comme très largement biotransformés chez les animaux supérieurs. Le devenir de ces molécules chez le ruminant et le transfert éventuel de la molécule

mère ou des métabolites vers les produits animaux sont aujourd'hui de faits indéniables (**Rychen *et al.*, 2006**).

### **II.3.2 Transport et diffusion de contaminants biologiques dans l'environnement (diffusion de bactéries pathogènes dans le sol)**

Les bactéries pathogènes présentes sur le sol peuvent être transférées sur les matières premières végétales mais également migrer dans le sol et contaminer les ressources en eau de surface et en eau souterraine (**Brandl, 2006 ; Deering *et al.*, 2012**).

Le transfert peut survenir de manière directe par contact entre le sol contaminé et les graines (transfert des bactéries pathogènes d'un sol contaminé aux graines des végétaux) ou de manière indirecte via les projections d'eau de pluie ou d'irrigation tombant sur le sol (contamination par éclaboussures et internalisation éventuelle des pathogènes par les végétaux). Les végétaux peuvent ainsi constituer une niche écologique pour les bactéries pathogènes car elles sont capables de survivre à leur surface, de s'y multiplier voire de s'implanter dans leurs tissus. L'ingestion de végétaux peut donc présenter un danger pour le consommateur si les pathogènes se fixent sur la plante et y survivent jusqu'à la récolte et consommation du produit (**Brandl, 2006 ; Deering *et al.*, 2012**).

## **Chapitre III. Matériel et méthodes**

### III. Matériel et méthodes

#### III.1 Type de l'étude

Il s'agit d'une étude épidémiologique analytique qui vise à appréhender les risques et dangers éventuellement liés à la contamination chimique et biologique des aliments et des cultures.

#### III.2 Population cible et recueil de données

Ce sont essentiellement des citoyens originaires de Bejaia qui ont pris part à l'étude, et ce en portant des renseignements par rapport à leurs comportements et habitudes alimentaires (questionnaire ; **Fig.1**). Au total, 98 personnes dont 51 hommes et 47 femmes ont été sondées par rapport au motif de l'étude. Les participants ont été choisis aléatoirement, et aucun critère d'inclusion ou d'exclusion n'est retenu dans le protocole de l'étude. Par ailleurs, l'étude prévoit aussi d'autres renseignements à recueillir auprès des institutions (Institut National de la Recherche Agronomique, office National d'assainissement, Direction de l'Environnement de Bejaia) et des agriculteurs locaux, soient des informations qui ont trait au raccordement des ménages de Bejaia aux réseaux de collecte des eau usées, à la gestions des déchets des usines et des implantations industrielles de la région, et aux dangers qui s'associe aux pratiques agricoles qu'appliquent d'ordinaire des agriculteurs locaux (fiche d'exploitation ; **Fig. 2**).

**Questionnaire**

Fiche n° : .....

Sexe : .....

Date : .....

Âge : .....

Consommez-vous de l'alcool ?

- Pas du tout                       Parfois                       Régulièrement

Quelle est votre consommation quotidienne/hebdomadaire moyenne de viandes en général ?

- Moins de 500 g par semaine       Plus de 500 g par semaine

Quelle est votre consommation quotidienne/hebdomadaire moyenne de viandes rouges ?

- Moins de 300 g par semaine       Plus de 300 g par semaine

Quelle est votre consommation quotidienne moyenne d'œufs ?

- 1 ou 2 œufs                               3 œufs ou plus

Privilégiez-vous des repas à base :

- de végétaux                               de viandes                      autre(s)

Votre consommation quotidienne de produits laitiers :

- Moins de 300 g par jour               Plus de 300 g par jour

Votre consommation quotidienne du pain blanc/complet :

- Moins de 100 g par jour               Plus de 100 g par jour

Vous avez l'habitude de manger :

- sans sel                               peu salé                               trop salé

Votre consommation de sucre est :

- faible                                       moyenne                               importante

Vos recette/repas sont préparés à base de :

- la margarine       l'huile de soja       graisses animales       l'huile de tournesol       l'huile d'olive

Vos recettes/repas sont essentiellement ?

- Peu gras                                       Gras                                       Trop gras

Votre consommation quotidienne/hebdomadaire moyenne de viandes transformées (merguez, cachet, saucisse, ...) :

- Moins de 30 g par jour               Plus de 30 g par jour

Comment vous conservez des produits agricoles (figes séchées, raisins secs, fèves, ...) à consommer plus tard ?

- Sans conservateur       À froid                       À chaud                      Autre(s)

Les aliments/repas que vous préparez sont habituellement conservés/stockés dans des contenant :

- en plastique       en verre                       en inox                      autre(s)

Conservez-vous des aliments chauds ou réchauffez-les aux micro-ondes dans des contenants en plastique ?

- Non     Oui

Vous mangez combien de fois en moyenne dans des restaurants et des fast-foods ?

Moins de 3 fois par semaine       3 fois ou plus

Auriez-vous l'habitude de laver suffisamment longtemps des fruits et des légumes que vous consommez ?

Non       Oui

Y auraient-ils encore de risques présents dans des fruits et légumes à consommer même après les avoir suffisamment trempés dans l'eau ?

Non       Oui

Auriez-vous l'habitude de consommer des fruits et des légumes imprégnés de taches noires, vertes, blanches, ... ?

Non       Oui

Les temps de préparation/cuisson de vos aliments sont relativement :

courts à une chaleur importante     longs à feu doux

Utilisez-vous du papier cuisson (film étirable de cuisson, papier cuisson traditionnel, papier sulfurisé, sac de cuisson, papier aluminium) pour faire cuire ou chauffer vos plats ?

