



**HAL**  
open science

## Actualisation des repères du PNNS : révision des repères de consommations alimentaires

Jean-Louis Bresson, Marie Josèphe Amiot Carlin, Janine Builliard, Marc Bonnefoy, Marie-christine Boutron-Ruault, Katia Castetbon, Martine Champ, Jean-Michel Chardigny, Véronique Coxam, Helene Escalon, et al.

### ► To cite this version:

Jean-Louis Bresson, Marie Josèphe Amiot Carlin, Janine Builliard, Marc Bonnefoy, Marie-christine Boutron-Ruault, et al.. Actualisation des repères du PNNS : révision des repères de consommations alimentaires. [0] Saisine n°2012-SA-0103, Anses. 2016, 192 p. hal-03337134

**HAL Id: hal-03337134**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03337134>**

Submitted on 7 Sep 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

**anses**

agence nationale de sécurité sanitaire  
alimentation, environnement, travail



*Connaître, évaluer, protéger*

# Actualisation des repères du PNNS : révision des repères de consommations alimentaires

Avis de l'Anses

Rapport d'expertise collective

Décembre 2016

Édition scientifique





**anses**

agence nationale de sécurité sanitaire  
alimentation, environnement, travail



*Connaître, évaluer, protéger*

# Actualisation des repères du PNNS : révision des repères de consommations alimentaires

Avis de l'Anses

Rapport d'expertise collective

Décembre 2016

Édition scientifique





Le directeur général

Maisons-Alfort, le 12 décembre 2016

**AVIS**  
de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,  
de l'environnement et du travail

**relatif à « l'actualisation des repères du PNNS : Révision des repères de consommations alimentaires »**

---

*L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.*

*L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.*

*Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part à l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.*

*Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).*

*Ses avis sont publiés sur son site internet.*

---

Le présent avis est organisé ainsi :

1.	Contexte et objet de la saisine .....	5
2.	Modalités de traitement et Organisation de l'expertise .....	6
2.1.	Questions traitées et organisation de l'expertise.....	6
2.1.1.	Questions traitées et découpage thématique.....	6
2.1.2.	Périmètre du travail .....	8
2.1.3.	Auditions de personnalités compétentes et des parties prenantes.....	9
2.2.	Prévention des risques de conflits d'intérêts.....	9
3.	Analyse et conclusions du CES.....	10
3.1.	Approches pour établir des repères de consommations alimentaires - Eléments de contexte .....	10
3.2.	Méthode mise en œuvre : une optimisation alimentaire à trois enjeux.....	11
3.2.1.	Prévenir le risque nutritionnel .....	11
3.2.1.1.	Couvrir les besoins en nutriments .....	11
3.2.1.2.	Prévenir le risque de maladies chroniques non transmissibles.....	25

3.2.2.	Prendre en compte les habitudes alimentaires .....	32
3.2.2.1.	Principe.....	32
3.2.2.2.	Données utilisées.....	32
3.2.3.	Limiter l'exposition aux contaminants .....	33
3.2.3.1.	Principe.....	33
3.2.3.2.	Cas des substances à usage réglementé.....	33
3.2.3.3.	Contaminants environnementaux.....	34
3.2.3.4.	Données utilisées.....	35
3.3.	Un outil d'aide à la décision (intégrant ces trois enjeux) .....	36
3.3.1.	Une optimisation au niveau populationnel .....	36
3.3.2.	Optimisation au niveau des groupes d'aliments.....	36
3.3.3.	Description de l'outil d'optimisation.....	39
3.3.4.	Limites et incertitudes de l'outil d'optimisation .....	40
3.3.5.	Une démarche d'optimisation pas à pas .....	41
3.3.5.1.	Démarche suivie pour les hommes adultes (Figure 3).....	41
3.3.5.2.	Démarche suivie pour les femmes adultes.....	42
3.4.	Résultats – Discussion .....	46
3.5.	Conclusion du CES .....	50
3.5.1.	En termes d'apports nutritionnels .....	50
3.5.2.	En termes d'exposition aux contaminants.....	50
3.5.3.	En termes de consommation de groupes alimentaires .....	51
3.6.	Perspectives.....	53
4.	Conclusions et recommandations de l'Agence .....	54
	Mots-clés .....	57
	Bibliographie .....	58
	Annexe 1 : Présentation des intervenants.....	60
	Annexe 2 : Positions divergentes .....	69
	Annexe 3 : Tableaux des contraintes integrees a l'outil d'optimisation .....	70
	Annexe 4 : Synthese des DJA pour les additifs et les résidus de pesticides.....	75
	Annexe 5 : Définition de la taille des portions.....	78
	Annexe 6 : Distribution des apports (g/j) en chaque sous-groupes et groupes alimentaires pour les femmes et hommes adultes. ....	80

Les abréviations suivantes sont utilisées dans l'avis :

AET : apport énergétique total  
AFDN : association française des diététiciens nutritionnistes  
AGMI : acides gras mono-insaturés  
AGPI : acides gras poly-insaturés  
AGS : acides gras saturés  
ALA: acide alpha-linolénique  
ANC : apport nutritionnel conseillé  
ANIA : association nationale des industries alimentaires  
AS : apport satisfaisant  
BMDL : benchmark dose limit  
BNM : besoin nutritionnel moyen  
BPA : bisphénol A  
CES : comité d'experts spécialisé  
CIQUAL : composition nutritionnelle des aliments  
CIRC ou IARC : centre international de recherche sur le cancer  
CUP : continuous update project, mise à jour de l'analyse du WCRF  
D-A-CH : pays germanophones : Allemagne – Autriche - Suisse  
DHA : acide docosahexaénoïque  
DJA : dose journalière admissible  
DJT : dose journalière tolérable  
DHTP dose hebdomadaire tolérable provisoire  
DMTP : dose mensuelle tolérable provisoire  
EAT : étude de l'alimentation totale  
EFSA : European Food Safety Authority  
EPA : acide eicosapentaénoïque  
ER : récepteurs hormonaux aux œstrogènes  
ERCA : Evaluation des risques chimiques liés à l'alimentation  
FBDG : food based dietary guidelines  
HAP4 : Hydrocarbures aromatiques polycycliques  
HBCDD : hexabromocyclododécane  
HCH-gamma : gamma-hexachlorocyclohexane, lindane  
HMD : Health and Medicine Division  
IMC : indice de masse corporelle  
INCa : institut national du cancer  
INCA : étude individuelle nationale des consommations alimentaires  
IOM : Institute of Medicine  
IR : intervalle de référence  
JECFA : comité d'experts FAO/OMS sur les additifs alimentaires  
JMPR : Joint FAO/WHO Meetings on Pesticide Residues  
LMR : limite maximale de résidus

LSS : limite supérieure de sécurité

MCV : maladies cardiovasculaires

NAP : niveau d'activité physique

NCM : Nordic Council of Ministers

NHMRC-MoH : Australian National Health and Medical Research Council - New Zealand Ministry of Health

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

Oqali : observatoire de la qualité des aliments

PBB : polybromobiphényle

PCB : polychlorobiphényle

PNNS : programme national nutrition santé

POP : polluants organiques persistants

RNP : référence nutritionnelle pour la population

SACN : Scientific Advisory Committee on Nutrition

SFN : société française de nutrition

VTR : valeur toxicologique de référence

WCRF : world cancer research fund



## 1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

Le Directeur général de la santé (DGS) a saisi l'Anses le 3 avril 2012 d'une demande d'actualisation des repères de consommations alimentaires du Programme National Nutrition Santé (PNNS).

Dans le cadre du PNNS 2001-2005, l'Afssa avait été saisie (saisine 2001-SA-0126) afin d'élaborer les bases scientifiques pour la formulation des repères de consommations alimentaires. Plusieurs guides alimentaires du PNNS avaient été édités à partir des éléments scientifiques fournis par l'Afssa.

Les repères actuels du PNNS portent sur différents groupes d'aliments (fruits et légumes, féculents, etc.) et sur l'activité physique, avec des déclinaisons pour des populations spécifiques (personnes âgées, enfants, adolescents, femmes enceintes et allaitantes).

L'évolution des données scientifiques au cours des dix dernières années a rendu nécessaire une révision de ces repères de consommations alimentaires et plus généralement celle du socle scientifique permettant d'asseoir les objectifs de santé publique en nutrition.

Ainsi, le PNNS 2011-2015 prévoit l'actualisation des repères tant alimentaires que concernant l'activité physique (action n°11.1). Cette action s'inscrit dans la mesure n°4 visant à développer des actions d'information et d'éducation nutritionnelles. Par ailleurs, l'actualisation des recommandations nutritionnelles (sous la dénomination d'Apports Nutritionnels Conseillés) ainsi que les évaluations relatives aux bénéfices et risques liés à la consommation de certains groupes d'aliments avaient conduit l'Anses à inscrire, dès 2011, la révision des repères de consommations alimentaires dans son programme de travail.

La demande formulée par la DGS concerne particulièrement les points suivants :

- 1) Proposer une nouvelle formulation des repères du PNNS, y compris ceux concernant l'activité physique, sur la base des nouveaux apports nutritionnels conseillés (ANC), des données de consommation des études INCA (étude individuelle nationale des consommations alimentaires), de la composition des aliments (avec les données de la table Ciquel et données de l'Oqali) et des références internationales disponibles.
- 2) Clarifier la position de certains aliments au sein des catégories actuellement utilisées dans les repères en tenant compte de leur qualité nutritionnelle mais également de leur perception par les consommateurs. Notamment, il est demandé de préciser les groupes auxquels appartiennent les fruits secs et oléagineux, le maïs doux (qui peut selon les critères considérés être classé parmi les légumes ou les céréales) et les produits transformés.
- 3) Quantifier les portions, si cette notion est utile dans la nouvelle formulation des repères.

Au regard de la demande formulée par la DGS, l'objectif du travail est de proposer le fonds scientifique nécessaire à l'élaboration des repères de consommations alimentaires.

La démarche mise en place tient compte de la nécessité 1) de limiter le risque nutritionnel - c'est-à-dire de couvrir les besoins nutritionnels et de limiter le risque de maladies chroniques non transmissibles associé à la consommation de certains groupes d'aliment – 2) de limiter le risque vis-à-vis des contaminants chimiques apportés par l'alimentation<sup>1</sup>, 3) tout en prenant en compte les habitudes alimentaires, afin de faciliter l'acceptation des repères et leur mise en œuvre.

---

<sup>1</sup> Par la suite, les contaminants chimiques seront désignés sous le terme contaminants.

## 2. MODALITÉS DE TRAITEMENT ET ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'Anses a confié l'instruction de cette saisine au groupe de travail « Actualisation des repères du PNNS : révision des repères de consommations alimentaires », rattaché au comité d'experts spécialisé « Nutrition humaine » et au CES « Evaluation des Risques Chimiques liés à l'Alimentation », ERCA.

Les travaux d'expertise du groupe de travail ont été soumis régulièrement aux CES (tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques). Les travaux rendus par le groupe de travail tiennent compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres des CES.

Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires. La validation finale de l'avis a eu lieu à la réunion du CES « Nutrition humaine » du 13 octobre 2016.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

La saisine est traitée au sein de la Direction de l'évaluation des risques (DER). L'Unité d'évaluation des risques liés à la nutrition (UERN) assure la coordination scientifique du groupe de travail. En raison de la transversalité de l'expertise, d'autres unités de la DER apportent leur contribution :

- Unité « Evaluation des risques liés aux aliments »
- Unité « Méthodologie et études »
- Unité « Observatoire des aliments »
- Unité « Phyto-pharmacovigilance et observatoire des résidus de pesticides ».

Les personnes ayant contribué à ce travail sont listées en Annexe 1.

### 2.1. Questions traitées et organisation de l'expertise

#### 2.1.1. Questions traitées et découpage thématique

Une organisation en sous-groupes de travail parallèles a été adoptée afin de tenir compte d'une triple contrainte : appliquer les règles de déontologie (cf. 2.2 Prévention des risques de conflits d'intérêt), mettre en œuvre une grande diversité de compétences spécifiques indispensables à l'évaluation et optimiser la conduite de l'expertise. Un groupe de suivi, composé d'experts disposant de compétences transversales, a permis d'assurer la synthèse, la cohérence et la validité scientifique de l'expertise et d'être garant des travaux auprès du CES « Nutrition humaine ».

Pour l'établissement de repères de consommations alimentaires, l'EFSA (2012) préconise la réalisation de plusieurs volets d'expertise, qui doivent être adaptés aux spécificités de la population du pays considéré (notamment en termes de prévalence de maladies et de situation nutritionnelle), et visant à :

- caractériser les relations entre la consommation de certains aliments et les risques de maladies chroniques non transmissibles ;
- identifier les nutriments présentant un intérêt de santé publique (c'est-à-dire les nutriments pour lesquels il existe des risques d'insuffisance ou d'excès d'apports) ;
- identifier les aliments et groupes d'aliments vecteurs des nutriments d'intérêt et participant à la couverture des besoins ;
- caractériser les habitudes alimentaires de la population.

Pour cela, des groupes de travail thématiques ont été constitués, adoptant des approches complémentaires selon plusieurs entrées : par les nutriments, par les aliments et par le comportement alimentaire. Ainsi ont été constitués les 5 groupes de travail thématiques suivants :

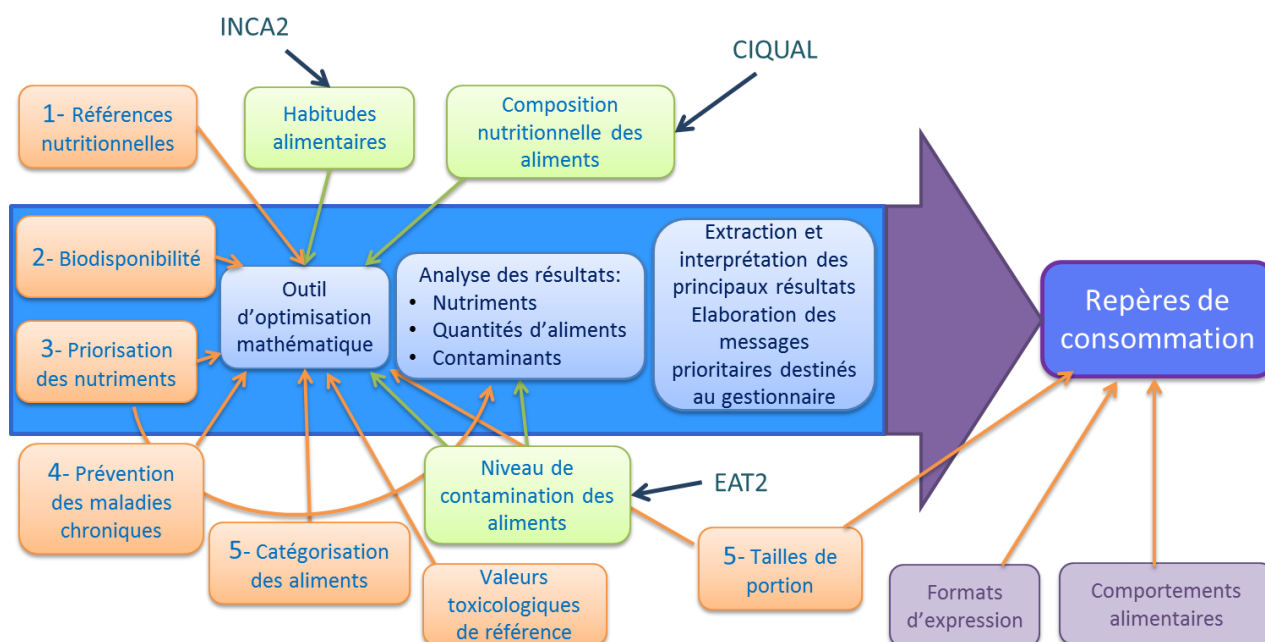
- mise à jour des références nutritionnelles (thématique 1) ;

- étude de la biodisponibilité des vitamines et minéraux selon la matrice alimentaire pour, le cas échéant, pondérer les teneurs en nutriments des aliments en cas de biodisponibilité accrue ou limitée (thématique 2);
- identification des nutriments prioritaires en termes de santé publique (thématique 3) ;
- étude des relations entre la consommation de groupes alimentaires et le risque de maladies chroniques non transmissibles (thématique 4) ;
- détermination d'une nouvelle catégorisation des aliments et définition des tailles de portions les plus représentatives possibles de celles des consommateurs français (thématique 5).

De plus, un outil informatique d'optimisation des consommations alimentaires a été développé. Il propose des combinaisons de groupes d'aliments qui permettent de répondre aux objectifs fixés, c'est-à-dire la couverture des besoins nutritionnels dans leur ensemble, la prévention des maladies chroniques non transmissibles, la minimisation des expositions aux contaminants de l'alimentation, tout en restant dans une gamme d'apports relativement proches des consommations actuelles.

Par ailleurs, d'autres éléments sont à prendre en compte pour la formulation des repères de consommations alimentaires. Notamment, afin de s'assurer de leur bonne compréhension, il convient d'identifier les moyens d'expression les plus clairs possibles pour exprimer les quantités d'aliments recommandées (comme par exemple la part de l'assiette, le contenu d'une poignée de main, le grammage) ainsi que les référentiels temporels les plus adaptés (c'est-à-dire définir s'il est plus compréhensible d'exprimer les repères par repas, journée ou semaine). Par ailleurs, les rythmes alimentaires, la structuration des repas et les contextes de consommation peuvent également influencer la santé. L'analyse de ces éléments pourrait compléter de manière intéressante le fonds scientifique présenté dans le présent avis.

La **Figure 1** ci-dessous représente l'articulation de l'ensemble des travaux menés ou envisagés (dans le cas de l'étude des formats d'expression et des comportements alimentaires) par l'Agence pour l'élaboration des repères de consommations alimentaires.



**Figure 1. Articulation des travaux**

Les cadres verts représentent les données issues d'études (INCA2, EAT2) et de bases de données (CIQUAL) ; les cadres orange représentent les axes de réflexion du groupe de travail, les cadres bleus représentent les étapes du processus d'optimisation mathématique et son interprétation, les cadres violets représentent des éléments descriptifs et contextuels de la prise alimentaire à prendre en compte pour la formulation des repères de consommations alimentaires.



Ce présent avis rassemble, pour les hommes et les femmes adultes, les premiers éléments scientifiques utiles à l'élaboration des repères pour la population. Sont ainsi présentés les synthèses des groupes thématiques qui ont directement participé à l'élaboration de la démarche et les principaux résultats d'optimisation. Il s'agit des travaux des groupes thématiques n°1, 4 et 5.

Seules les synthèses des méthodes de travail et des argumentaires sont présentées ici. Un rapport annexe intitulé « Rapport de l'Anses relatif à l'Actualisation des repères du PNNS : Révision des repères de consommations alimentaires », détaille les éléments décrits dans ce présent avis, notamment les résultats d'optimisation (Anses 2017d). Il est complété par des documents spécifiques et thématiques, publiés en parallèle :

- Avis relatif à l'actualisation des repères du PNNS : Révision des Références Nutritionnelles en vitamines et minéraux pour la population générale adulte (thématique 1) ;
- Rapport « Actualisation des repères du PNNS : Etude des relations entre consommation de groupes d'aliments et risque de maladies chroniques non transmissibles (thématique 4) ;
- Rapport « Equilibre entre les macronutriments : Contribution des macronutriments à l'apport énergétique » ;
- Avis relatif à l'établissement de recommandations d'apport de sucres ;
- Rapport « Equilibre entre les macronutriments : Recommandations d'apport en sucres » ;
- Rapport « Equilibre entre les macronutriments : Recommandations d'apport en fibres ».

En ce qui concerne les travaux du groupe thématique n°2 (*Biodisponibilité des micronutriments*), en l'absence de données de biodisponibilité suffisantes dans l'espèce humaine, seules les données d'absorption ont été considérées. L'insuffisance et la disparité des données concernant l'influence des formes chimiques des nutriments, de la matrice qui les contient ou encore du régime alimentaire n'ont pas permis de définir des coefficients d'absorption qui puissent être utilisés lors de l'optimisation. Ils ne sont donc pas présentés dans cet avis de synthèse.

De la même façon, les travaux du groupe thématique n°3 ne sont pas présentés ici. Ces travaux ont porté sur l'estimation des risques d'insuffisance ou d'excès d'apports nutritionnels pour la population française, dans le but de réfléchir sur la pertinence de favoriser prioritairement la couverture de certains nutriments. Ces estimations sont disponibles dans les avis de l'Anses pour les vitamines et minéraux (Anses 2015b) et pour les acides gras (Anses 2015a). Après une analyse de la validité des biomarqueurs du statut nutritionnel et de leurs méthodes de mesure, les prévalences de statut nutritionnel inadéquat ont été évaluées. La prise en compte de ces deux types de données (données d'apports nutritionnels et biomarqueurs du statut nutritionnel) a permis d'identifier plus précisément les nutriments pour lesquels il existe des risques patents d'insuffisance ou d'excès. Ces travaux ont donc permis de rendre compte de la situation nutritionnelle de différentes populations et pourront servir de base pour l'élaboration de mesures de santé publique spécifiques. Néanmoins, ils n'ont pas été utilisés directement lors des travaux d'optimisation car il a été choisi de considérer tous les nutriments de manière égale. En effet, il a été décidé que les repères de consommations alimentaires proposés devraient permettre de couvrir les besoins pour tous les nutriments, quel que soit le statut nutritionnel actuel de la population pour chacun des nutriments.

### 2.1.2. Périmètre du travail

Ce travail vise à déterminer des niveaux de consommation optimaux pour la population adulte en bonne santé, et non allergique. Sont ainsi considérés les hommes de 18 à 64 ans et les femmes de 18 à 54 ans. A partir de 55 ans, les besoins spécifiques des femmes évoluent et nécessitent d'être étudiés séparément. Par ailleurs, seule l'alimentation courante (c'est-à-dire l'alimentation hors compléments alimentaires) a été considérée. Les boissons alcoolisées n'ont pas été prises en compte dans ce travail. En effet, la définition de repères de consommation relatifs aux boissons alcoolisées, nécessiterait de mener une évaluation bénéfique/risque approfondie de l'ensemble de

leurs effets. En conséquence, dans cet avis l'apport énergétique total (AET) correspond à l'apport énergétique sans alcool.

Par ailleurs, ce travail n'intègre pas de considérations économiques, ni environnementales (impact écologique tel que le bilan carbone), mais uniquement des considérations liées aux risques nutritionnel et toxicologique. Il ne prend pas non plus en compte la variabilité des compositions nutritionnelles et des teneurs en contaminants selon les variétés culturales, les systèmes de production (par exemple pratiques conventionnelles ou alternatives), les conditions de stockage et de transformation, l'origine géographique, les modes de préparation (par exemple type de cuisson), ou toute autre considération agroalimentaire.

### **2.1.3. Auditions de personnalités compétentes et des parties prenantes**

En plus des contributions scientifiques identifiées en début d'expertise, des compétences spécifiques ont été sollicitées à chaque fois que nécessaire afin d'enrichir la discussion et tirer parti d'expériences ayant eu lieu dans d'autres pays. Ces contributions ont été réalisées sous forme d'auditions.

Plus précisément, les questionnements ont porté sur le recueil de données dans des groupes de population (comme la population végétarienne<sup>2</sup>), sur les recherches conduites par les industriels sur leurs produits, sur les études relatives à la perception des repères par les consommateurs, sur la méthodologie adoptée pour évaluer la qualité de l'étude et la force de la preuve dans différents pays européens, et sur des travaux d'optimisation de rations par programmation linéaire.

Sur ces objectifs, ont été auditionnés : des personnalités scientifiques (ayant participé au projet Eurreca ou à des travaux d'optimisation à l'Inra), l'Institut national de l'alimentation de l'Université technique du Danemark (qui a travaillé récemment sur la problématique des repères de consommations alimentaires), l'Association française des diététiciens nutritionnistes (AFDN), des sociétés savantes (la société française de nutrition, SFN), ainsi que des industriels (en partenariat avec l'ANIA) et des associations de consommateurs (véganes, UFC-Que Choisir,...).

L'objectif de ces auditions est de consulter le plus largement possible les parties prenantes afin de faire remonter des informations de terrain et de formuler des questions spécifiques susceptibles de faire l'objet d'analyse par le collectif d'experts.

Ces auditions ont permis de faire progresser les réflexions du groupe de travail au sujet de la mise en œuvre de l'outil d'optimisation, des comportements alimentaires, des types d'alimentation, de la composition nutritionnelle de certains aliments et des moyens d'expression des quantités d'aliments consommées.

## **2.2. Prévention des risques de conflits d'intérêts.**

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont rendues publiques *via* le site internet de l'Anses ([www.anses.fr](http://www.anses.fr)).

L'adoption du présent rapport n'a pas fait l'objet de point de vue divergent à l'exception de la référence nutritionnelle pour la vitamine C chez les femmes et pour le magnésium (Annexe 2).

---

<sup>2</sup> Les repères de consommations alimentaires pour cette population spécifique pourront être proposés ultérieurement

### 3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES

#### 3.1. Approches pour établir des repères de consommations alimentaires - Éléments de contexte

Les repères de consommations alimentaires, proposés au grand public, sont issus d'une synthèse des données disponibles sur l'alimentation et ses liens avec la santé et ont pour finalité de maintenir ou d'améliorer l'état de santé d'une population. Si les repères les plus anciens ont été construits de façon empirique, les plus récents se fondent sur un large corpus de données plus détaillées et ont mis en œuvre des méthodes systématiques.

Ainsi, les précédents repères de consommations alimentaires français ont été fondés sur l'analyse des types de consommations alimentaires identifiés dans la population française. Les apports nutritionnels ont été estimés pour chacun de ces types d'alimentation et mis en regard des références nutritionnelles, ce qui a permis d'identifier le type d'alimentation permettant la meilleure couverture des besoins en nutriments ainsi que les nutriments limitants pour chacun des types d'alimentation. Avec cette méthode, l'adéquation des apports nutritionnels est estimée *a posteriori* sur un nombre restreint de types d'alimentation observés dans la population au moment de la réalisation des enquêtes de consommation. Le fait de prendre comme base un des types d'alimentation observés peut être considéré comme un avantage pour son acceptabilité par l'ensemble de la population, mais présente l'inconvénient de ne pas assurer l'adéquation des apports vis-à-vis de l'ensemble des repères nutritionnels.

En 2007, le Canada a mis en place une démarche globale en deux étapes, fondée sur l'utilisation de « modèles alimentaires ». La première étape consiste à créer des groupes alimentaires à chacun desquels on attribue une teneur en nutriments et en énergie sur la base de la composition nutritionnelle et de la fréquence de consommation des aliments constitutifs du groupe. Puis on définit le nombre de portions pour chacun de ces groupes afin de constituer un modèle alimentaire ayant une teneur en nutriments satisfaisante au regard des références nutritionnelles, et ce pour chaque population considérée. L'élaboration de ce modèle intègre des données de prévention des maladies chroniques non transmissibles et repose également sur des considérations générales de pratiques alimentaires. L'adéquation de ce modèle est évaluée en simulant un grand nombre de régimes types incluant un aliment de chaque groupe sélectionné au hasard parmi les aliments les plus consommés. La distribution des apports en nutriments issus des régimes types est mise en regard des références nutritionnelles. Si la distribution en un ou plusieurs nutriments n'est pas acceptable, le modèle alimentaire est modifié, jusqu'à l'obtention d'un modèle satisfaisant. Ainsi, le modèle alimentaire final obtenu est issu d'une démarche d'itérations successives, évaluant *a posteriori* la satisfaction des besoins nutritionnels.

En Europe, malgré un rapprochement des régimes alimentaires et des modes de vie, il existe d'importantes différences entre les pays, notamment en termes d'habitudes alimentaires et de questions de santé associées. Ainsi, l'EFSA a proposé que chaque pays développe ses propres « recommandations nutritionnelles en fonction du régime alimentaire » exprimées en termes d'aliments (Food based dietary guidelines, FBDG) (EFSA 2010a). En préambule, l'EFSA rappelle que les aliments pris ensemble constituent des régimes alimentaires, qu'ils ne sont pas seulement des combinaisons de nutriments et que ces derniers interagissent entre eux en fonction de la matrice alimentaire dans laquelle ils se trouvent. Les modes de transformation et de préparation des aliments peuvent modifier la valeur nutritionnelle de ceux-ci. Par ailleurs, il est clairement établi que certaines habitudes alimentaires spécifiques sont associées à une diminution du risque de certaines maladies chroniques non transmissibles, que cette association soit liée à un ou des nutriments ou à un type d'alimentation. Enfin certains constituants alimentaires pourraient avoir des fonctions biologiques bénéfiques sans que ni les mécanismes d'action ni la nature exacte de ces composés ne soient complètement identifiés. Au-delà de ces considérations générales, l'EFSA préconise plusieurs étapes pour l'établissement de repères de consommations alimentaires, dont l'Anses s'est inspirée pour établir sa méthode.

### 3.2. Méthode mise en œuvre : une optimisation alimentaire à trois enjeux

L'élaboration de recommandations de consommations alimentaires consiste habituellement à traduire les références nutritionnelles sous forme de combinaisons d'aliments. Cette traduction doit tenir compte de la nécessité de couvrir les besoins nutritionnels de différents groupes dans le but de promouvoir la santé et de réduire le risque de maladies, conformément aux recommandations de l'Efsa (2010). Le contexte actuel d'exposition aux contaminants requiert de chercher également à limiter le risque vis-à-vis des contaminants apportés par l'alimentation, dans le processus d'élaboration des recommandations. Ainsi cette approche plus globale s'apparente à une évaluation de type bénéfice-risque. Il s'agit de prendre en compte l'ensemble des données disponibles concernant les risques qu'ils soient liés aux apports en nutriments (apports supérieurs à la limite supérieure de sécurité, LSS) ou à l'exposition aux contaminants (niveau d'exposition supérieur à la valeur toxicologique de référence, VTR) et de les mettre en regard des bénéfices nutritionnels attendus (couverture des besoins et prévention des maladies).

La prévention du risque nutritionnel est le premier enjeu de la démarche d'optimisation des consommations alimentaires développée dans ce travail. Le risque nutritionnel se conçoit à deux niveaux : celui du nutriment, dont la consommation doit couvrir les besoins dans la population considérée, et celui des groupes d'aliments, dont la consommation doit réduire le risque de maladies chroniques.

Les habitudes alimentaires sont également un élément important à prendre en considération dans la mesure où cela peut faciliter l'acceptation des repères de consommations alimentaires et leur mise en œuvre. Ainsi, la démarche a été d'inscrire les niveaux optimisés de consommations d'aliments dans la gamme des apports observés dans la population française. Cependant, lorsque la couverture du besoin n'est pas réalisable dans les conditions d'apports observés, des variations peuvent être considérées dans la mesure où elles permettent de conserver une certaine acceptabilité *a priori* : par exemple, une substitution d'aliments de même usage est envisagée, comme la substitution du pain raffiné par du pain complet pour favoriser la couverture des besoins en fibres.

Enfin, les niveaux actuels de contamination des aliments sont à prendre en compte dans le processus d'optimisation des consommations alimentaires pour limiter l'exposition aux contaminants, qu'ils fassent ou non l'objet d'une réglementation d'usage<sup>3</sup>.

Afin de pouvoir intégrer toutes ces informations dans une démarche systématique, un outil informatique d'optimisation des consommations alimentaires a été développé. Les solutions d'optimisation représentent des combinaisons de groupes d'aliments qui permettent de répondre aux objectifs fixés, c'est-à-dire la couverture des besoins nutritionnels dans leur ensemble, la réduction du risque de maladies chroniques non transmissibles, la minimisation des expositions aux contaminants de l'alimentation, tout en restant dans une gamme d'apports relativement proches des consommations actuelles. Cette démarche novatrice tient tout d'abord compte *a priori* des contraintes nutritionnelles liées à la couverture des besoins et à la prévention des maladies et intègre de plus les risques liés aux contaminants chimiques.