Non       Oui

Auriez-vous plutôt l'habitude de préparer/consommer de la viande en barbecue ou en bouillon ?

En barbecue       En bouillon

---

Facteur de risque ou danger potentiel (FRDP)     Facteur sans risque ou danger potentiel (FSRDP)

**Figure 1.** Questionnaire portant sur les comportements et les habitudes alimentaires chez la population de Bejaia



## **Chapitre IV. Résultats et discussion**

#### IV. Résultats et discussion

Sur le questionnaire et la fiche d'exploitation élaborés dans le but d'appréhender les risques et les dangers liés à la contamination chimique et biologique des aliments et des cultures, nous pouvons distinguer :

. **Des risques ou dangers liés au régime et aux habitudes alimentaires** ; consommation de l'alcool, consommation des viandes, consommation d'œufs, consommation de légumes, consommation de produits laitiers, consommation de féculents, consommation du sel et du sucre, consommation de gras, et consommation de charcuteries.

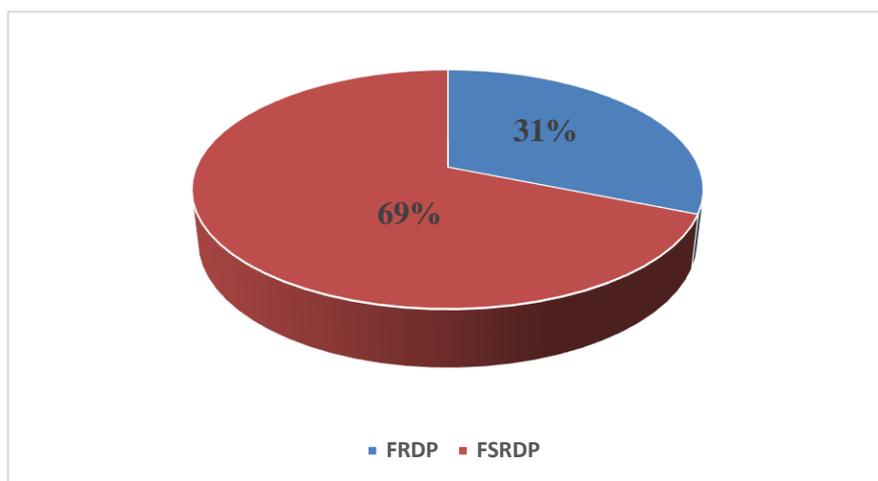
. **Des risques ou dangers liés aux comportements de consommation et de conservation des aliments** ; conservation de produits agricoles, contenants utilisés pour la conservation des aliments, manger à l'extérieur, consommation de fruits et légumes malades ou contaminés, méthodes et temps de préparation des aliments.

. **Des risques ou dangers liés aux contaminants biologiques et chimiques dans l'environnement** ; raccordement des ménages aux réseaux d'assainissement collectif, des usines et des implantations industrielles pourvus ou non de stations d'épuration, dangers des pesticides.

#### IV.1 Dangers ou risques liés au régime et aux habitudes alimentaires

##### IV.1.1 Dangers ou risques alimentaires chez la population générale

Avec 31 % de réponses parmi les personnes sondées qui traduisent des risques alimentaires potentiels (**Fig. 3**), le régime et les habitudes alimentaires chez la population de Bejaia seraient manifestement des facteurs de risques qui exposent éventuellement une partie de la population aux diverses maladies plus ou moins graves.



**Figure 3.** Risques ou dangers potentiels liés au régime et aux habitudes alimentaires chez la population de Bejaia

Comme cela, **Lederer (1977)** suggère que les carences nutritionnelles pourraient entraîner une sensibilité à certains facteurs cancérigènes, ce qui de ce fait favoriserait les cancers oropharyngés, notamment chez les femmes. Dans d'autres études plus élaborées, la consommation excessive de viandes transformées, ou un faible apport en fibres alimentaires seraient responsables de 15 % des cancers du pancréas et de 55 % de cancers colorectaux (**Barr, 2007 ; Bouvard, 2015 ; Torre et al., 2015**).

#### **IV.12 Dangers ou risques alimentaires selon le sexe**

Les dangers ou les risques alimentaires semblent plus manifestes chez les hommes que chez les femmes (Khi2,  $p = 0,023$ ). Notamment, les femmes mangeraient plus sainement et privilégieraient la qualité à la quantité.

L'étude de l'**individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (2018)** confirme nos résultats, elle suggère que la présence des facteurs de risque potentiel liés aux habitudes et au régime alimentaire peut dépendre de sexe. D'après l'étude, les hommes comparativement aux femmes mangent plus de produits céréaliers raffinés (pain, pâtes et autres céréales), fromages, entremets et crèmes desserts, charcuteries, légumineuses, pâtisseries salées, mais moins de yaourts et fromages blancs, compotes et fruits au sirop et soupes et bouillons (**Anses, 2017**).

Encore, les résultats de **Biscontin (2018)** concordent avec les autres études dans lesquelles les filles avaient une meilleure qualité d'alimentation que les garçons. Dans tous les modèles de santé, les femmes restent apparemment plus soucieuses de leur bien-être. Elles présentent ainsi des scores plus élevés quel que soit le groupe d'âge. Depuis l'enfance, des écarts sont observés, avec des scores élevés en fruits et légumes chez les jeunes filles.