#### 3.2.1. Prévenir le risque nutritionnel

##### 3.2.1.1. Couvrir les besoins en nutriments

Pour répondre au premier point de la demande de la DGS, un travail de mise à jour des références nutritionnelles a été réalisé par un groupe d'experts dédié. Ses objectifs étaient :

- d'identifier les types de références nutritionnelles disponibles : besoin nutritionnel moyen, références nutritionnelles pour la population, apports satisfaisants, etc. ;

<sup>3</sup> On distingue les substances naturellement présentes dans les aliments ou résultant d'une contamination d'origine environnementale (tels que les contaminants inorganiques et minéraux) des substances utilisées pour des raisons technologiques (telles que les additifs) ou agronomiques (telles que les pesticides) dont l'usage est réglementé.

- de définir les références nutritionnelles à utiliser dans l'établissement des repères de consommations alimentaires pour la population française. Ces valeurs concernent les vitamines et minéraux, les macronutriments énergétiques (lipides et acides gras, protéines et acides aminés, glucides et osides) et l'eau.

### **Définition des différentes références nutritionnelles**

Les définitions des termes utilisés en nutrition ont varié selon les auteurs et au cours du temps. Un état des lieux des termes utilisés (Anses 2017a) met en évidence la nécessité d'harmoniser les termes employés pour un même concept. Cette harmonisation doit se fonder sur une meilleure caractérisation du socle scientifique (type et qualité des données) sur lequel repose la valeur retenue et, en conséquence, son utilisation. Ainsi, les termes relatifs aux références nutritionnelles, c'est-à-dire le Besoin Nutritionnel Moyen (BNM), la Référence Nutritionnelle pour la Population (RNP), l'Apport Satisfaisant (AS), les Intervalles de Référence (IR) ainsi que les Limites Supérieures de Sécurité (LSS) ont été essentiellement définis par les approches mises en œuvre pour les établir et sont les suivantes :

- Besoin Nutritionnel Moyen (BNM) : besoin quotidien moyen au sein de la population, tel qu'estimé à partir de données individuelles d'apport en relation avec un critère d'adéquation nutritionnelle lors d'études expérimentales.
- Référence Nutritionnelle pour la Population (RNP) : apport quotidien qui couvre le besoin de presque toute la population considérée, tel qu'estimé à partir des données expérimentales. La RNP est calculée à partir de l'estimation des paramètres de la distribution du besoin. Le plus souvent la RNP est estimée à partir du BNM auquel on ajoute deux écart-types, pour déterminer ainsi l'apport qui couvre le besoin de 97,5 % de la population. L'écart-type étant le plus souvent estimé à 15 % du BNM, la RNP vaut alors 1,3 fois le BNM. Cette définition est consensuelle dans le monde. Elle correspond à celle de l'ancien terme « apport nutritionnel conseillé », ANC, qui était également utilisé par extension pour différents types de références nutritionnelles. Dans un souci de clarté, le terme d'ANC a été abandonné au profit de RNP et de deux nouveaux types de références nutritionnelles : l'apport satisfaisant et l'intervalle de référence.
- Apport satisfaisant (AS) : apport quotidien moyen d'une population ou d'un sous-groupe pour lequel le statut nutritionnel est jugé satisfaisant.

L'AS est la référence nutritionnelle retenue :

- quand le BNM et donc la RNP ne peuvent pas être estimés faute de données suffisantes, ce qui correspond à la définition de l'« adequate intake (AI) » ;
- ou quand la valeur de RNP peut être estimée mais n'est pas jugée satisfaisante au regard d'observations de population à long terme établissant que cette RNP ne permet pas de satisfaire des critères de santé qui seraient plus pertinents que les critères utilisés pour estimer le BNM. Ainsi, contrairement à l'AI, l'AS n'est pas seulement envisagé comme substitut de la RNP dans le cas où on ne pourrait pas le calculer. Cette définition tient compte aussi du fait qu'on dispose de plus en plus de données concernant les relations entre l'apport et la modulation du risque de pathologie à long terme.
- Intervalle de Référence (IR) : intervalle d'apports considérés comme satisfaisants pour le maintien de la population en bonne santé. Il s'agit d'une référence nutritionnelle spécifique aux macronutriments énergétiques, exprimée en pourcentage de l'apport énergétique total.
- Limite Supérieure de Sécurité (LSS) : apport journalier chronique maximal d'une vitamine ou d'un minéral considéré comme peu susceptible de présenter un risque d'effets indésirables sur la santé de toute la population.



### **Identification d'une référence nutritionnelle pour l'eau**

En 2010, l'EFSA a défini un apport satisfaisant en eau pour les hommes et femmes adultes ayant un mode de vie modérément actif (niveau d'activité physique, NAP<sup>4</sup> = 1,6) et vivant dans un milieu tempéré. Cet apport satisfaisant concerne toutes les sources d'eau, c'est-à-dire l'eau de boisson, l'eau présente dans les autres boissons et l'eau contenue dans les aliments.

L'EFSA a défini un apport satisfaisant de 2 L/j pour les femmes et de 2,5 L/j pour les hommes, fondé à la fois sur les apports observés et sur les données d'apports permettant d'atteindre une osmolarité urinaire adéquate de 500 mosm/L (EFSA 2010b).

### **Identification d'une référence nutritionnelle pour le besoin énergétique**

Au-delà des références nutritionnelles en vitamines, minéraux et macronutriments, il a été proposé de fixer le niveau d'apport énergétique utilisé pour exprimer les références nutritionnelles dépendantes directement de l'apport énergétique, comme par exemple la vitamine B1.

L'estimation du besoin énergétique suppose de connaître le besoin énergétique basal des individus d'une population, lui-même estimé à partir de l'âge, du sexe, de la taille et du poids, et de connaître le NAP.

Afin d'évaluer le besoin énergétique médian de la population générale adulte, une estimation du métabolisme de base a été nécessaire. Sur la base des conclusions du rapport de l'EFSA, il a été considéré qu'aucune des cinq équations prédictives utilisables chez l'adulte n'est préférable à une autre (EFSA 2013). Ainsi, pour chaque tranche d'âge et pour chaque sexe, le métabolisme basal a été estimé selon ces 5 équations (Schofield *et al.* 1985, Harris and Benedict 1919, Henry 2005, Mifflin *et al.* 1990, Muller *et al.* 2004). De même, pour chaque tranche d'âge et pour chaque sexe, le poids de référence a été calculé à partir de la taille médiane de la population rapportée dans l'étude INCA2 et sur la base d'un indice de masse corporelle (IMC) de 22 kg/m<sup>2</sup>. En effet, plus de 40 % des individus de la population de l'étude INCA2 sont en surpoids ou obèses. Afin d'estimer le besoin d'une population normopondérale, il a été décidé de considérer non pas le poids réel mais un poids correspondant à un IMC normal. Un IMC présumé sain de 22 kg/m<sup>2</sup> a été retenu car au centre de l'intervalle (20-25 kg/m<sup>2</sup>) considéré comme sain et déjà utilisé par l'EFSA dans ses calculs de besoin énergétique (EFSA 2013). Ces calculs sont décrits dans le rapport (Anses 2017d).

Concernant le NAP, le Scientific Advisory Committee on Nutrition (SACN 2011) a estimé la dépense énergétique des 24 h de 929 individus avec la technique de référence, c'est à dire la méthode à l'eau doublement marquée. L'étude rapporte un NAP médian de 1,63 et des valeurs aux 25<sup>ème</sup> et 75<sup>ème</sup> centiles de 1,49 et 1,78, respectivement pour une population adulte en bonne santé. Appliqué aux valeurs de métabolisme de base estimées selon les 5 équations, ce NAP médian de 1,63 a permis d'estimer les besoins énergétiques médians des hommes et femmes français selon leur âge entre 18 et 79 ans et pour un IMC de 22 kg/m<sup>2</sup>. Ces estimations sont décrites dans le rapport annexe (Anses 2017d). Ainsi, un besoin énergétique de 2600 kcal/j et de 2100 kcal/j (moyennes réalisées sur toutes les valeurs, toutes tranches d'âge obtenues à partir des 5 équations) pour les hommes âgés de 18 à 69 ans et les femmes âgées de 18 à 59 ans respectivement a été retenu.

### **Identification des références nutritionnelles en vitamines et minéraux**

Il a été choisi de mettre en regard, de manière systématique, les valeurs de référence pour les vitamines et minéraux proposées par les rapports et avis internationaux issus des organismes suivants :

---

<sup>4</sup> Le NAP est calculé comme le rapport entre la dépense énergétique sur 24 h et le métabolisme de base. Il correspond au MET (équivalent métabolique d'une activité) moyen sur 24 h.

- OMS (Organisation Mondiale de la Santé, 2004 et 2014) ;
- EFSA (European Food Safety Agency, depuis 2013 et toujours en cours) ;
- HMD (Health and Medicine Division, ex-IOM (Institute of Medicine), ensemble des avis entre 1997 et 2011) ;
- NCM (the Nordic Council of Ministers, Nordic Nutrition Recommendations, (NCM 2012)) ;
- D-A-CH (Allemagne – Autriche - Suisse, 2013 et 2015) (D-A-CH 2015) ;
- NHMRC-MoH (Australian National Health and Medical Research Council - New Zealand Ministry of Health, 2006).

Ces rapports ont été choisis car issus d'instances internationales (OMS, EFSA, NCM, D-A-CH, NHMRC-MoH) ou nationales (HMD) dont la population suit un régime de type occidental et parce qu'ils étaient récents.

Cependant, l'EFSA a entrepris depuis 2010 une réévaluation complète des références nutritionnelles. En conséquence, l'Anses a choisi de prendre en considération en priorité les valeurs de référence proposées par l'EFSA, en les adaptant si besoin et sur des considérations explicites, aux conditions précises concernant la population française. Seuls les avis de l'EFSA publiés ou à défaut ceux mis en consultation publique avant le 1<sup>er</sup> juillet 2015 ont été considérés ici. Pour fixer les références nutritionnelles, l'arbre de décision présenté ci-dessous a été suivi :

- ✓ Existence d'une évaluation par l'EFSA :
  - **Le Panel EFSA propose un BNM et une RNP :** la valeur, après analyse de la démarche suivie par l'EFSA et mise en regard de la situation française, peut être endossée sauf si des objections fortes sont soulevées, auquel cas un nouvel argumentaire est développé pour appuyer la proposition de révision de la valeur proposée par l'EFSA ;
  - **Le Panel EFSA propose un AS :**
    - ✓ sur la base de données de marqueurs ou d'études épidémiologiques : la valeur, après analyse de la démarche suivie par l'EFSA et mise en regard de la situation française, peut être retenue ;
    - ✓ sur la base d'une moyenne de consommation observée au niveau européen. Dans ce cas, le principe et la démarche suivie sont pris en compte mais c'est une valeur issue de la moyenne de consommation française<sup>5</sup> (hors consommation de compléments alimentaires) pour chaque population, incluant les possibles sous-déclarants qui est retenue ;
- ✓ Absence d'évaluation par l'EFSA : le choix de la référence nutritionnelle se fait à partir des références nutritionnelles des différents rapports et avis cités ci-dessus, au cas par cas, avec l'appui, au besoin, de nouvelles données bibliographiques.

Pour ce qui concerne les valeurs de référence relatives aux excès d'apport, les LSS fixées au niveau européen par le Scientific Committee on Food (SCF) puis par l'EFSA ont été les seules considérées.

### **Identification des références nutritionnelles pour les macronutriments énergétiques**

Les références nutritionnelles pour les macronutriments énergétiques ont été définies par un groupe de travail dédié, dont la réflexion a porté, d'une part, sur l'équilibre entre les lipides, glucides et protéines et, d'autre part, sur l'élaboration de références nutritionnelles pour les glucides dont les sucres et les fibres (Anses 2017e).

<sup>5</sup> Données issues de l'étude INCA2 pour la population des hommes de 18 à 64 ans et des femmes de 18 à 54 ans (Afssa 2009)

Cette expertise vise ainsi à mettre à jour les recommandations d'apports en macronutriments en considérant l'équilibre conjoint entre les trois macronutriments, sur la base des références nutritionnelles en protéines (Afssa 2007) et en lipides (Anses 2011b) existants.

D'autre part, compte tenu de l'ancienneté des dernières recommandations françaises concernant les glucides qui ont été émises en 2001 (Afssa 2001), une révision des références nutritionnelles en glucides s'est avérée nécessaire (Anses 2017b, f). L'objectif de ce travail était de préciser les apports recommandés en sucres et d'actualiser ceux en fibres, au regard des dernières données de la littérature sur les effets des différents types de glucides sur la santé, tout en prenant en compte les évolutions concernant l'approche scientifique avec laquelle les glucides sont étudiés (terminologie, définitions, classification).

#### Distribution des macronutriments dans l'apport énergétique total (AET)

L'objectif est de proposer des recommandations sous forme d'intervalles de consommation de chaque macronutriment exprimés en pourcentage de l'AET. Cette démarche se fonde sur la prise en compte simultanée de plusieurs macronutriments comme cela a été fait par l'HMD (ex-IOM) dans son rapport publié en 2005 sur les *dietary reference intake* (DRI).

Le **Tableau 1** résume la démarche adoptée. La description complète de la méthode suivie ainsi que l'analyse des données ayant conduit aux recommandations mentionnées ci-dessous sont disponibles dans le rapport de l'Anses (Anses 2017e)

L'équilibre entre les différents macronutriments dans l'apport énergétique doit permettre la couverture du besoin en nutriments indispensables (acides aminés et acides gras indispensables). En outre, il doit correspondre au moindre risque de surpoids, de désordres métaboliques et de maladies chroniques non transmissibles (maladies cardiovasculaires, MCV, diabète, certains cancers). Une synthèse bibliographique de ces deux types de données a été réalisée. Pour chacun des trois macronutriments on dispose ainsi d'un intervalle de contribution satisfaisante à l'AET, défini par une limite basse et une limite haute. Ces recommandations supposent un bilan énergétique équilibré entre les dépenses et les apports.

**Tableau 1. Démarche adoptée pour l'établissement des limites hautes et basses en macronutriments**

	% minimal	% maximal
Lipides	Recommandations 2011	Recommandations 2011
Protéines	Traduction de l'apport minimal établi en g/kg pc/j (recommandations Afssa, 2007)	Recherche bibliographique de l'augmentation du risque de désordres métaboliques et/ou pathologies chroniques selon le % de protéines
Glucides	Recherche bibliographique de l'augmentation du risque de désordres métaboliques et/ou pathologies chroniques selon le % de glucides	Recherche bibliographique de l'augmentation du risque de désordres métaboliques et/ou pathologies chroniques selon le % de glucides

#### *En ce qui concerne les limites basses*

Les protéines doivent au minimum être apportées à hauteur de 10 % de l'AET pour la majorité de la population générale, avec toutefois un apport minimal augmenté à 12 % de l'AET pour les femmes de plus de 50 ans et les hommes de plus de 60 ans ayant un très faible NAP.



L'apport en lipides doit être au minimum de 35 % de l'AET, d'une part, pour assurer l'apport en acides gras indispensables et, d'autre part, dans une perspective de prévention primaire des maladies chroniques non-transmissibles.

L'apport en glucides doit être au minimum de 40 % de l'AET, seuil en dessous duquel les risques des désordres métaboliques peuvent être augmentés.

#### *En ce qui concerne les limites hautes*

Les valeurs hautes sont déterminées en fonction des risques possibles ou avérés de désordres métaboliques. Chaque valeur haute doit aussi être compatible avec les valeurs basses des deux autres macronutriments.

L'apport maximal en protéines est difficile à déterminer en raison d'une grande tolérance apparente aux forts apports en protéines et de l'absence d'élément convaincant concernant le risque métabolique. Cependant, nous avons choisi, par prudence, une limite à 20 % de l'AET. L'apport maximal en lipides est de 40 % de l'AET, valeur au-delà de laquelle le risque de déséquilibre énergétique et de ses conséquences éventuelles est accru.

L'apport maximal en glucides est de 55 % de l'AET, valeur au-delà de laquelle les risques d'insulinorésistance, de diabète, de maladies cardiovasculaires et de certains cancers sont accrus.

Au-delà de la fixation des IR pour les macronutriments énergétiques, ce travail de mise à jour des recommandations d'apports en macronutriments a permis de souligner que la nature des régimes associés aux niveaux d'apports en macronutriments est une variable importante, voire critique pour expliquer les relations à la santé. En particulier, au-delà des aspects quantitatifs des apports en macronutriments, il sera nécessaire de prendre en compte les aspects qualitatifs.

Pour les lipides et les glucides, il convient de s'assurer que la qualité de leurs aliments vecteurs permet de couvrir les besoins en acides gras indispensables, vitamines et minéraux, d'une part, et de garantir les apports recommandés en acides gras monoinsaturés (AGMI) et polyinsaturés (AGPI) et fibres, d'autre part, tout en limitant les apports en sucres et en privilégiant les glucides complexes à faibles indices glycémiques.

En revanche, pour les protéines, les niveaux de consommation et la diversité des sources permettent de couvrir les besoins en acides aminés indispensables dans la population générale. La question de la qualité ne se pose que dans les cas où les apports sont proches des valeurs basses. Dans cette situation, les sources protéiques devront être choisies pour permettre un apport équilibré en acides aminés dans le régime.

#### Recommandations d'apport en acides gras

En ce qui concerne les recommandations d'apports en acides gras, les recommandations proposées en 2011 restent inchangées (Anses 2011b) :

- La recommandation pour l'acide alpha-linolénique (ALA) a été fixée à 1 % de l'AET pour l'homme et la femme adulte, dans un but de prévention de MCV. Elle a une valeur d'AS.
- La recommandation pour l'acide linoléique fixée à 4 % de l'AET pour l'adulte résulte à la fois du souci d'atteindre un total en AGPI favorable à la prévention cardiovasculaire et d'en limiter les apports pour respecter le rapport acide linoléique/ALA inférieur à 5.
- La recommandation pour l'acide docosahexaénoïque (DHA) a été fixée à 250 mg/j en raison de son très faible taux de conversion à partir de l'ALA. Elle a une valeur d'AS.
- La recommandation pour l'acide eicosapentaénoïque (EPA) a été fixée à 250 mg/j, sur la base de données de prévention, notamment des MCV. Elle a une valeur d'AS.
- Les acides gras saturés (AGS) ne sont pas considérés comme un ensemble homogène car ils diffèrent par leur structure, leur métabolisme, leurs fonctions cellulaires et même leurs effets délétères en cas d'excès. Seul le sous-groupe des « acides laurique,

myristique et palmitique » est considéré comme athérogène en cas d'excès. Sur la base d'études d'observation et non d'intervention formelle, un apport maximal de 8 % de l'AET a été fixé pour le sous-groupe « acides laurique, myristique et palmitique ».

- La recommandation pour l'acide oléique a été fixée sous forme d'une fourchette de 15 à 20 % de l'AET. La limite inférieure d'apport est sous-tendue par le risque lié à la substitution de l'acide oléique par les AGS « athérogènes en excès ». Quant à la limite supérieure d'apport, elle est suggérée par des données épidémiologiques et cliniques sur les facteurs de risque cardiovasculaires. Elle a une valeur d'IR.

### Recommandations d'apports en sucres (Anses 2017b)

L'analyse des diverses nomenclatures utilisées pour caractériser les glucides (simples ou complexes, lents ou rapides, sucres, sucres ajoutés) montre qu'il n'existe pas de catégorisation unique et que ces différences ont un impact sur l'interprétation des données concernant les liens entre les apports en sucres ajoutés et la santé. Dans cet avis, pour distinguer les différents types de glucides présents dans l'alimentation, il a été choisi de retenir les définitions suivantes :

- sucres totaux : mono et diosides et par assimilation, les sirops de glucose et/ou de fructose digérés et/ou absorbés et métabolisés ;
- amidons et dérivés digestibles de l'amidon : glucides digérés et majoritairement absorbés dans l'intestin sous forme de glucose.

Par ailleurs, au sein des sucres totaux, ont été distingués les sucres naturellement présents dans l'aliment (comme le fructose et le saccharose des fruits et légumes ou le lactose des produits laitiers), des sucres ajoutés lors de la fabrication de produits alimentaires, qu'ils soient sous forme de sucres ou de matières sucrantes (y compris le miel, le sirop d'agave ou d'érable, les concentrés à base de fruits dont les confitures, etc.). Le terme « sucre ajouté » s'applique ici à tous les composés augmentant la teneur en sucres d'un aliment ou d'une préparation alimentaire.

Il existe actuellement de nombreuses recommandations concernant les sucres ajoutés ou concernant les sucres libres, dont celles de l'OMS (WHO 2015) (moins de 10 % de l'AET, des apports inférieurs à 5 % présenteraient des avantages supplémentaires sur la santé). Au regard des données disponibles, une recommandation portant uniquement sur les apports en sucres dits « ajoutés » n'est pas justifiée. En effet, les données disponibles ne permettent pas de distinguer les effets sur la santé des sucres naturellement présents dans les aliments de ceux des sucres ajoutés.

L'analyse de la littérature réalisée dans le cadre de cette expertise montre qu'il existe un faisceau d'éléments convergeant vers des effets néfastes d'apports élevés en sucres qui rend nécessaire la diffusion de recommandations limitant les apports de sucres dans la population. Les données actuellement disponibles ne permettent pas d'établir précisément le seuil de sucres totaux à partir duquel ces effets apparaissent. La fixation d'une limite maximale à cet apport a toutefois été jugée nécessaire.

Afin d'établir cette limite, il a été décidé de transposer à l'ensemble des sucres les données les plus fiables de la littérature. Celles-ci ont en général été obtenues avec le fructose.

En faisant l'hypothèse que les effets spécifiques des sucres sont liés à leur teneur en fructose, le choix de fixer une limite maximale fondée sur l'apport de sucres contenant du fructose (saccharose, sirops de glucose-fructose, miel ou autres sirops et concentrés naturels contenant du fructose, fructose pur) a été retenu. L'apport le plus bas identifié dans la littérature à partir duquel une altération des marqueurs du risque est observée a été considéré. La consommation minimale pour laquelle il a été observé une augmentation significative des concentrations sanguines de triglycérides est de 50 g de fructose par jour.

Concernant le lactose et le galactose, qui sont les deux autres sucres consommés par la population générale, les données disponibles ne permettent pas d'établir un lien avec un risque. La limite maximale de consommation de sucres proposée ne concerne donc pas les sucres naturellement présents dans le lait et les produits laitiers.

Un apport de 50 g de fructose correspond à un apport de 100 g de saccharose. Ainsi, une limite supérieure de 100 g/j a été fixée à la consommation totale de sucres, hors lactose et galactose. Cette limite s'applique à la population générale adulte saine. Cette limite concerne les sucres totaux, qu'ils soient naturellement présents dans l'alimentation ou ajoutés lors de la fabrication ou la préparation des aliments. Cette valeur représente une limite supérieure d'apport à ne pas dépasser, et non une recommandation d'apport.

#### Recommandations d'apports en fibres (Anses 2016)

La définition du *Codex Alimentarius*, proposée en 2009 (Codex, ALINORM 09/32/26) a été utilisée : « Fibres alimentaires signifie les polymères glucidiques comportant au moins dix unités monomères qui ne sont pas hydrolysées par les enzymes endogènes dans l'intestin grêle des humains et qui appartiennent aux catégories suivantes :

- les polymères glucidiques comestibles naturellement présents dans l'aliment tel que consommé ;
- les polymères glucidiques qui ont été obtenus à partir de substances alimentaires brutes par des moyens physiques, enzymatiques ou chimiques et dont un effet physiologique bénéfique sur la santé a été démontré à des autorités compétentes par des données probantes scientifiques généralement reconnues ;
- les polymères glucidiques synthétiques dont un effet physiologique bénéfique pour la santé a été démontré à des autorités compétentes par des données probantes scientifiques généralement reconnues. »

Les résultats présentés ci-dessous sont issus de l'analyse de la bibliographie disponible, réalisée jusqu'en avril 2013. Ont été prises en compte les études et méta-analyses portant sur les effets physiologiques des fibres et sur les relations entre la consommation des fibres et la prévention primaire des maladies chroniques, et publiées après 2006, date de la dernière expertise de l'OMS sur les fibres (Mann *et al.* 2007). Pour la thématique spécifique du cancer, ont été considérés les derniers travaux du WCRF/AIRC (WCRF 2007) et ses actualisations réalisées dans le cadre du Continuous Update Project (CUP).

Il existe une réduction du risque associée à la consommation des fibres alimentaires, pour les MCV, le diabète de type 2 et les cancers du côlon-rectum et du sein. Cette réduction est observée parfois à partir de 25 g/j et de façon plus concordante pour un apport de 30 g/j.

Ainsi, un AS à 30 g de fibres totales alimentaires par jour a été retenu.

L'ensemble des références en vitamines et minéraux sont récapitulées dans le **Tableau 2** et le **Tableau 3** pour les hommes et les femmes respectivement. Les références en macronutriments énergétiques pour les hommes et les femmes sont récapitulées dans le **Tableau 4**

**Tableau 2. Récapitulatif des références nutritionnelles en vitamines et minéraux pour les hommes adultes**

Vitamines/ minéraux	BNM	RNP	AS	Observations	Source	LSS <sup>6</sup>
Vitamine A (µg ER/j)	570	750			EFSA, 2015	3000
Vitamine B1 (mg)			0,14 mg/MJ Soit 1,5 mg/j	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des marqueurs métaboliques	Afssa, 2001	ND
Vitamine B2 (mg)			0,17 mg/MJ Soit 1,8 mg/j	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des marqueurs métaboliques	Afssa, 2001	ND
Vitamine B3 (mg)	1,3 mg NE/MJ Soit 14,4 mg/j	1,6 mg NE/MJ Soit 17,4 mg/j			EFSA, 2014	10 (a. nicotinique) 900 (nicotinamide)
Vitamine B5 (mg)			5,8	Apport satisfaisant égal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2014 Adapté à la population française	ND
Vitamine B6 (mg)			1,8	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	Afssa, 2001	25
Vitamine B9 (µg EFA)	250	330			EFSA, 2014	1000 (a. folique)
Vitamine B12 (µg)			4	Apport satisfaisant issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2015	ND
Vitamine C (mg)	90	110			EFSA, 2013	ND
Vitamine D (µg)	10	15			IOM, 2011	50
Vitamine E (mg)			10,5	Apport satisfaisant Egal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2015 Adapté à la population française	300
Calcium (mg)	860 750	1000 950		Avant 25 ans Après 25 ans	EFSA, 2015	2500
Cuivre (mg)	1	1,3			Afssa, 2001 adapté sur la base d'études récentes	5
Fer (mg)	6	11			EFSA, 2015	ND
Iode (µg)			150	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2014	600

<sup>6</sup> Les LSS sont issues de l'avis de l'Efsa de 2006 et 2012 (pour la vitamine D et le calcium) et actualisées dans les avis de l'agence européenne sur chaque vitamine et minéral depuis 2013.

Vitamines/ minéraux	BNM	RNP	AS	Observations	Source	LSS <sup>6</sup>
Magnésium (mg)	ND	420		Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des données épidémiologiques	Afssa, 2001 adapté sur la base d'études récentes	ND
Manganèse (mg)			2,8	Apport satisfaisant Egal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2013 Adapté à la population française	ND
Phosphore (mg)			700	Apport satisfaisant Basé sur un rapport équimolaire Ca/P	EFSA, 2014	ND
Potassium (mg)				A déterminer sur la base d'un rapport équimolaire Na/K	OMS, 2012	ND
Sélénium (µg)			70	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2014	300
Sodium (mg)	-	-		Données disponibles non consensuelles	-	ND
Zinc (mg)	7,5 9,3 11	9,4 11,7 14		si 300 mg/j de phytates si 600 mg/j de phytates si 900 mg/j de phytates	EFSA, 2014	25

EFA : équivalent folate alimentaire ; EN : équivalent niacine ; ND : non défini, les données disponibles n'ont pas permis de fixer une NOAEL<sup>7</sup> ou un seuil au-delà duquel une toxicité a été mise en évidence.

<sup>7</sup> No Observed Adverse Effect Level : dose sans effet toxique

**Tableau 3. Récapitulatif des références nutritionnelles en vitamines et minéraux pour les femmes adultes**

Vitamines/ minéraux	BNM	RNP	AS	Observations	Source	LSS <sup>8</sup>
Vitamine A (µg ER)	490	650			EFSA, 2015	3000
Vitamine B1 (mg)			0,14 mg/MJ Soit 1,2 mg/j	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des marqueurs métaboliques	Afssa, 2001	ND
Vitamine B2 (mg)			0,17 mg/MJ Soit 1,5 mg/j	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des marqueurs métaboliques	Afssa, 2001	ND
Vitamine B3 (mg)	1,3 mg EN/MJ Soit 11,4 mg/j	1,6 mg EN/MJ Soit 14 mg/j			EFSA, 2014	10 (a. nicotinique) 900 (nicotinamide)
Vitamine B5 (mg)			4,7	Apports satisfaisant Egal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2014 Adapté à la population française	ND
Vitamine B6 (mg)			1,5	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	Afssa, 2001	25
Vitamine B9 (EFA µg)	250	330			EFSA, 2014	1000 (a. folique)
Vitamine B12 (µg)			4	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2015	ND
Vitamine C (mg)	90	110			EFSA, 2013 adapté à la population française	ND
Vitamine D (µg)	10	15			IOM, 2011	50
Vitamine E (mg)			9,9	Apport satisfaisant Egal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2015 Adapté à la population française	300
Calcium (mg)	860 750	1000 950		Avant 25 ans Après 25 ans	EFSA, 2015	2500
Cuivre (mg)	0,8	1			Afssa, 2001 adapté sur la base d'études récentes	5
Fer (mg)	6	11 ou 16		selon utilisation d'une contraception hormonale	EFSA, 2015	ND
Iode (µg)			150	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2014	600

<sup>8</sup> Les LSS sont issues de l'avis de l'Efsa de 2006 et 2012 (pour la vitamine D et le calcium) et actualisées dans les avis de l'agence européenne sur chaque vitamine et minéral depuis 2013.

Vitamines/ minéraux	BNM	RNP	AS	Observations	Source	LSS <sup>8</sup>
Magnésium (mg)			360	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des données épidémiologiques	Afssa, 2001 adapté sur la base d'études récentes	ND
Manganèse (mg)			2,5	Apport satisfaisant Egal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2013 Adapté à la population française	ND
Phosphore (mg)			700	Apport satisfaisant Basé sur un rapport équimolaire Ca/P	EFSA, 2014	ND
Potassium (mg)				A déterminer sur la base d'un rapport équimolaire Na/K	OMS, 2012	ND
Sélénium (µg)			70	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2014	300
Sodium (mg)	-	-		Données disponibles non consensuelles	-	ND
Zinc (mg)	6,2 7,6 8.9	7,5 9,3 11		si 300 mg/j de phytates si 600 mg/j de phytates si 900 mg/j de phytates	EFSA, 2014	25

EFA : équivalent folate alimentaire ; EN : équivalent niacine ; ND : non défini, les données disponibles n'ont pas permis de fixer une NOAEL<sup>9</sup> ou un seuil au-delà duquel une toxicité a été mise en évidence.

<sup>9</sup> No Observed Adverse Effect Level : dose sans effet toxique

**Tableau 4. Récapitulatif des références nutritionnelles en macronutriments énergétiques pour les hommes et les femmes adultes**

Macronutriments énergétiques	IR		AS	Niveau d'apport maximal
	Borne inférieure	Borne supérieure		
<b>Protéines (% AET)</b>	<b>10</b>	<b>20</b>		
<b>Lipides (% AET)</b>	<b>35</b>	<b>40</b>		
Acides gras saturés totaux (% AET)				12
Acides laurique + myristique+ palmitique (% AET)				8
Acide linoléique (% AET)			4	
Acide $\alpha$ -linoléique (% AET)			1	
EPA + DHA (mg)			500	
<b>Glucides (% AET)</b>	<b>40</b>	<b>55</b>		
Sucres totaux hors lactose (g)				100
Fibres (g)			30	

AET, apport énergétique total ; AS, apport satisfaisant ; IR, intervalle de référence,



### **Prise en compte des références nutritionnelles dans l'outil d'optimisation**

Dans le cadre de ce travail d'optimisation alimentaire, il convient de signaler que l'utilisation des références nutritionnelles pour certains minéraux et vitamines nécessite un travail d'interprétation et de contextualisation des valeurs retenues.