#### **IV.13 Dangers ou risques alimentaires selon les tranches d'âge**

Les personnes plus de 30 ans auraient un régime alimentaire plus sain que les plus jeunes (personnes ayant 30 ans ou moins) (Khi2,  $p = 0,011$ ). Cela pourrait signifier une problématique alimentaire parmi la jeune population qui s'explique par des freins d'ordre économique et d'autres relatifs au manque d'information chez les jeunes ou à l'influence négative de l'entourage qui interviennent également.

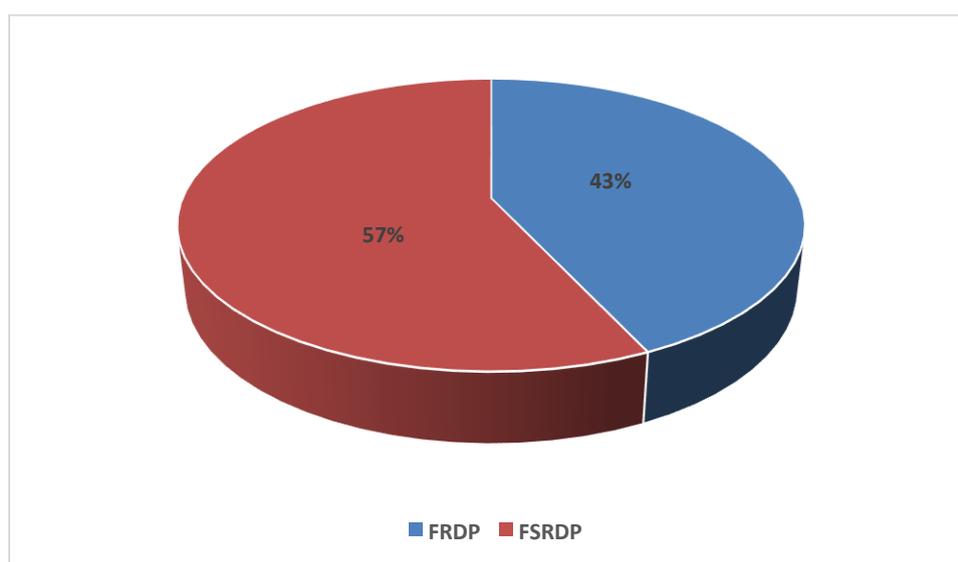
Effectivement, l'étude de l'**individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (2018)** montrent que pour les enfants et les adolescents âgés de 1 à 17 ans, des pourcentages de ration alimentaire pour certains groupes d'aliments augmentent : Sandwichs et autres pâtisseries salées, produits céréaliers (pain, pâtes et autres céréales raffinées), soupes, produits sucrés (pâtisserie et biscuits sucrés, confiserie et chocolat), des frites et des viandes, et contrairement pour ce groupe d'aliment, l'apport des compotes et sirops de fruits, yaourt et fromage blanc

diminue avec l'âge (Anses, 2017).

## IV.2 Dangers ou risques liés aux comportements de consommation et de conservation des aliments

### IV21 Dangers ou risques alimentaires chez la population générale

Bien que 57 % de la population générale pourrait adopter des comportements de consommation et de conservation des aliments relativement corrects (**Fig. 4**), il demeure encore que 43 % de la population opterait pour des pratiques de consommation ou de conservation des aliments qui s'associent à de risques alimentaires critiques pour ces personnes.



**Figure 4.** Risques ou dangers potentiels liés aux comportements de consommation et de conservation des aliments chez la population de Bejaia

Nombreuses sont les études qui ont établies le lien entre les comportements de consommation et de conservation des aliments et d'éventuels risques alimentaires. Selon une étude américaine publiée récemment, des polluants issus de récipients en plastique peuvent s'infiltrer dans les aliments conditionnés. Cette exposition à des produits chimique dangereux pourrait, entre autres, favoriser le développement de certains cancers (**Whitehead & Peaslee, 2023**).

Les chercheurs de l'Université George Washington aux Etats-Unis ont analysé les données médicales des 10 253 participants de l'Enquête nationale sur la santé et la nutrition des États-Unis (NHANES) recueillies entre 2005 et 2014.

Les volontaires ont été invités à déclarer ce qu'elles mangeaient et de quelle origine (supermarché, restaurants, fast-food) provenaient leur nourriture. Les niveaux de biomarqueurs phtaliques ont été mesurés dans l'urine de chaque participant.

Les chercheurs ont constaté que l'association entre l'exposition aux phtalates et les repas au restaurant était significative pour tous les groupes d'âge, mais que ce lien était plus marqué chez les adolescents.

Les jeunes qui consommaient beaucoup de fast-food et d'autres aliments achetés à l'extérieur avaient 55% plus de phtalates que ceux qui ne consommaient que des repas préparés à la maison. Les résultats de l'étude ont aussi montré que certains aliments, comme les hamburgers et les sandwiches étaient liés à des niveaux plus élevés de phtalates, mais seulement s'ils provenaient d'un fast-food, un restaurant ou un café (Varshavsky, 2018).

"Nos résultats suggèrent que le fait de dîner au restaurant pourrait être une source d'exposition importante et méconnue aux phtalate", explique Julia Varshavsky, l'auteur de l'étude "Nous ne demandons pas aux gens d'arrêter de manger à l'extérieur. Il s'agit juste de le faire avec modération et de privilégier des produits frais. Les femmes enceintes, les enfants et les adolescents sont plus vulnérables aux effets toxiques des produits chimiques hormonoperturbants, il est donc important de trouver des moyens de limiter leurs expositions" (Varshavsky, 2018).