En ce qui concerne les AS par exemple, certains ont été établis sur la base d'apports observés, avec un niveau de preuve jugé trop faible pour pouvoir être intégré dans l'outil d'optimisation. Aussi, pour les vitamines B5 et E ainsi que le manganèse, aucune référence nutritionnelle n'est prise en compte dans l'outil d'optimisation. Il est toutefois vérifié que les quantités de nutriments proposées par les solutions de l'optimisation sont du même ordre de grandeur que les apports observés actuellement en France (dans l'étude INCA2).

Dans certains cas, l'utilisation des valeurs requiert des informations de données d'apports ou de composition de l'aliment qui ne sont pas toujours disponibles. Ainsi, en ce qui concerne le zinc, l'EFSA a proposé quatre valeurs de RNP selon la teneur en phytates du régime (300, 600, 900 et 1200 mg/j) (EFSA 2014d). Celle-ci est d'autant plus élevée que les apports en aliments céréaliers complets ainsi qu'en légumineuses sont élevés. Une estimation des apports en phytates de la population générale française est nécessaire pour déterminer laquelle des 4 valeurs est à utiliser pour la population cible. Dans le cas de la population française, pour ce travail, les apports en phytates ont été considérés comme similaires à ceux observés au Royaume-Uni et estimés entre 600 et 900 mg/j, selon les classes d'âge et le sexe. Ainsi, il a été retenu comme contrainte nutritionnelle inférieure la RNP fixée à 14 mg/j pour les hommes et 11 mg/j pour les femmes, correspondant à des apports en phytates de 900 mg/j. Ceci est en cohérence avec l'objectif de maximiser les apports en produits céréaliers complets (voir partie 3.1.1.2).

En ce qui concerne la limite de sécurité de la vitamine B3, qui se présente soit sous forme d'acide nicotinique soit sous forme de nicotinamide, il existe une limite supérieure de sécurité fixée à 10 mg et à 900 mg, respectivement. Ces deux formes d'apport ne sont pas distinguées dans les tables de composition nutritionnelle. Il a été estimé que la vitamine B3 se trouvait majoritairement sous forme de nicotinamide dans l'alimentation, ce qui plaide en faveur de l'introduction d'une limite de sécurité à 900 mg/j dans l'outil d'optimisation.

En ce qui concerne la limite supérieure de sécurité (LSS) de la vitamine B9, il n'en existe pas pour les folates (forme naturelle de la vitamine B9) mais il en existe une pour l'acide folique fixée à 1000 µg. Les folates étant la forme présente de façon très dominante dans l'alimentation, il n'est pas apparu pertinent d'utiliser la LSS de 1000 µg relative à l'acide folique dans l'outil d'optimisation.

Dans d'autres cas, l'utilisation des valeurs est dépendante du métabolisme et de la physiologie de l'individu.

C'est le cas par exemple de la vitamine D pour laquelle la RNP a été construite en considérant une synthèse endogène via l'exposition solaire comme étant nulle. Cette hypothèse extrême a été retenue, car on ne peut pas estimer le niveau de synthèse endogène de la population, très variable en fonction des individus (notamment du fait de la couleur de la peau), du temps passé à l'extérieur et de la latitude du lieu de vie. Néanmoins, cette RNP est difficilement atteignable par les seuls apports alimentaires actuels (Afssa 2009). Ainsi, la contrainte nutritionnelle inférieure en vitamine D ne pourra pas être considérée comme une contrainte bloquante dans la démarche d'optimisation et pourra être rendue flexible si besoin.

Dans le cas du fer pour la population féminine, la valeur de la référence nutritionnelle est dépendante des pertes menstruelles parfois difficile à estimer et à qualifier. Néanmoins, deux références nutritionnelles différentes selon les pertes menstruelles des femmes ont été fixées : 11 mg/j pour une absence ou des pertes faibles à normales et 16 mg/j pour des pertes élevées. Ainsi, pour la population féminine, deux séries d'optimisation alimentaire sont proposées afin de

respecter la distribution non gaussienne des besoins en fer, selon le niveau de pertes menstruelles et en conséquence du mode de contraception dans la plupart des cas.

Ainsi, seront proposées :

- une démarche d'optimisation « fer bas » pour les femmes dont les pertes menstruelles sont faibles, notamment les femmes sous contraception hormonale ;
- et une démarche d'optimisation « fer haut » pour les femmes dont les pertes menstruelles sont élevées.

Enfin, il n'a pas toujours été possible de proposer des références nutritionnelles pour toutes les vitamines et minéraux comme par exemple pour le sodium pour lequel l'état actuel des connaissances ne permet pas d'en fixer (Anses 2017a). Cependant, compte tenu des apports aujourd'hui constatés au regard des objectifs de santé publique, le risque d'apports trop élevés en sodium est jugé supérieur au risque d'insuffisance d'apport. Dans cette situation, il convient de fixer comme objectif de santé publique la non augmentation des apports sodés de la population. C'est ainsi que pour les travaux d'actualisation des repères de consommations alimentaires (Anses 2017d), la médiane de consommation a été choisie comme valeur maximale à ne pas dépasser, ce qui revient à faire diminuer les apports de la moitié de la population ayant des apports supérieurs, en accord avec les politiques de santé publiques (PNNS). Les apports médians issus des données INCA2 en sodium sont les suivants (hors sodium issu du sel ajouté à table) : 2273 mg pour les femmes et 2994 mg pour les hommes. La fixation d'une valeur « maximale » pour le sodium permet en conséquence de proposer une valeur pour le potassium, conformément aux recommandations de l'OMS qui préconise un rapport sodium/potassium équimolaire.

L'ensemble des contraintes nutritionnelles intégrées à l'outil d'optimisation sont présentées dans le **Tableau 7** en Annexe 3.

### 3.2.1.2. *Prévenir le risque de maladies chroniques non transmissibles*

La consommation de certains groupes d'aliment peut diminuer ou au contraire, augmenter le risque de différentes maladies chroniques non transmissibles.

La prévention de ces maladies étant un des enjeux des repères de consommations alimentaires, le groupe de travail s'est attaché à caractériser, d'un point de vue épidémiologique, les relations entre les groupes alimentaires et le risque des principales maladies non transmissibles : MCV, diabète de type 2, surpoids/obésité, cancers du sein, de la prostate et colorectal, santé osseuse et santé mentale.

Ce travail fait l'objet d'un rapport spécifique intitulé « Etude des relations entre consommation de groupes d'aliments et risque de maladies chroniques non transmissibles » (Anses 2017c). Cette partie constitue une synthèse de ces travaux.

De nombreux organismes ont réalisé ce type d'expertise auparavant et les travaux les plus récents ont servi de point de départ à la recherche bibliographique. Ainsi, après un examen des documents de consensus existants au niveau international (EFSA, OMS, etc.), le rapport du NHMRC portant sur la bibliographie disponible jusque fin 2009 (NHMRC 2011) a été choisi comme point de départ pour toutes les maladies sauf les cancers. Pour les cancers, le rapport du world cancer research found, WCRF publié en 2007 et ses mises à jour (*Continuous Update Project, CUP*) ont été sélectionnés (WCRF 2007, 2011). La recherche bibliographique a ainsi porté sur les années postérieures à ces expertises. Les travaux de l'OMS/CIRC (IARC 2015) ainsi que ceux de l'INCa (INCA 2014) ont été également examinés.

La majorité des travaux recensés provient d'études prospectives d'observation qui ne permettent pas en tant que telles de définir un lien de causalité mais seulement l'existence d'une association

statistique entre le groupe d'aliment considéré et la maladie étudiée. En complément, les méta-analyses prises en compte dans cette expertise, permettent d'augmenter la précision et d'expliquer d'éventuelles contradictions apparentes résultant d'une hétérogénéité des études qui peut être résolue par une analyse en sous-groupes.

Le WCRF a défini quatre niveaux de preuve pour qualifier les relations, qui ont été adoptés pour ces travaux :

- relations « convaincantes » : il existe plusieurs études de bonne qualité dont au moins 2 études prospectives indépendantes, sans hétérogénéité inexpliquée, avec une plausibilité biologique soutenue par des études expérimentales soit chez l'homme, soit dans des modèles animaux pertinents. Il existe un effet dose/réponse d'association non nécessairement linéaire si la non-linéarité est plausible biologiquement.
- relations « probables » : il existe 2 études prospectives indépendantes ou au moins 5 études cas-témoins de bonne qualité, sans hétérogénéité inexpliquée, et une plausibilité biologique de la relation.
- relations « limitées mais suggestives » : les données suggèrent une augmentation ou une réduction du risque mais sont insuffisantes pour conclure à une relation de causalité.
- relations « insuffisantes » : il n'y a pas suffisamment de données pour conclure.

Ne sont présentées ici que les relations dont le niveau de preuve est qualifié de « convaincant », « probable » et « limité mais suggestif ». Dans l'optimisation alimentaire, ne seront considérées que les relations caractérisées par un niveau de preuve « convaincant » et « probable ».

Par ailleurs, les maladies étudiées dans cette expertise se manifestant essentiellement lors de l'avancée en âge, les études disponibles portent généralement sur des populations adultes, ce qui limite ces conclusions à ces seules populations.

L'analyse de l'ensemble des études a mis en évidence :

- des groupes d'aliments dont la consommation est associée uniquement à l'augmentation du risque de maladies ;
- des groupes d'aliments dont la consommation est associée uniquement à la diminution du risque de maladies ;
- des groupes d'aliments dont la consommation est à la fois associée à une diminution du risque de certaines maladies et à l'augmentation du risque d'autres maladies.

Les études considérées dans cette revue portent principalement sur des populations consommant une alimentation de type occidental. Cependant, l'offre alimentaire, les modes de consommation et les prévalences de polymorphismes génétiques sont très variables d'un pays à l'autre, même au sein des pays dits occidentaux. Ainsi les facteurs de confusion peuvent varier selon le contexte, ce qui limite l'extrapolation des conclusions des études étrangères.

Les études considérées dans cette expertise sont des études épidémiologiques d'observation portant sur des groupes d'aliments, et non pas sur des nutriments ou micro-constituants. De ce fait, les variations de risque observées intègrent simultanément l'effet des nutriments, des micro-constituants, des éventuels contaminants et de la matrice alimentaire d'un groupe d'aliments donné. En outre, la majorité des études prospectives ont suivi des cohortes sur de nombreuses années, permettant d'estimer les relations à long terme entre la consommation d'aliments et l'incidence de maladies évoluant lentement. Néanmoins, les habitudes alimentaires et les compositions en nutriments et en contaminants évoluent dans le temps, ce qui limite la compréhension de ces relations.

Dans cette analyse, une attention particulière a été portée aux quantités d'aliments associées aux diminutions ou aux augmentations de risques. Cependant, il s'est avéré discutable d'en extraire des recommandations quantifiées. En effet, les quantités associées à une variation du risque sont spécifiques de l'étude (caractéristiques de la population et de l'alimentation, méthode d'enquête alimentaire utilisée, évaluation discontinue par groupes de centiles ou continue par incrément...) et les risques sont toujours estimés de façon relative à un groupe de référence, groupe qui peut varier d'une étude à l'autre. Par ailleurs, certaines méta-analyses, bien qu'elles présentent l'avantage de « lisser » la variabilité inter-études, expriment les variations de risque par incrément de consommation (relation dose-effet) et non par référence à une valeur seuil. De plus, les relations entre groupes d'aliments consommés et niveaux de risques sont valables pour l'intervalle d'apports observés dans la population étudiée. L'extrapolation en dehors de ces limites est donc hasardeuse.

### **Groupes d'aliments dont la consommation augmente le risque de maladies chroniques**

#### Viande hors volaille et charcuterie

Dans la plupart des études épidémiologiques et dans les documents d'expertise internationaux, le terme de « viande hors volaille » c'est-à-dire les viandes de bœuf, porc, veau, mouton, agneau, chèvre et cheval est regroupée sous le terme « red meat ». Pour éviter tout risque de confusion avec le terme « viande rouge » qui en français regroupe les viandes de bœuf, mouton, agneau et cheval, le terme « viande hors volaille » est utilisé dans ce document.

De la même façon il convient de préciser les limites associées au terme charcuterie. Les études épidémiologiques réalisées dans les pays anglo-saxons ne font pas référence à la seule charcuterie mais plus globalement à l'ensemble des viandes transformées. Cette appellation de « viande transformée » correspond à la viande qui a subi des procédés de transformation dans le but d'améliorer la conservation et/ou de développer les arômes, tels que la salaison, le séchage, la fermentation ou le fumage. A titre d'exemples on peut citer le jambon, les saucisses, le bacon, le corned-beef, le bœuf séché et les viandes en conserve. Dans le contexte français, les viandes transformées correspondent essentiellement aux charcuteries (jambon cuit ou cru, saucisses, saucisson, pâté, etc.). Ainsi, les conclusions relatives à la charcuterie sont extrapolées d'études portant sur un groupe d'aliments plus large, celui de la viande transformée. Les consommations de viande hors volaille et de viandes transformées (incluant la charcuterie) augmentent le risque de cancer colorectal avec un niveau de preuve convaincant et le risque de MCV et diabète de type 2 avec un niveau de preuve probable. En outre, la consommation de viande en général ou de viande hors volaille en particulier pourrait augmenter le risque de cancer du sein selon l'expression des récepteurs hormonaux aux œstrogènes (ER) et de cancer de la prostate, ainsi que le risque de prise de poids, avec toutefois un niveau de preuve « limité mais suggestif »<sup>10</sup>.

Pour les maladies pour lesquelles les niveaux de preuve sont jugés convaincants ou probables, les méta-analyses indiquent que pour chaque augmentation d'apport quotidien de viande hors volaille de 100 g, le risque de ces maladies augmente de 10 à 20 %. Pour les viandes transformées incluant la charcuterie, chaque augmentation de 50 g/j induit des augmentations de risque allant jusqu'à 50 %.

Ces données indiquent qu'il est nécessaire de limiter la consommation de viande hors volaille et de charcuterie, sans pouvoir précisément proposer de quantité maximale d'apport. Néanmoins, au regard de l'augmentation du risque engendrée par la consommation de viande hors volaille, il a été jugé nécessaire d'établir une limite maximale d'apport. Pour ce faire, les études épidémiologiques sur le cancer colorectal ont été considérées individuellement : la majorité d'entre elles rapporte une augmentation statistiquement significative du risque, par rapport à la classe de référence, dès 70 à 80 g/j de consommation. Cette valeur rejoint la limite maximale de consommation individuelle de

<sup>10</sup> La mise à jour du WCRF sur le cancer de l'estomac conclut également une augmentation du risque de ce cancer associée à la consommation de viande transformée, avec un niveau de preuve probable (WCRF 2016)

500 g par semaine de viande hors volaille proposée par le WCRF (WCRF 2011). En ce qui concerne les viandes transformées, l'analyse des études individuelles rapporte des augmentations statistiquement significatives de risque à partir de 25 g/j. Ces augmentations étant élevées, et en l'absence de données concernant l'augmentation du risque pour des consommations plus faibles, il a été jugé nécessaire de limiter la consommation de charcuterie.

Il est par ailleurs recommandé de limiter la consommation de viandes cuites à haute température (barbecue, friture, etc.) et de varier les modes de cuisson (bouillie, rôtie, etc.).

Cette analyse du risque lié à la consommation de viande hors volaille est en accord avec celle de l'INCa (Institut National du Cancer) qui conclut à une augmentation du risque de cancer colorectal associée à la consommation de viande hors volaille avec un niveau de preuve « convaincant » (INCA 2014). Elle est également proche de celle du CIRC (Centre international de recherche sur le cancer) dont le but est de classer les composés carcinogènes. Le CIRC considère que la viande hors volaille est classée comme un carcinogène probable (groupe 2A) pour l'homme. Ce classement repose sur des preuves limitées (dues notamment à l'hétérogénéité relative des résultats) provenant d'études épidémiologiques montrant des associations positives entre la consommation de viande hors volaille et le développement du cancer colorectal. Ces éléments sont soutenus par des données d'ordre mécanistique (IARC 2015). C'est-à-dire qu'une association positive a été observée entre l'exposition à la consommation de viande hors volaille et le risque de cancer colorectal mais que d'autres explications pour ces observations (techniquement désignées par les termes de *hasard*, de *biais* ou de *facteurs de confusion*) ne peuvent être exclues. En ce qui concerne la viande transformée, l'INCa qualifie également la relation avec le risque de cancer colorectal de convaincante. De même, le CIRC classe la viande transformée comme un carcinogène pour l'homme (groupe 1). Ce classement repose sur des preuves convaincantes du lien causal entre la consommation de viande transformée et le cancer colorectal chez l'homme. Cette évaluation se fonde généralement sur des études épidémiologiques montrant le développement du cancer chez les personnes exposées. L'augmentation du risque de cancer colorectal est estimée à 18 % pour chaque consommation par pallier de 50 g/j de viandes transformées.

### Boissons sucrées

Le groupe des boissons sucrées comprend des boissons allant des sodas sucrés non édulcorés, à des jus de fruits 100 % pur jus, contenant des vitamines et des fibres, en passant par des nectars, intermédiaires en termes de qualité nutritionnelle. Les boissons incluses dans ce groupe varient selon les études. Ainsi, les méta-analyses ne permettent pas de distinguer notamment les sodas des jus de fruits.

La consommation de boissons sucrées augmente le risque de prise de poids avec un niveau de preuve convaincant : chaque verre de boisson sucrée supplémentaire par jour est associé à une prise de poids de l'ordre de 200 g/an.

Les risques de diabète de type 2 et de MCV sont également augmentés avec un niveau de preuve probable. La consommation quotidienne d'un verre est associée à une augmentation du risque de ces maladies de l'ordre de 20 % par rapport à une consommation nulle ou exceptionnelle (de l'ordre d'une fois par mois).

D'importantes augmentations de risque de prise de poids, de MCV et de diabète de type 2 sont observées avec la consommation d'un verre de boisson sucrée par jour, sans information plus fine en dessous de ce seuil. Ainsi, l'analyse des données disponibles conclue à la nécessité de limiter la consommation des boissons sucrées considérées dans leur globalité.

### Prise en compte dans l'outil d'optimisation

Ces associations entre la consommation de viande hors volaille, de charcuterie et de boissons sucrées et le risque de maladies ont été prises en compte dans l'outil d'optimisation de deux façons. Tout d'abord, l'outil a été conçu pour proposer des solutions qui minimisent les quantités



de ces groupes d'aliments à consommer. Cependant, cette minimisation étant relative, il a été décidé d'imposer également une quantité maximale à ne pas dépasser, afin d'adopter une démarche suffisamment protectrice. Cela présente l'avantage de contraindre l'outil d'optimisation à proposer des quantités inférieures à celles associées à des augmentations de risque. Ainsi, dans le cas de la viande hors volaille, une quantité hebdomadaire maximale de 500 g, soit 71 g/j a été retenue. Elle correspond à la quantité à partir de laquelle une augmentation du risque de cancer colorectal est généralement observée (Anses 2017c). Pour la charcuterie, la valeur de 25 g/j, associée à des augmentations de risque, a été adoptée<sup>11</sup>. En ce qui concerne les boissons sucrées, d'importantes augmentations de risque sont observées avec la consommation d'un verre de boisson sucrée par jour, sans informations plus fines en dessous de ce seuil. Il a été fixé une limite supérieure de consommation pour l'ensemble des boissons sucrées (jus de fruits, nectars et sodas) correspondant au volume médian du verre consommé dans l'étude INCA2, soit 263 g pour les hommes et 216 g pour les femmes.

### ***Groupes d'aliments dont la consommation réduit le risque de maladies chroniques***

#### Fruits et légumes

La consommation de fruits et légumes diminue le risque de MCV avec un niveau de preuve convaincant. Leur consommation est par ailleurs associée à une diminution du risque de cancer colorectal, de cancer du sein de statut ER négatif (ER-), ainsi que de diabète de type 2 et de prise de poids, avec un niveau de preuve « limité mais suggestif ».

Les repères internationaux, repris aux niveaux nationaux, préconisent la consommation quotidienne d'au moins 5 portions de 80 g de fruits et légumes. Pour les MCV, des bénéfices sont observés dès la consommation d'une portion quotidienne. Toute portion supplémentaire, diminue le risque de MCV d'environ 4 %. La consommation d'une plus grande variété de fruits et légumes de familles différentes contribuerait à la consommation d'une large variété de constituants d'intérêt dans la prévention des MCV.

#### Produits céréaliers complets

La consommation de produits céréaliers complets diminue le risque de diabète de type 2, de MCV et de cancer colorectal avec un niveau de preuve probable.

Le risque de diabète de type 2 est diminué jusqu'à 25 % pour les consommations les plus élevées. Le risque de cancer colorectal diminue de 20 % pour chaque consommation supplémentaire de 90 g/j.

Sur la base de ces éléments, la consommation de produits céréaliers complets devrait être encouragée, sans qu'une quantité minimale ait été identifiée.

#### Prise en compte dans l'outil d'optimisation

Ces associations entre la consommation de produits céréaliers complets et de fruits et légumes d'une part et le risque de maladies d'autre part ont été prises en compte dans l'outil d'optimisation. L'outil a été conçu pour proposer des solutions qui maximisent les quantités à consommer de fruits frais, de légumes, de pain complet et d'autres féculents complets. C'est-à-dire, qu'à deux solutions équivalentes, l'outil d'optimisation présentera celle qui propose les quantités les plus importantes de ces groupes d'aliments.

---

<sup>11</sup>Il n'existe pas de données disponibles à ce jour concernant l'augmentation du risque pour des consommations plus faibles (voir rapport Anses 2016c)

## **Groupes d'aliments dont la consommation réduit le risque de certaines maladies et augmente le risque d'autres**

### Lait et produits laitiers

#### *Lait*

La consommation de lait diminue le risque de cancer colorectal avec un niveau de preuve probable. L'analyse de la relation dose-effet a montré une relation non linéaire avec une réduction de risque plus prononcée, de l'ordre de 10 %, pour les consommations de lait au-delà de 200 g/j.

En revanche, en ce qui concerne les cancers de la prostate, les données suggèrent une augmentation du risque pour le lait à faible teneur (environ 1 %) en matière grasse ; une augmentation du risque de 6 % est rapportée pour chaque consommation supplémentaire de 200 g/j<sup>12</sup>, avec un niveau de preuve « limité mais suggestif », en l'absence d'association dans les stades avancés.

#### *Produits laitiers*

L'association entre la consommation de produits laitiers, globalement ou par type, et le risque de maladie est moins étayée, et plus difficile à étudier étant donnée notamment la diversité de ce groupe alimentaire. De plus, les types de produits inclus dans ce groupe, ainsi que leur composition nutritionnelle, diffèrent selon les pays (et donc selon les études).

Malgré ces limites, il apparaît que la consommation totale de produits laitiers (dont le lait) diminue probablement le risque de diabète de type 2, avec une diminution du risque de l'ordre de 5 à 10 % pour chaque augmentation de 400 g/j de produits laitiers. En ce qui concerne les types de produits laitiers, la relation semble mieux démontrée pour les yaourts, le fromage, et les produits laitiers à teneur réduite en matière grasse.

La consommation totale de produits laitiers pourrait par ailleurs diminuer le risque de MCV (réduction de risque de l'ordre de 10-20 % pour les plus forts consommateurs de divers produits laitiers) avec un niveau de preuve « limité mais suggestif ».

En revanche, la consommation totale de produits laitiers est associée à une augmentation du risque des cancers de la prostate (tout stade) (augmentation du risque de 7 % pour chaque augmentation de 400 g/j de produits laitiers et de 9 % pour chaque augmentation de 50 g/j de fromage) avec un niveau de preuve « limité mais suggestif ». Les données sont limitées en particulier car aucune association n'est mise en évidence lorsque les résultats sont analysés selon le stade du cancer.

En ce qui concerne le risque de fracture osseuse, le groupe de travail n'a pas permis de conclure quant aux potentielles relations entre la consommation totale de produits laitiers et le risque de fracture sur la base du petit nombre d'études disponibles publiées entre 2009 et 2013. Depuis cette analyse de la littérature, une étude (Michaelsson *et al.* 2014) a rapporté une augmentation du risque de fracture associée à la consommation de lait, uniquement chez les femmes. Compte tenu de ce résultat inhabituel, le CES « nutrition humaine » a mis à jour cette analyse de la littérature en juin 2016 afin de mettre en regard l'ensemble des données disponibles. Depuis fin 2013, quatre études prospectives (y compris celle de Michaelsson) et une étude cas-témoins ont été publiées sur le sujet, pour la population adulte. Dans leur ensemble, ces études n'ont pas été conçues spécifiquement pour répondre à la question de l'effet de la consommation des produits laitiers sur le risque de fracture osseuse. Elles manquent de puissance statistique et sont hétérogènes en termes de protocole, de critère d'évaluation et de résultat. Aucune étude n'a retrouvé l'augmentation du risque rapportée dans l'étude de Michaelsson. En conclusion, les données sont insuffisantes pour tirer une conclusion relative au lien entre la consommation de produits laitiers

---

<sup>12</sup> Sur la base de 6 études incluses dans la méta-analyse dose réponse du CUP- hétérogénéité élevée de 67 %

(qu'il s'agisse de l'ensemble des produits laitiers ou de certains types) et le risque de fracture osseuse.

### Poisson

La consommation de poisson diminue le risque de MCV avec un niveau de preuve probable. Pour chaque consommation hebdomadaire supplémentaire, une diminution de mortalité par maladie coronarienne de 6 % a été rapportée. Pour deux consommations hebdomadaires supplémentaires, une réduction du risque d'AVC ischémiques et hémorragiques de 4 % a été rapportée.

En ce qui concerne la démence, en l'absence de publications plus récentes, les conclusions du rapport du NHMRC australien (NHMRC 2011) selon lesquelles la consommation de poisson est associée à une réduction du risque de démence avec un niveau de preuve probable sont adoptées.

La consommation de poisson est associée à un risque plus élevé de diabète de type 2 de façon concordante dans les populations nord-américaines et de façon insuffisamment documentée dans les populations européennes. En revanche, elle est associée à une diminution du risque dans les populations asiatiques consommant le poisson cru ou cuit à faible température. Il est suggéré que le mode de préparation et de consommation influence ces relations. Ainsi, des études épidémiologiques supplémentaires s'avèrent nécessaires pour mieux qualifier les relations entre la consommation de poisson et le risque de diabète de type 2, en prenant en compte le mode de conservation et de cuisson.

En outre, la consommation de poisson cuit à forte température, salé ou fumé serait associée à une augmentation du risque de cancer de la prostate, avec un niveau de preuve « limité mais suggestif ».

### Prise en compte dans l'outil d'optimisation

Pour ces groupes alimentaires dont la consommation réduit le risque de certaines maladies et augmente le risque d'autres, il apparaît nécessaire de disposer de plus d'éléments pour qualifier le risque d'une part, et le bénéfice d'autre part, afin de conduire une analyse bénéfice/risque approfondie.

Les consommations des sous-groupes d'aliments associés à la fois à une augmentation de risque de certaines maladies et à une diminution du risque d'autres n'ont fait l'objet d'aucun objectif de maximisation ni de minimisation.

**Tableau 5. Récapitulatif des relations épidémiologiques intégrées dans l'outil d'optimisation mathématique**

Aliments	Limite maximale introduite	Objectif
Fruits frais	-	maximisation
Légumes	-	maximisation
Pains et autres féculents complets	-	maximisation
Charcuterie	25 g/j	minimisation
Viande hors volaille	71 g/j	minimisation
Boissons sucrées de type soda ou jus de fruits	263 g/j pour les hommes 216 g/j pour les femmes	minimisation



### 3.2.2. Prendre en compte les habitudes alimentaires

#### 3.2.2.1. Principe

Afin de faciliter l'acceptation des repères de consommations alimentaires et leur mise en œuvre, il est important de prendre en compte les habitudes alimentaires de la population et de tenter de s'en éloigner le moins possible. C'est pourquoi, dans l'outil d'optimisation alimentaire conçu pour ce travail, les habitudes de consommation ont été prises en compte à plusieurs niveaux. Notamment, l'outil a été paramétré de telle sorte que, de manière générale, les quantités de groupes d'aliments proposées soient :

- comprises entre le 5<sup>ème</sup> et le 95<sup>ème</sup> centile de consommation ;
- et les plus proches possibles des moyennes de consommation.

Ce dernier paramétrage n'est pas appliqué aux groupes d'aliments dont la consommation est associée à une augmentation ou une diminution du risque de maladies chroniques non transmissibles. Pour la viande hors volaille, la charcuterie et les boissons sucrées, les limites maximales définies à partir des études épidémiologiques remplacent le 95<sup>ème</sup> centile de consommation. De plus, pour ces groupes, l'objectif n'est pas de minimiser les écarts à la consommation observée mais de minimiser la consommation. De même, pour les féculents complets, les fruits frais et les légumes, l'objectif n'est pas de minimiser les écarts à la consommation observée mais de maximiser la consommation.

Par ailleurs, afin de faciliter la couverture du besoin en fibres et en ALA, une substitution des féculents raffinés par des féculents complets et des huiles végétales pauvres en ALA (par exemple l'huile de tournesol) par des huiles riches en cet acide gras (par exemple les huiles de colza ou de noix) est rendue possible.

#### 3.2.2.2. Données utilisées

Les données de consommation utilisées proviennent de l'étude INCA2 effectuée en 2006-07 en trois vagues auprès de 4079 individus âgés de 3 à 79 ans (1455 enfants de 3-17 ans et 2624 adultes de 18-79 ans) (Afssa 2009). Seules les données pour les hommes de 18-64 ans et les femmes de 18-54 ans ont été utilisées dans ce rapport.

La sélection des participants a été effectuée selon un plan de sondage à 3 degrés, stratifié sur la taille d'agglomération et la région, dans le recensement de la population de 1999 et les bases de logements neufs construits entre 1999 et 2004.

Le recueil des consommations des individus de l'échantillon a été réalisé à l'aide d'un carnet alimentaire de 7 jours sur lequel étaient notées la nature des aliments et les quantités consommées, estimées à l'aide d'un cahier photo, d'unités standards ou de mesures ménagères. Chaque ligne du carnet correspondait à un aliment (ou boisson) consommé. L'ensemble des lignes d'aliments recueillis a été codifié à l'aide d'une nomenclature spécifiquement développée pour l'étude INCA2 et comprenant 1342 items.

Une pondération a été affectée à chaque individu afin d'assurer la représentativité de l'échantillon au niveau national (métropole hors Corse). Elle a porté sur les paramètres suivants : la région, la taille d'agglomération, la taille du ménage, le sexe de l'enquêté, son âge et la profession et catégorie sociale.

Dans les résultats présentés dans cet avis, les individus identifiés comme sous-déclarant leurs apports énergétiques selon la méthode développée par Goldberg et ses collaborateurs (Goldberg *et al.* 1991) ont été conservés dans l'échantillon. En effet, selon l'EFSA, la méthode de Goldberg pourrait conduire à exclure des sujets dont les apports sont effectivement faibles sur la période de l'enquête et à écarter certains individus obèses, tout en conservant des sujets réellement sous-déclarants mais ayant un niveau d'activité physique élevé (EFSA 2014a). Les sous-déclarants ainsi considérés représentent environ 31 % de la population Homme 18-64 ans et 28 % de la population Femme 18-54 ans.

Par ailleurs, tous les individus et non pas les seuls consommateurs du sous-groupe d'aliments ont été considérés pour estimer les niveaux de consommation de chacun des sous-groupes d'aliments précédemment définis.