### **IV22 Dangers ou risques alimentaires selon le sexe**

Vraisemblablement, les prédispositions aux risques alimentaires associés aux comportements de consommation et aux modes de conservation ou de stockage des aliments ne varient pas entre les femmes et les hommes (Khi2,  $p = 0,141$ ). Les hommes comme les femmes percevraient de la même façon ces contaminations alimentaires insidieuses.

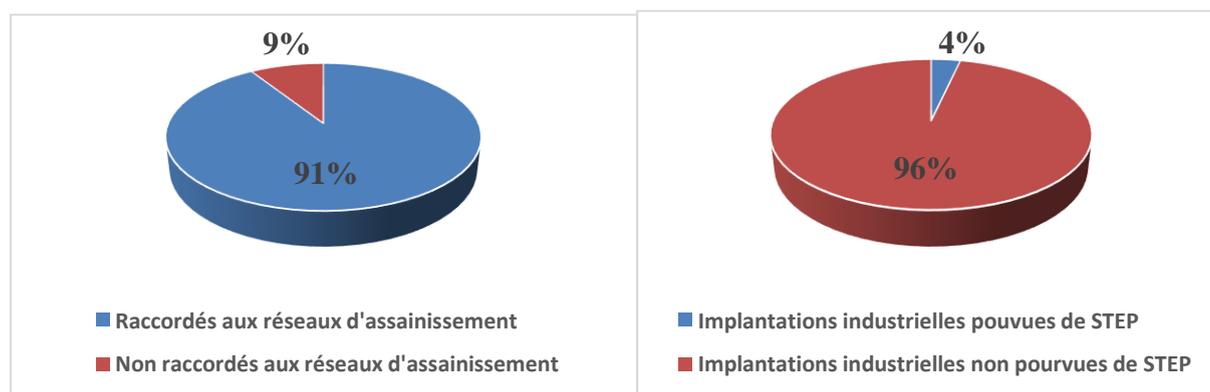
### **IV23 Dangers ou risques alimentaires selon l'âge**

Avec une différence significativement élevée (Khi2,  $p = 0,002$ ) quant aux risques alimentaires liés aux comportements qu'entreprennent les populations plus vieille (ayant 30 ans ou plus) et plus jeune (moins de 30 ans) lorsqu'elles consomment ou entretiennent des aliments, l'âge est apparemment déterminant et concoure pour des risques plus importants chez les personnes de moins de 30 ans.

### IV.3 Dangers ou risques liés aux contaminants biologiques et chimiques dans l'environnement

#### IV.3.1 Dangers et risques liés aux eaux usées ménagères et industrielles

Le taux de raccordement des ménages aux réseaux d'assainissement collectif s'élève à 91 % (**Fig. 5**), réduisant ainsi les émanations de pollutions ménagères qui atteignent les eaux et les sols. Tout de même, 96 % (**Fig. 6**) des eaux usées industrielles seraient directement déversées dans les milieux aquatiques et terrestres. Ainsi, les eaux usées chargées d'agents chimiques toxiques et/ou de bactéries pathogènes contamineraient les produits végétaux et animaux et par suite l'homme pour qui ils constituent la base de son alimentation. Dans ce cas, les eaux et les sols de la région de Bejaia constitueraient de foyers de contaminants chimiques et biologiques qui pourront remonter jusqu'à l'homme par le biais de la chaîne alimentaire.



**Figure 5.** Taux de raccordement des ménages aux réseaux de collecte des eaux usées

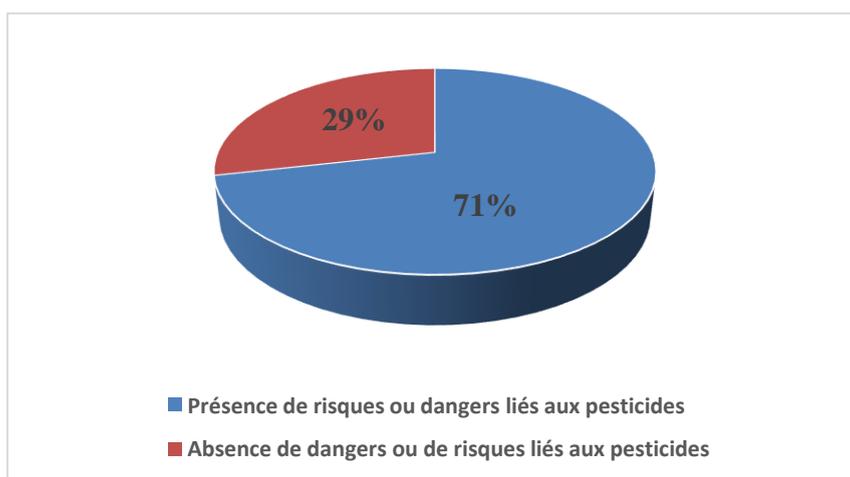
**Figure 6.** Taux des implantations industrielles pourvues ou non de STEP

Aujourd'hui beaucoup d'études penchent sur les dangers des déversements directs des eaux usées dans l'environnement en agriculture. Par suite des carences actuelles contribuant à l'extension de l'usage irraisonné d'eaux contaminées par divers agents chimiques et pathogènes susceptibles de demeurer suffisamment longtemps dans l'environnement (eau, cultures, sol) pour être transmis aux personnes consommant ou manipulant les végétaux. Si les données de contamination ou épidémiologiques disponibles sont limitées, elles indiquent clairement les risques chimiques et microbiologiques associés à l'utilisation d'eaux non traitées. Une étude à Marrakech (Maroc) rapporte ainsi la présence de protozoaires et d'helminthes intestinaux sous des formes de résistance (kystes de giardia et œufs d'ascaris) à des niveaux de concentration élevés dans la menthe, la coriandre, et à un moindre degré dans les radis et les carottes provenant de parcelles irriguées par des eaux brutes, tandis que les mêmes cultures produites avec des eaux usées traitées ou une ressource d'eaux douces en sont exemptes. Une autre étude dans la

région de Marrakech, comparant un groupe de 390 enfants âgés de 3 à 15 ans résidant dans une zone d'épandage d'eaux brutes à un groupe témoin de 350 enfants, montre un taux de prévalence de l'infection par des salmonelles de 32,56 % dans le premier groupe (39,33 % chez les enfants d'agriculteurs *versus* 24,58 % dans les autres familles) contre 1,14 % dans le second (Nicolle-Mir, 2018).

#### IV32 Dangers et risques liés aux moyens de lutte contre des ravageurs de cultures

Les traitements phytosanitaires s'associeraient à des risques alimentaires accrus de fait de la contamination par de pesticides due aux traitements phytosanitaires inappropriés ou non conformes. 71 % (Fig. 7) de producteurs agricoles et agriculteurs disent avoir un usage qui n'est pas en adéquation avec les normes de sécurité sanitaire.



**Figure 7.** Dangers et risques liés à la présence potentielle de pesticides dans les fruits et les légumes cultivés dans la région de Bejaia

Selon une étude sur les 14 000 contrôles sanitaires effectués sur les aliments vendus en France, plus de la moitié des fruits et légumes issus de l'agriculture intensive sont contaminés par des pesticides à risque. Les produits cités pourraient être cancérigènes, avoir des effets sur la reproduction ou l'ADN ou sont reconnus comme étant de perturbateurs endocriniens. Dans le détail, l'étude publiée par l'UFC-Que choisir révèle que 51% des fruits et légumes contrôlés contiennent des traces d'un pesticide à risque et 30% d'entre eux présentent des traces d'au moins deux pesticides à risque. Par exemple, 27,4% des pamplemousses examinés présentent des traces de pyriproxyfène, suspecté d'être un perturbateur endocrinien et d'avoir contribué à des malformations de la tête et du cerveau au Brésil (Juc, 2007).

# Conclusion

## Conclusion

Qu'elles soient des habitudes alimentaires, des comportements de consommation ou d'entretien des aliments, ou une contamination de produits végétaux ou animaux dans l'environnement, tous concourent pour des risques alimentaires plus ou moins grave pour des consommateurs.

Toutefois, contrairement à l'implication du régime et des habitudes alimentaires dans les risques alimentaires, les dangers qui émaneraient des comportements de consommation et de conservation des aliments, tout comme des polluants environnementaux qui contamineraient éventuellement des produits animaux et végétaux sont souvent ignorés et les gens ont en peu conscients.

Dans ce sens, nous avons entrepris une étude épidémiologique analytique visant à appréhender les risques alimentaires potentiels liés à la contamination biologique et chimique des aliments et des cultures dans la région de Bejaia. Les données de l'étude ont été recueillies par le biais d'un questionnaire et d'une fiche d'exploitation renseignés auprès de la population, des agriculteurs locaux, et des institutions de la wilaya de Bejaia.

L'étude conclut à des risques alimentaires relativement modérés associés au régime et aux habitudes alimentaires (31 % de réponses), et d'un commun aux comportements de consommation et de l'entretien des aliments (43 % de réponses). Encore, les hommes et les jeunes de moins de 30 ans semblent plus prédisposés à la contamination alimentaire que les femmes et la population de plus de 30 ans, respectivement. Par ailleurs, le risque de contamination de cultures et de produits agricoles serait potentiellement important dans la région de Bejaia, dû essentiellement aux émanations de rejets industriels qui seraient déversés directement dans l'eau et les cours d'eau.

De ce fait, le dosage des agents chimiques et la recherche de germes pathogènes à la surface et dans les tissus des fruits et les légumes cultivés sur les terres et sols de la région de Bejaia est à prévoir en perspectives pour de preuves plus concluantes sur les dangers et les risques insidieux des contaminants chimiques et biologiques dans l'environnement

# **Références bibliographiques**

**Références bibliographiques**

**ADEME. (2017).** Si on faisait le ménage dans nos produits toxiques. [http://multimedia.ademe.fr/infographies/infographie\\_produits\\_menagers/index.html](http://multimedia.ademe.fr/infographies/infographie_produits_menagers/index.html)

**Ait Younes, L., Akarkar. (2022).** Suivi du procédé de dessalement de l'eau de mer à la station Palm Beach de Staouali et évaluation de sa qualité physico-chimique et bactériologique. [ummto.dz](http://ummto.dz)

**Anses. (2017).** Étude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (INCA 3) Avis de l'Anses Rapport d'expertise collective. Maisons-Alfort

**Aquaportail. (2011).** Moisissure : définition. <https://www.aquaportail.com/definition-9936-moisissure.html>

**Barr, H. (2007).** Gastric Tumors Medicine. vo135. n 216-219p.

**Belamie. (1974).** Note sur la contamination du milieu vivant par les biphényles chlorés. Bulletin Français de Pisciculture.

**Bergadaà, M., Urien, B. (2006).** Le risque alimentaire perçu comme risque vital de consommation. Émergences, adaptation et gestion. Revue française de gestion, 162, 127-144.

**Berger, K., Peterson, B., & Buening-Pfaune, H. (1986).** Persistence of drugs occurring in liquid manure in the food chain. Arch. Lebensmittelsh, 37, 99-102.