### 3.2.3. Limiter l'exposition aux contaminants

#### 3.2.3.1. Principe

Les contaminants présents dans l'alimentation ayant un impact sur la santé, il a été considéré opportun de les prendre en compte dans ce travail préliminaire à l'élaboration des repères de consommations alimentaires.

Les substances (contaminants et additifs) considérées dans ce travail sont celles analysées dans la seconde étude française de l'alimentation totale (EAT2), ainsi que le bisphénol A (BPA) (Anses 2011a). Ces substances ont été considérées comme prioritaires du point de vue de la santé publique lors de la mise en place de l'EAT2. La méthode de sélection, toujours d'actualité, est décrite dans le rapport de l'EAT2.

L'évaluation des risques sanitaires encourus par la population repose sur la comparaison des estimations de l'exposition alimentaire à des valeurs de référence : dose journalière admissible (DJA) ou tolérable (DJT), dose hebdomadaire tolérable provisoire (DHTP), dose mensuelle tolérable provisoire (DMTP), BMDL, etc. Elles sont couvertes par le terme plus générique de valeur toxicologique de référence dans le présent avis et sont utilisées dans le cadre de l'optimisation.

La sélection des valeurs toxicologiques de références s'est appuyée sur une analyse des valeurs établies par les principales instances scientifiques françaises, européennes ou internationales : Anses, EFSA, OMS, US-EPA, ATSDR, JECFA etc. La veille bibliographique a été réalisée jusqu'au premier semestre 2015. La valeur de référence jugée la plus pertinente a été identifiée par les experts dans le cadre de travaux spécifiques qui seront publiés prochainement. Ces substances ne sont pas toutes considérées de la même façon dans l'optimisation alimentaire.

#### 3.2.3.2. Cas des substances à usage réglementé

Les additifs alimentaires et les pesticides (hors ceux identifiés comme polluants organiques persistants, ou POP) étant des produits soumis à autorisations au niveau européen, ils n'ont pas été inclus dans l'outil d'optimisation. En effet, le processus d'évaluation et d'autorisation communautaire des additifs et des pesticides, ainsi que la fixation des limites maximales de résidus (LMR) de pesticides et des usages autorisés prennent en compte les habitudes alimentaires, ainsi que, pour les pesticides, les pratiques agricoles. Pour cette étude, il est considéré que la réduction des contaminations, des expositions et des risques doit passer par une modification des usages autorisés (par exemple réduction de doses ou de fréquence des doses appliquées pour les résidus de pesticides) et ne doit pas affecter la définition des repères de consommations alimentaires. Dès lors que des problèmes de contamination sont identifiés, il s'agit d'en informer la population afin de l'éclairer quant à ses modes de consommation. Néanmoins, sur le moyen terme, il importe que des dispositions réglementaires soient mises en œuvre afin de protéger les consommateurs, quelles que soient leurs habitudes alimentaires. Par conséquent il est utile de vérifier *a posteriori* que les repères de consommations alimentaires sont compatibles avec les doses journalières admissibles d'additifs et de résidus de pesticides, pour le cas échéant, reconsidérer les limites maximales autorisées dans les aliments. Les substances considérées *a posteriori* dans le cadre de cette étude et leur DJA sont présentées dans le **Tableau 10** en **Annexe 4**.

### 3.2.3.3. Contaminants environnementaux

La situation est très différente dans le cas des contaminants environnementaux (incluant ici le BPA) pour lesquels les marges de manœuvre pour limiter la contamination des aliments peuvent être plus limitées. Dans certains cas, des recommandations de consommation s'avèrent nécessaires ; c'est déjà le cas par exemple pour certains poissons.

Pour chacun de ces contaminants, une valeur de référence à ne pas atteindre et à ne pas dépasser a été intégrée à l'outil. Les valeurs intégrées diffèrent selon trois cas :

- Pour les contaminants avec seuil de dose, la valeur de référence jugée la plus pertinente a été identifiée par les experts, sur la base des valeurs toxicologiques de référence, VTR, établies par les principales instances scientifiques françaises, européennes ou internationales. L'exposition résultant de l'optimisation peut être comparée directement à une VTR.
- Pour les contaminants sans seuil de dose (cas des composés génotoxiques) ou pour lesquels une « benchmark dose limit »<sup>13</sup>, BMDL, a été retenue comme référence toxicologique, la médiane d'exposition de la population estimée dans l'EAT2 (décrite dans le paragraphe ci-dessous) a été retenue par défaut comme valeur maximale. En effet, dans la mesure où, pour ces contaminants, un seuil ne peut être retenu, il a été choisi d'empêcher que l'exposition issue de l'optimisation soit plus forte que l'exposition actuelle de la population. Dans ce cas, la caractérisation du risque consiste à calculer une marge d'exposition (MOE) pour les substances génotoxiques cancérigènes ou une marge de sécurité (MOS) pour les substances non génotoxiques dont les effets apparaissent à partir d'un certain seuil. Ces marges d'exposition ou de sécurité correspondent au ratio entre une exposition critique (BMDL par exemple) et l'exposition résultant de l'optimisation. Ces marges sont ensuite comparées à une marge critique définie lors de l'établissement de la BMDL par les instances nationales ou internationales, afin de conclure quant au risque pour la population.
- Enfin, pour d'autres contaminants, aucune valeur maximale n'a été retenue comme contrainte dans l'outil d'optimisation : il s'agit des contaminants pour lesquels aucune instance n'a proposé de valeur toxicologique de référence, ou pour lesquels la ou les valeurs de références existantes n'ont pas été jugées suffisamment robustes. Dans ce cas, une comparaison à la médiane d'exposition de l'EAT2 est réalisée.

Les contraintes toxicologiques sont synthétisées dans le **Tableau 8** en Annexe 3. Sur les 98 substances ou groupes de substances retenus, 40 se sont vus attribuer une limite maximale d'exposition (valeur de référence ou exposition médiane de l'EAT2). Pour les 58 autres, on ne dispose pas de limite maximale d'exposition. Il est néanmoins nécessaire de chercher à minimiser leur exposition, et d'introduire cette minimisation dans la fonction « objectif » pour l'ensemble des 98 substances ou groupes de substances.

Par ailleurs, l'ensemble des expositions issues de l'optimisation sera comparé à l'exposition moyenne de l'EAT2, représentative de la situation actuelle en France. Les éventuelles différences d'exposition pourraient donc être dues aux différences à la fois en termes d'apports alimentaires mais également de poids corporel (poids moyen pour l'étude EAT2 contre poids « idéal » calculé à partir d'un IMC de 22 kg/m<sup>2</sup>).

---

<sup>13</sup> La « benchmark dose limit » correspond à la limite inférieure de l'intervalle de confiance de la « benchmark dose ». La benchmark dose est une dose produisant un effet non nul correspondant à un niveau donné par rapport à un groupe témoin. Cette approche utilise une modélisation des données expérimentales prenant en compte l'ensemble de la réponse.

#### 3.2.3.4. Données utilisées

Les concentrations des aliments en contaminants, additifs et résidus de pesticides sont issues de la seconde étude de l'alimentation totale française (EAT2). Réalisée entre 2006 et 2011, cette étude dresse un bilan de la contamination des aliments consommés en France, et de l'exposition de la population et du risque sanitaire associé à cette exposition, pour 445 substances d'intérêt (Anses 2011a).

L'EAT2 porte sur 212 types d'aliments, représentant environ 90 % du régime alimentaire de la population, selon l'étude INCA2. Un plan d'échantillonnage a été réalisé entre 2007 et 2009, de façon à être représentatif des habitudes de consommation en France, incluant l'origine des produits, les lieux d'achats, les modes de conservation, mais aussi les pratiques de préparation domestique des aliments. Les aliments ont été collectés dans plusieurs régions durant plus d'une année, afin de tenir compte d'une éventuelle variabilité régionale ou saisonnière de concentration. En tout, 20 000 produits alimentaires ont été achetés, préparés tels que consommés par la population, conditionnés en 1319 échantillons composites et analysés pour les substances d'intérêt. Ainsi, chaque échantillon analysé est un échantillon composite de 15 sous-échantillons du même aliment, reflétant la consommation de la population.

Dans la présente étude, les données de concentration censurées à gauche (résultats inférieurs aux limites analytiques) ont été traitées selon une hypothèse moyenne (« middle bound »). Ainsi, les valeurs en-dessous de la limite de détection ont été considérées comme égales à la moitié de cette limite, et les valeurs en-dessous de la limite de quantification mais au-dessus de la limite de détection ont été considérées comme égales à la moitié de la limite de quantification, ou, le cas échéant, la moitié de la somme des deux limites.

Par ailleurs, les éléments traces ayant été analysés pour leur forme totale uniquement, pour trois d'entre eux (mercure, arsenic et chrome), des hypothèses de spéciation ont été appliquées aux concentrations afin d'avoir une estimation des concentrations de leurs différentes formes chimiques.

- Concernant le mercure, il a été considéré, selon des hypothèses dites « maximalistes » (qui peuvent conduire à des sommes supérieures à 100 %), que, dans les poissons, 100 % du mercure était sous forme de méthylmercure et 20 % sous forme de mercure inorganique (EFSA 2012). Pour les mollusques et crustacés, il a été considéré que 80 % du mercure était sous forme de méthylmercure et 50 % sous forme de mercure inorganique. Pour les autres aliments, il a été considéré que le mercure était présent uniquement sous forme de mercure inorganique.
- Concernant l'arsenic, il a été considéré que 100 % de l'arsenic était sous forme inorganique dans l'eau (EFSA 2014b). Dans les autres aliments, il a été considéré que 70 % de l'arsenic était sous forme inorganique et 30 % sous forme organique.
- Concernant le chrome (EFSA 2014c), il a été considéré de façon maximaliste que, d'une part, 100 % du chrome des aliments était sous forme de Cr(III) et, d'autre part, 10 % du chrome est sous forme de Cr(VI). Pour l'eau, il a été considéré que 100 % du chrome était sous forme de Cr(VI). Comme pour le méthylmercure, l'emploi de l'hypothèse maximaliste conduit à une somme supérieure à 100 %.

### **3.3. Un outil d'aide à la décision (intégrant ces trois enjeux)**

Un outil d'optimisation mathématique a été développé dans le but d'identifier des combinaisons d'aliments qui permettent de répondre aux objectifs fixés, c'est-à-dire la réduction du risque nutritionnel (par une adéquation des apports en nutriments et une consommation adéquate de groupes d'aliments associés au risque de maladies chroniques non transmissibles), la prise en compte des expositions aux contaminants de l'alimentation, en s'éloignant le moins possible des habitudes et des préférences alimentaires actuelles, afin de faciliter leur acceptation et leur mise en œuvre.

Les solutions de l'optimisation sont des quantités quotidiennes de groupes d'aliments, dépendantes des choix de paramétrage réalisés.

#### **3.3.1. Une optimisation au niveau populationnel**

L'outil a été conçu afin d'identifier des combinaisons d'aliments adaptées à la population considérée (ici homme ou femme adulte). C'est pourquoi il intègre des données non pas individuelles mais agrégées.

Ainsi, pour assurer la couverture du besoin nutritionnel, les références nutritionnelles pour la population (RNP) ont été choisies car elles couvrent le besoin d'environ 98 % de la population. A défaut, les apports satisfaisants (AS) ont été utilisés.

Cette démarche est ainsi protectrice, dans la mesure où elle permet de couvrir les besoins les plus élevés et d'éviter ainsi un apport insuffisant pour l'essentiel de la population. En conséquence, les apports en nutriments proposés par l'outil d'optimisation sont supérieurs au besoin individuel de la majorité des français.

En ce qui concerne l'énergie, le paramétrage de l'outil prévoit que les combinaisons d'aliments apportent l'énergie correspondant au besoin énergétique moyen de la population. Les solutions d'optimisation alimentaire identifiées devant permettre de couvrir les besoins nutritionnels de la quasi-totalité de la population, la méthode tend à favoriser la consommation des aliments nutritionnellement denses au regard de l'enveloppe énergétique allouée.

Les solutions d'optimisation ne sont en aucun cas des menus types à suivre à titre individuel. Elles permettent toutefois de vérifier la compatibilité de l'ensemble des contraintes et de dégager des grandes tendances sur les niveaux de consommation de certains groupes. L'outil d'optimisation constitue ainsi une aide à la décision pour la mise en place de mesures de santé publique.

#### **3.3.2. Optimisation au niveau des groupes d'aliments**

L'objectif *in fine* étant d'élaborer des repères de consommations alimentaires facilement communicables et donc synthétiques, il apparaît indispensable d'établir des repères pour un nombre restreint de catégories d'aliments, en laissant au consommateur la liberté de varier les aliments de son choix au sein d'une catégorie donnée.

Un essai d'optimisation de combinaisons d'aliments (et non pas de groupes d'aliments) a montré, outre l'absence de liberté du consommateur de choisir les aliments au sein d'une catégorie, que seul un petit nombre d'aliments était proposé pour chaque catégorie, ce qui est incompatible avec une alimentation variée, et que les quantités proposées (par exemple proposer pour les légumes 3 g de salsifis, 2 g de topinambours, 2 g de poireaux etc.) ne permettaient pas une interprétation facile en termes d'usage.

De ce fait, l'optimisation a été réalisée à partir de catégorie d'aliments, dont la composition moyenne a été calculée en prenant en compte les habitudes de consommation, c'est-à-dire, en pondérant la composition nutritionnelle de chaque aliment constituant la catégorie par la part représentée par sa consommation au sein de la catégorie observée dans l'étude INCA2, et ce, pour chaque population étudiée. Cette méthode permet de s'assurer d'une meilleure représentativité des aliments contenus dans la catégorie et ainsi de la bonne cohérence entre les



messages et leur application. Par exemple, le repère de consommation portant sur les fruits sera construit sur la base de la composition des fruits majoritairement consommés par la population dans l'étude INCA2, dont la pomme et la banane. A l'inverse, si le travail avait été réalisé sur les aliments pris individuellement, les regroupements opérés ultérieurement n'auraient probablement pas conduit à des catégories d'aliments qui soient représentatives des habitudes de consommation.

Pour ce faire, une catégorisation des aliments a été réalisée sur la base de considérations d'usage et de composition nutritionnelle. La méthode de catégorisation est décrite dans le rapport de synthèse (Anses 2017d). Le Tableau 6 présente cette catégorisation des aliments en 32 sous-groupes répartis en 10 groupes d'aliments. Le travail de classification a mis en lumière la nécessité de créer 2 groupes supplémentaires par rapport aux groupes définis pour les précédents repères : le groupe des légumineuses (qui étaient classées auparavant avec les féculents) et le groupe des eaux qui étaient classées auparavant avec les boissons. L'optimisation alimentaire a été réalisée à partir de ces 32 sous-groupes.

Par ailleurs, cette catégorisation répond à la demande de la DGS au sujet du positionnement de certains aliments au sein des groupes actuellement utilisés dans les repères de consommations alimentaires du PNNS, comme par exemple le positionnement du maïs doux, des fruits secs, des oléagineux et des produits transformés au sens de plats composés.

En ce qui concerne les plats composés comme les plats cuisinés (paëlla, lasagne, tartes salées, etc.), les sandwiches (sandwich baguette, hamburgers, etc.), ou certains desserts (riz au lait, etc.), ils n'ont pas été considérés comme un groupe en tant que tel, mais comme une somme d'aliments appartenant à différents groupes. En effet, comme leur nom l'indique, ces produits sont constitués d'ingrédients appartenant à différents groupes alimentaires. De plus, ils se caractérisent par une très grande hétérogénéité de composition nutritionnelle intra- et inter-aliments.