**Biron Groupe Santé. (2023).** L'impact de la consommation d'alcool sur votre santé. <https://www.biron.com/fr/centre-du-savoir/petit-guide-biron/consommation-alcool/>

**Biscontin, A. (2018).** Habitudes alimentaires : évolution, caractéristiques, impact sur la santé et génétique nutritionnelle. Sciences pharmaceutiques. 2018. ffdumas-01812567f

**Bocken, H. (2001).** Het Working paper on prevention and restoration of significant environmental damage?: het witboek betreffende milieuaansprakelijkheid terzijde gelegd. Tijdschrift voor milieurecht, 350-355.

**Bourgeois, C. M., Leveau, J. Y. (1991).** Technique d'analyse et de contrôle dans l'industrie agro-alimentaire. Lavoisier-Tec. Doc. ISBN 2852067733, pages 135-156.

**Bouvard, V., Loomis, D., Guyton, KZ., Grosse, Y., Ghissassi FE., Benbrahim-Tallaa L., Neela Guha., Heidi Mattock., Kurt Straif., International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group. (2015).** Carcinogenicity of consumption of red

**Brehmer, P., Ndiaye, W., Mbaye, A., Fricke, A., & Hess, P. (2021).** Découverte de la présence d'une toxine ayant un effet sur la santé humaine, émise par une micro-algue marine sur la presqu'île du Cap-Vert (Sénégal). [archimer.ifremer.fr](http://archimer.ifremer.fr)

**Burduniuk. (2019).** guides des bonnes pratiques. Contaminants biologiques des produits alimentaires.

- Caumette, P., Mouneyrac, C., & Guillouzo, A. (2012).** Les Cahiers de l'ANR - n°6.décembre. Contaminants et environnements: constater, diffuser, décider.
- Chapuis, L., Guerquin, P., Albaladejo. (2016).** Les médicaments utilisés en anesthésie sont-ils vraiment des polluants majeurs? Le Praticien en anesthésie. Elsevier.
- CNRS. (2011).** CNRS-Hebdo. <https://www.cnrs.fr/CNRS-Hebdo/alpes/lettre.php?numero=157>
- Combris, P., Causse, M., Caillavet, F. (2008).** Les fruits et légumes dans l'alimentation: enjeux et déterminants de la consommation. Torrossa.com.
- Costil, V., Létard, J. C., Cocaul, M., Hegel. (2014).** Nutrition et diabète. Cairn.info.
- Coumoul, X. (2016).** Contaminants alimentaires et le risque de cancer. Cahiers de Nutrition et de Diététique. Elsevier.
- Danovaro, R., Bongiorno, L., Corinaldesi, C., Giovannelli, D., Damiani, E., Astolfi, P., Pusceddu, A. (2008).** Les écrans solaires provoquent le blanchiment des coraux en favorisant les infections virales. p. 441-447. doi:10.1289/ehp.10966. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2291018/>
- Daskalov, N., & El Mammeri, A. (2021).** Structures of pathological and functional amyloids and prions, a solid-state NMR perspective. *Frontiers in Molecular*. frontiersin.org
- Eaumelimelo. (2014).** démêlons les fils de l'eau – Les pesticides dans l'eau – 2014. <http://www.graie.org/eaumelimelo/Meli-Melo/Questions/Les-pesticides-et-l-eau/?parent=5>
- EFCA. (2020).** Parasite dans les aliments. Autorité européenne de sécurité des aliments. <https://www.efsa.europa.eu/fr/topics/topic/parasites>
- Feillet, P. (2021).** Tout savoir sur notre alimentation. Il faut exclure le sel de notre alimentation. degruyter.com.
- Fraser, P. J., Dunse, B. L., Krummel, P. B., Steele, L. P., Derek, N., Mitrevski, B., Rigby, M. (2020).** Australian chlorofluorocarbon (CFC) emissions: 1960–2017. *Environ. Chem.*, 17, 525–544.
- Gbadamosi, M. R., Abayomi, A. A., & Afolabi, T. A. (2021).** Environmental Pollution sources identification, health, and radiological risk assessment of naturally occurring radioisotopes and heavy metals in waste dumpsites in Ijebu-Ode, Ogun. Taylor.
- Gouzy. (2008).** Tissu de coton préirradié aux UV/O3 contenant du chitosane pour une élimination efficace des métaux lourds.
- Gregori, T., Lion, H., & Nassy, G. (2019).** La charcuterie: tout un monde. Cahiers de Nutrition et de Diététique. Elsevier.
- Hassaan, M. A., & El Nembr, A. (2020).** Pesticides pollution: Classifications, human health impact, extraction and treatment techniques. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*. Elsevier.

- Hébel, P. (2019).** La consommation de charcuteries en France. Cahiers de Nutrition et de Diététique. Elsevier. <https://www.cnrs.fr/CNRS-Hebdo/alpes/lettre.php?numero=157>
- Juc, L. (2007).** Étude des risques liés à l'utilisation des pesticides organochlorés et impacte sur l'environnement et la santé humaine. Sciences de la Terre. Université Claude Bernard - Lyon I. Français. ffNNT : ff. fftel-00330431
- Ker Armel, N. (2017).** Les méfaits d'une alimentation trop riche en matières grasses. Récupéré de <https://www.doctissimo.fr/html/dossiers/cholesterol/articles/10002-cholesterol-alimentation-graisses-mefaits.htm>
- Kouba, M. (2002).** Qualité des produits biologiques d'origine animale. INRAE Productions Animales. Récupéré de [productions-animales.org](http://productions-animales.org)
- Krieger, J. P. (2019).** Les effets sur la santé des produits laitiers et viandes : que disent les données épidémiologiques ?
- Larousse. (2023).** Environnement. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/environnement/30155>
- Le Crenn, P., Dhuit, I., & Flamand, M. (2020).** L'apport d'une démarche d'intelligence technologique pour l'identification de partenaires de recherche et d'innovation. Une illustration à partir de l'institut INRAE. *Revue internationale d'intelligence économique*, 12(2).
- LEDERER J. (1977).** Alimentation et cancer, Éditions Nauwelaerts Muntstraat, IOB 3000 Louvain-la-Marque, Éditeur 27 rue de l'École de Médecine 75006 Paris, France.
- Lemond.fr. (2018).** Pétrole : la production mondiale atteint des records, les prix en hausse. [https://www.lemonde.fr/economie/article/2018/09/17/petrole-la-production-mondiale-atteint-des-records-les-prix-en-hausse\\_5356039\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2018/09/17/petrole-la-production-mondiale-atteint-des-records-les-prix-en-hausse_5356039_3234.html)
- Leny, L. (2011).** Alimentation trop riche en sucre : danger ! Nutrimis. <https://nutrimis.com/blog/les-risques-dune-alimentation-trop-sucree-pour-lorganisme/>
- Lesne, J., Gnansia, E., & Laurent, O. (2021).** La santé environnementale dans un monde appelé à vivre avec les pandémies. *Environnement, Risques & Santé*, 20(3).
- Lin, C., Zeng, Z., Xu, R., Liang, W., Guo, Y., & Huo, X. (2022).** Risk assessment of PBDEs and PCBs in dust from an e-waste recycling area of China. *Science of The Total Environment*. Elsevier.
- Luckenbach, T. E. (2005).** Nitrofurans and polycyclic musk compounds as long-term inhibitors of cellular xenobiotic defense systems mediated by multidrug transporters. *Environmental Health Perspectives*, 113(1), 17-24. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1253704/>
- Maher, B. A., Ahmed, I. A. M., Karloukovski, V., & Calderon-Garciduenas, L. (2016).** Magnetite pollution nanoparticles in the human brain.

- MEDDTL. (2011).** Ministère de l'Environnement, du Développement Durable, des Transports et du Logement – Plan National sur les Résidus de Médicaments dans les eaux (PNRM) [https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/Plan\\_national\\_sur\\_les\\_residus\\_de\\_medicaments\\_dans\\_les\\_eaux\\_PNRM\\_.pdf](https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/Plan_national_sur_les_residus_de_medicaments_dans_les_eaux_PNRM_.pdf)
- Mei, Z., Qiaoting, L., Qianwen, S., & Shuoqian, M. (2019).** Research progress of perfluorinated compounds pollution status and risk assessment.
- Mench, M., & Baize, D. (2004).** Contamination des sols et de nos aliments d'origine végétale par les éléments en traces. Le Courrier de l'environnement de l'INRA.
- Merhaby, D., Rabodonirina, S., Net, S., & Ouddane, B. (2019).** Overview of sediment pollution by PAHs and PCBs in the Mediterranean basin: Transport, fate, occurrence, and distribution. Marine Pollution. Elsevier.
- Merrad, S. (2020).** État de l'art sur la conservation d'aliments par fermentation: Focus sur les aliments solides. [dspace.univ-msila.dz](https://dspace.univ-msila.dz)
- Ministère de l'Environnement, du Développement Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL). (2011).** Plan National sur les Résidus de Médicaments dans les eaux (PNRM). [https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/Plan\\_national\\_sur\\_les\\_residus\\_de\\_medicaments\\_dans\\_les\\_eaux\\_PNRM\\_.pdf](https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/Plan_national_sur_les_residus_de_medicaments_dans_les_eaux_PNRM_.pdf)
- Mousavi, S. A., & Khodadoost, F. (2019).** Effects of detergents on natural ecosystems and wastewater treatment processes: a review. Environmental Science and Pollution.
- Mühlemann, P. (2019).** Rapport sur le sel [PDF]. Mühlemann Nutrition: Uitikon, Switzerland.
- Nicolle-Mir, L. (2018).** Utilisation des eaux usées en agriculture : enjeux pour les régions arides. 17(6), 161-164. DOI: 10.1089/fpd.2017.2389.
- Nordic Council of Ministers. (2004).** Musk compounds in the Nordic environment 2004. <http://nordicscreening.org/?module=Pagesetter&type=file&func=get&tid=5&fid=reportfile&pid=6>
- Norwegian Scientific Committee for Food Safety. (2005).** Risk assessment on the use of triclosan in cosmetics – Summary report prepared by the Scientific Committee in cooperation with the Panel on Biological Hazards and the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids, Materials in contact with Food and Cosmetics – 2005. <https://vkm.no/english/riskassessments/allpublications/riskassessmentontheuseoftriclosanincosmetics.4.72c3261615e09f2472f4b282.html>
- Nunavik Catherine Couturier, Carole Lévesque. (2019).** La tuberculose. <https://policycommons.net/artifacts/1969071/la-tuberculose-au-nunavik-catherine-couturier-et-carole-levesque/2720836/>

- Onema. (2009).** Les substances émergentes dans l'environnement – Note de synthèse sur l'état de l'art concernant les produits pharmaceutiques, les cosmétiques et les produits d'hygiène corporelle. [https://www.aquaref.fr/system/files/R\\_09\\_06381C\\_Action29\\_VF.pdf](https://www.aquaref.fr/system/files/R_09_06381C_Action29_VF.pdf)
- Organisation mondiale de la Santé. (2023).** La sécurité sanitaire des aliments est l'affaire de tous dans la culture des fruits et légumes.
- Pevzner. (1975).** Analyse potentiométrique des eaux usées de la production du plastifiant de phthalate de dibutyle. [Pascal.francis.inist.fr](https://pascal.francis.inist.fr)
- Pflimlin, A., Raison, C., Le Gall, A., Irle, A., & Mirabal, Y. (2006).** Contribution des systèmes laitiers aux excédents de bilan en azote et phosphore et à la pollution de l'eau dans l'Espace Atlantique. [journees3r.fr](https://www.journees3r.fr)
- Planetoscope. (2013).** Statistiques mondiales en temps réel – Consommation de shampoing en France. <https://www.planetoscope.com/hygiene-beaute/435-consommation-de-shampoings-en-france.html>
- Polsky, J. Y., Moineddin, R., Glazier, R. H., & Dunn, J. R. (2016).** Relative and absolute availability of fast-food restaurants in relation to the development of diabetes: a population-based cohort study. *Canadian journal of - Springer.*
- Rémond, D. (2019).** Les protéines de la viande, intérêt pour la nutrition des seniors.
- Rychen, C., & Ducoulombier-Crépineau. (2006).** Cahiers de Nutrition. La chaîne alimentaire vecteur de polluants organiques persistants. Elsevier.
- Sanou, A., Coulibaly, S., Atse, B. C. (2020).** Évaluation de la capacité de fixation des métaux lourds par les sédiments d'une ferme piscicole en étang. *Afrique Science. researchgate.net*
- Santé Publique France. (2019).** Quels sont les risques de la consommation d'alcool pour la santé? <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/alcool/articles/quels-sont-les-risques-de-la-consommation-d-alcool-pour-la-sante>
- Sylla, F. (2014).** La sécurité alimentaire et nutritionnelle dans le cercle de Nara en 2012. [Bibliosante.ml](https://www.bibliosante.ml).
- Taniyasu, S., Kannan, K., Horii, Y., Hanari, N., & Yamashita, N. (2003).** A Survey of Perfluorooctane Sulfonate and Related Perfluorinated Organic Compounds in Water, Fish, Birds, and Humans from Japan. *Environmental Science and Technology*, 37(12), 2634-2639. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es0303440>
- Torre., LA., Bray., F., Rebecca, L. (2015).** Global cancer statistique, 2012, *CA cancer j clin.* Vol 65. n° 87-108p.
- Toubal. (2006).** pollution chimique de liquides alimentaires au contact de conteneurs plastiques. [pnst.cerist.dz](https://www.pnst.cerist.dz)

**Varshavsky, J. R., Morello-Frosch, R., Woodruff, T. J., & Zota, A. R. (2018).** Dietary sources of cumulative phthalates exposure among the U.S. general population in NHANES 2005-2014. *Environmental International*, 115, 417-429. DOI: 10.1016/j.envint.2018.02.029.

**Venhuis, S. H., & Mehrvar, M. (2004).** Health effects, environmental impacts, and photochemical degradation of selected surfactants in water. *International Journal of Photoenergy*, 6, 115-125. <https://downloads.hindawi.com/journals/ijp/2004/631840.pdf>

**Whitehead, H. D., & Peaslee, G. F. (2023).** Directly Fluorinated Containers as a Source of Perfluoroalkyl Carboxylic Acids. *Environmental Science & Technology Letters*, 10(4), 231-236. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.estlett.3c00083>

## Résumé

Contrairement à l'implication du régime et des habitudes de consommation dans les risques alimentaires, les dangers qui émaneraient des comportements de consommation et d'entretien des aliments, tout comme des polluants environnementaux qui contamineraient éventuellement des produits animaux et végétaux sont souvent ignorés et les gens ont en peu conscients.

Dans ce sens, nous avons entrepris une étude épidémiologique analytique visant à appréhender les risques alimentaires potentiels liés à la contamination biologique et chimique des aliments et des cultures dans la région de Bejaia. Les données de l'étude ont été recueillies par le biais d'un questionnaire et d'une fiche d'exploitation renseignés auprès de la population, des agriculteurs locaux, et des institutions de la wilaya de Bejaia.

L'étude conclut à des risques alimentaires relativement modérés associés au régime et aux habitudes alimentaires, et d'un commun aux comportements de consommation et de l'entretien des aliments. Par ailleurs, le risque de contamination de cultures et de produits agricole serait potentiellement important dans la région de Bejaia, et il y aurait à prévoir en perspective la mise en évidence des agents chimiques et des microorganismes pathogènes présents à la surface et/ou à l'intérieur des fruits et légumes cultivés dans la région.

**Mots-clés :** régime alimentaire, habitude alimentaire, risque alimentaire, comportement de consommation, polluant, contaminant environnemental, agent chimique, agent pathogène.

## Abstract

Unlike the involvement of diet and eating habits in food risks, the dangers arising from food consumption and handling behaviors, as well as environmental pollutants that may contaminate animal and plant products, are often overlooked and people are unaware of them.

In this regard, we conducted an analytical epidemiological study aimed at understanding the potential food risks associated with biological and chemical contamination of food and crops in the Bejaia province. The study data were collected through a questionnaire and a data sheet filled in by the population, local farmers, and institutions in the Bejaia province.

The study concludes that there are relatively moderate food risks associated with diet and eating habits, as well as common risks related to food consumption and handling behaviors. Moreover, the risk of contamination of crops and agricultural products is potentially high in the region of Bejaia, and there is a need to identify chemical agents and pathogenic microorganisms present on the surface and/or inside fruits and vegetables grown in that area.

**Keywords:** diet, eating habits, dietary risk, consumption behavior, pollutant, environmental contaminant, chemical contaminant, pathogen.