**Tableau 6. Actualisation de la catégorisation des aliments**

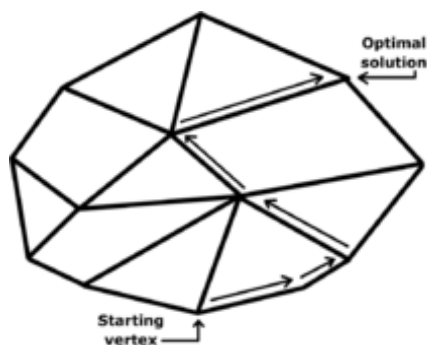
Groupes d'aliments (PNNS 2001)	Sous-groupes établis	Exemples d'aliments	Groupes actualisés
Fruits et légumes	Fruits frais	Pommes, bananes, oranges	Fruits et légumes
	Fruits secs	Abricots secs, pruneaux	
	Fruits transformés	Compotes, fruits au sirop	
	Légumes	Courgettes, carottes, tomates, haricots verts, maïs doux, petit-pois	
	Oléagineux	Noix, amandes	
Féculeux : Pains, céréales, pommes de terre et légumes secs	Pain et produits de panification complets	Pain et biscottes complets	Féculeux
	Pain et produits de panification raffinés	Pain et biscottes blancs	
	Produits à base d'amidon, transformés sucrés/gras	Céréales de petit-déjeuner	
	Produits à base d'amidon, transformés salés/gras	Frites, biscuits apéritifs	
	Autres féculeux complets	Riz complet, blé complet	
	Autres féculeux raffinés	Riz, pâtes, pomme de terre bouillies	
	Légumineuses	Lentilles, pois chiches, fèves	Légumineuses
Viandes et volailles, produits de la pêche, œufs	Charcuterie	Saucisse, jambon, pâtés	Viandes et charcuteries, produits de la pêche, œufs (VPO)
	Œufs	Œufs	
	Poissons gras	Saumon, maquereau, sardine, hareng	
	Autres poissons, mollusques et crustacés	Cabillaud, bar, dorade, moules, crevettes	
	Viande hors volaille	Bœuf, veau, porc, mouton, agneau, cheval, abats, gibier	
	Volaille	Poulet, canard	
Lait et produits laitiers	Desserts sucrés lactés	Crèmes dessert, crèmes glacées	Lait et produits laitiers
	Fromages	Fromages à pâte molle, pressée	
	Lait	Lait demi-écrémé, lait entier	
	Produits laitiers frais nature	Yaourts nature, fromages blancs	
	Produits laitiers frais sucrés	Yaourts sucrés	
Matières grasses ajoutées	Beurre et beurres allégés	Beurre	Matières grasses ajoutées
	Huiles végétales riches ALA	Huile de colza, de noix	
	Huiles végétales pauvres en ALA et margarines	Huile de tournesol, huile d'olive	
	Sauces, crèmes fraîches et condiments	Mayonnaise, ketchup, crème fraîche	
Produits sucrés	Produits sucrés ou sucrés et gras	Confiture, viennoiseries, biscuits, pâtisseries	Produits sucrés ou sucrés et gras
Boissons	Eau de boisson	Eau	Eau
	Boissons sucrées de type soda	Sodas, limonade	Boissons sucrées
	Jus de fruits	Jus d'orange	
Sel	Sel	Sel	Sel

### 3.3.3. Description de l'outil d'optimisation

L'objectif de l'optimisation est de calculer la consommation journalière Xg de chaque sous-groupe d'aliments g pour chacune des populations considérées, afin de couvrir les besoins nutritionnels, sans dépasser des limites maximales nutritionnelles ou toxicologiques, tout en restant dans une gamme d'apports observés dans la population.

Une programmation linéaire de modèles combinés a été utilisée afin de calculer la consommation optimale de chaque sous-groupe d'aliment. Il s'agit d'une recherche de solutions à un problème de décision combinatoire soumis à des contraintes, avec pour objectif de maximiser ou de minimiser une fonction d'évaluation dite fonction objectif.

Le programme d'analyse a été développé en langage C++ et utilise le solveur CPLEX d'IBM®. L'algorithme, fait appel à la méthode dite du « simplexe » (Dantzig 1963), qui a été utilisée auparavant pour l'élaboration de rations alimentaires. L'algorithme permet de déterminer une valeur cible par itérations successives sur une ou plusieurs variables, en tenant compte des contraintes imposées. L'algorithme va rechercher la solution optimale unique dans le domaine des possibles correspondant à un polyèdre à N dimensions défini par les contraintes. La solution étant un optimum, elle se situe nécessairement sur un sommet (Dantzig 1963) (voir **Figure 2**).



**Figure 2. Illustration de l'algorithme du simplexe**

Les contraintes nutritionnelles, celles liées aux habitudes de consommation ainsi que celles liées aux contaminants peuvent être intégrées à l'outil d'optimisation au moyen d'inéquations. Ces inéquations définissent les limites du polyèdre.

- Contraintes nutritionnelles :
  - RNP ou AS ou borne min de l'intervalle de référence < apport nutritionnel issu de l'optimisation < LSS ou borne max de l'intervalle de référence (cf. **Tableau 2** et **Tableau 3**)
  - Consommation de viande hors volaille, charcuterie et boissons sucrées < consommation maximale déterminée par les données épidémiologiques (cf. **Tableau 5**)
- Contraintes liées aux habitudes de consommation :  
5<sup>ème</sup> centile de la consommation INCA2 < consommation du sous-groupe issue de l'optimisation < 95<sup>ème</sup> centile de la consommation INCA2.  
Par ailleurs des substitutions ont été autorisées entre les produits céréaliers raffinés et complets, les huiles végétales pauvres et riches en ALA (voir partie 3.2.2.1 et **Tableau 9** en Annexe 3)
- Contraintes liés aux contaminants :  
Exposition au contaminant issu de l'optimisation < VTR ou le cas échéant la médiane d'exposition EAT2 (cf. **Tableau 8** en Annexe 3)

Dans les cas où pour des raisons scientifiques certaines contraintes sont jugées trop restrictives, il est possible de les rendre flexibles, c'est-à-dire, de permettre à l'outil d'optimisation de ne pas atteindre certaines valeurs cibles nutritionnelles ou de dépasser certains repères toxicologiques.

Si les contraintes permettent de définir un ensemble de solution, les critères permettent de définir une solution optimisée au regard de ces critères. Ils sont combinés dans une fonction « objectif » qui traduit les objectifs de ce travail.

- Critères nutritionnels :
  - minimiser la violation des contraintes nutritionnelles rendues flexibles, c'est-à-dire se rapprocher au plus près de la référence nutritionnelle ;
  - minimiser la consommation de viande hors volaille, de charcuterie et de boissons sucrées ;
  - maximiser la consommation de fruits frais, de légumes, de pain et de produits de panification complets et d'autres féculents complets.
- Critères liés aux habitudes de consommation :
  - minimiser l'écart à la consommation moyenne INCA2
- Critères liés aux contaminants :
  - Minimiser la violation des contraintes liées aux contaminants rendues flexibles, c'est-à-dire se rapprocher au plus près de la VTR ou de la médiane d'exposition EAT2 selon le cas ;
  - minimiser l'exposition totale aux contaminants.

La fonction objectif correspond ainsi à une variable composite que l'on cherche à minimiser : il s'agit de la somme des termes à minimiser et des termes à maximiser (par minimisation de l'opposé de la somme).

### 3.3.4. Limites et incertitudes de l'outil d'optimisation

Outre les limites liées à l'approche populationnelle et à l'optimisation par sous-groupe d'aliments, l'une des principales limites réside dans la construction de la fonction « objectif ». Celle-ci se compose en effet d'une somme de termes à minimiser : c'est la somme totale qui est minimisée, et non pas chaque terme de façon indépendante. Une normalisation des données a été faite (voir le rapport complet (Anses 2017d)) afin de s'affranchir des différences d'échelle entre les différents jeux de données d'entrée. Cependant, il est possible qu'il soit mathématiquement plus intéressant de faire porter l'effort de minimisation sur un ou quelques termes de la somme, mais pas sur l'intégralité des termes de la fonction. Cela signifie que la solution de l'optimisation sera globalement la plus intéressante (c'est-à-dire répondant au mieux aux demandes matérialisées par le paramétrage de l'outil), mais que certains termes n'auront peut-être pas été minimisés. En effet, le « coût » (ou la « perte ») lié à la non minimisation de ces termes permet un « gain » significatif sur d'autres critères, donc d'autres attentes paramétrées dans l'outil d'optimisation.

On peut identifier des sources d'incertitudes dans toutes les données d'entrée de l'outil, notamment, les données de composition nutritionnelle et de contamination des aliments, et les données de consommation actuelles (INCA2) et d'exposition (EAT2), mais aussi, au niveau des valeurs de référence d'ordre nutritionnel ou toxicologique.

Au-delà de ces incertitudes, il convient de souligner que les résultats d'optimisation obtenus sont également dépendants des paramétrages utilisés et reposent donc sur des choix et compromis, tels que le choix des bornes de consommation des groupes d'aliments aux 5<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> centile, le choix des contraintes rendues flexibles, le choix des sous-groupes d'aliments pour lesquels une substitution est possible ou le choix de pondérer la composition nutritionnelle et la contamination de chaque sous-groupe d'aliments par les niveaux de consommation.

### 3.3.5. Une démarche d'optimisation pas à pas

Afin d'évaluer l'effet de chacune des contraintes et tester leur compatibilité entre elles, une démarche pas-à-pas a été réalisée. Dans un premier temps, la compatibilité des contraintes nutritionnelles entre elles a été testée en intégrant à l'outil uniquement les contraintes et critères nutritionnels (scénario A). Dans un deuxième temps, les habitudes de consommation ont également été prises en compte en incluant la contrainte des bornes de consommation ainsi que l'objectif de minimisation des écarts à la consommation moyenne (scénario B). Enfin, les contraintes et critères liés aux contaminants ont été ajoutés afin de tester la compatibilité de l'ensemble des contraintes et de mesurer l'impact de la prise en compte des contaminants sur la solution proposée (scénario C).

Le scénario B n'intègre pas les contaminants dans la mesure où ces derniers sont des composants extrinsèques de l'aliment dont il faut réduire l'impact, alors que les nutriments sont des composants intrinsèques à l'aliment et sont recherchés pour couvrir les besoins de l'organisme. Ce scénario représente une vision à long terme, dans lequel des mesures de gestion efficaces auraient abouti à une réduction des niveaux de contamination tels qu'ils n'interfèrent plus dans la détermination des repères de consommations alimentaires.

La prise en compte des contaminants (hors additifs et pesticides mais incluant les POP, voir partie 3.2.3) comme contrainte d'optimisation (scénario C) vise à proposer une solution qui tienne compte de la réalité des niveaux de contamination actuels et d'étudier l'influence de la prise en compte des contaminants sur les consommations alimentaires résultants de l'optimisation. Cette démarche à court et moyen termes n'exclut pas la mise en place d'éventuelles mesures de gestion visant à réduire les niveaux de contamination, au contraire.

Les additifs alimentaires et les résidus de pesticides (hors POP) sont des substances soumises à autorisations au niveau européen et, de ce fait, il appartient aux autorités de fixer des conditions d'usages compatibles avec les repères de consommations alimentaires. Ils ne sont donc pas intégrés aux contraintes dans les scénarios étudiés.

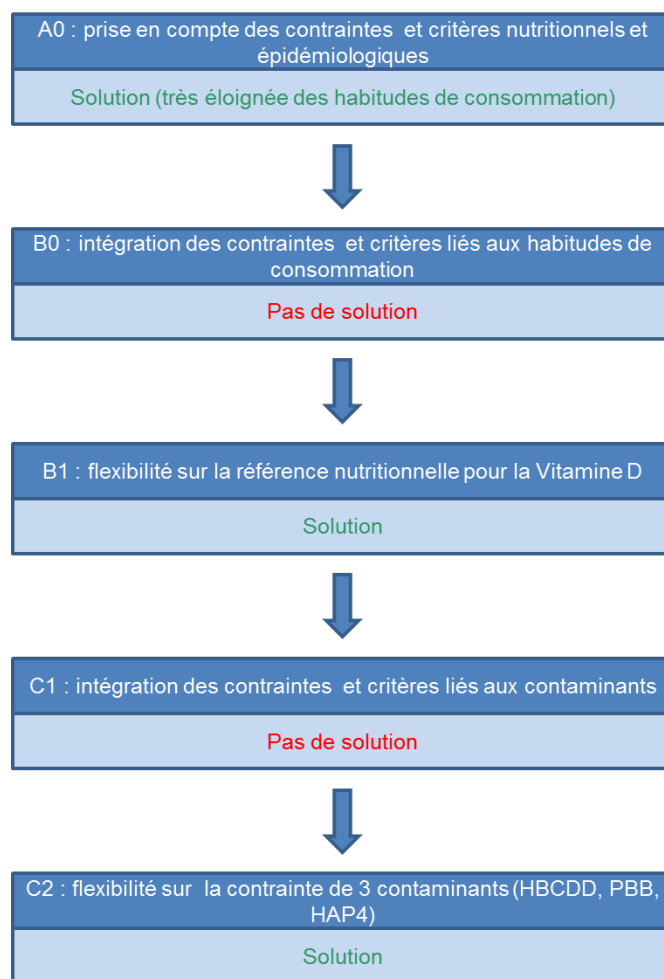
Cette démarche est appliquée aux populations étudiées avec les adaptations spécifiques à chacune.

#### 3.3.5.1. Démarche suivie pour les hommes adultes (Figure 3)

Une première optimisation a été réalisée en prenant en compte uniquement le risque nutritionnel (scénario A0). On obtient une solution très éloignée des habitudes de consommation et peu variée en termes de sous-groupes d'aliments.

L'intégration à l'outil d'optimisation des bornes de consommation (scénario B0) ne permet pas d'atteindre une solution. Aussi, la contrainte pour la vitamine D a été rendue flexible (l'atteinte de la RNP pour la vitamine D n'est plus une obligation mais l'optimisation vise à s'en approcher le plus possible). En effet, la RNP pour la vitamine D a été construite en ne considérant pas la synthèse endogène de vitamine D et elle est très difficile à atteindre compte tenu de l'offre et des habitudes de consommation observées. Ce scénario (B1) donne une solution.

Enfin, l'intégration des contaminants dans l'outil d'optimisation (scénario C0 et C1 avec flexibilité sur la RNP vitamine D) ne donne pas de solution. Aussi les contraintes sur 3 contaminants ont été rendues flexibles : hexabromocyclododécane (HBCDD), Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP4) et Polybromobiphényles (PBB) (scénario C2). En effet pour ces contaminants, le CES ERCA a jugé que les marges d'exposition ou de sécurité sont suffisamment élevées pour ne pas être de nature à entraîner un risque sanitaire. De ce fait, il est considéré qu'une faible augmentation du niveau d'exposition au-dessus de celui de l'EAT2 n'est pas de nature à entraîner un risque. Ce scénario (C2) donne une solution.



**Figure 3. Démarche suivie pour les hommes**

L'intégration à l'outil d'optimisation des bornes de consommation (scénario B0) ne permet pas d'atteindre une solution. Aussi, la contrainte pour la vitamine D a été rendue flexible (l'atteinte de la RNP pour la vitamine D n'est plus une obligation mais l'optimisation vise à s'en approcher le plus possible). En effet, la RNP pour la vitamine D a été construite en ne considérant pas la synthèse endogène de vitamine D et elle est très difficile à atteindre compte tenu de l'offre et des habitudes de consommation observées. Ce scénario (B1) donne une solution.

Enfin, l'intégration des contaminants dans l'outil d'optimisation (scénario C0 et C1 avec flexibilité sur la RNP vitamine D) ne donne pas de solution. Aussi les contraintes sur 3 contaminants ont été rendues flexibles : hexabromocyclododécane (HBCDD), Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP4) et Polybromobiphényles (PBB) (scénario C2). En effet pour ces contaminants, le CES ERCA a jugé que les marges d'exposition ou de sécurité sont suffisamment élevées pour ne pas être de nature à entraîner un risque sanitaire. De ce fait, il est considéré qu'une faible augmentation du niveau d'exposition au-dessus de celui de l'EAT2 n'est pas de nature à entraîner un risque. Ce scénario (C2) donne une solution.

### 3.3.5.2. Démarche suivie pour les femmes adultes

Deux démarches distinctes ont été suivies pour les femmes dont le besoin en fer est bas et celles dont le besoin en fer est élevé (voir partie 3.2.1.1).

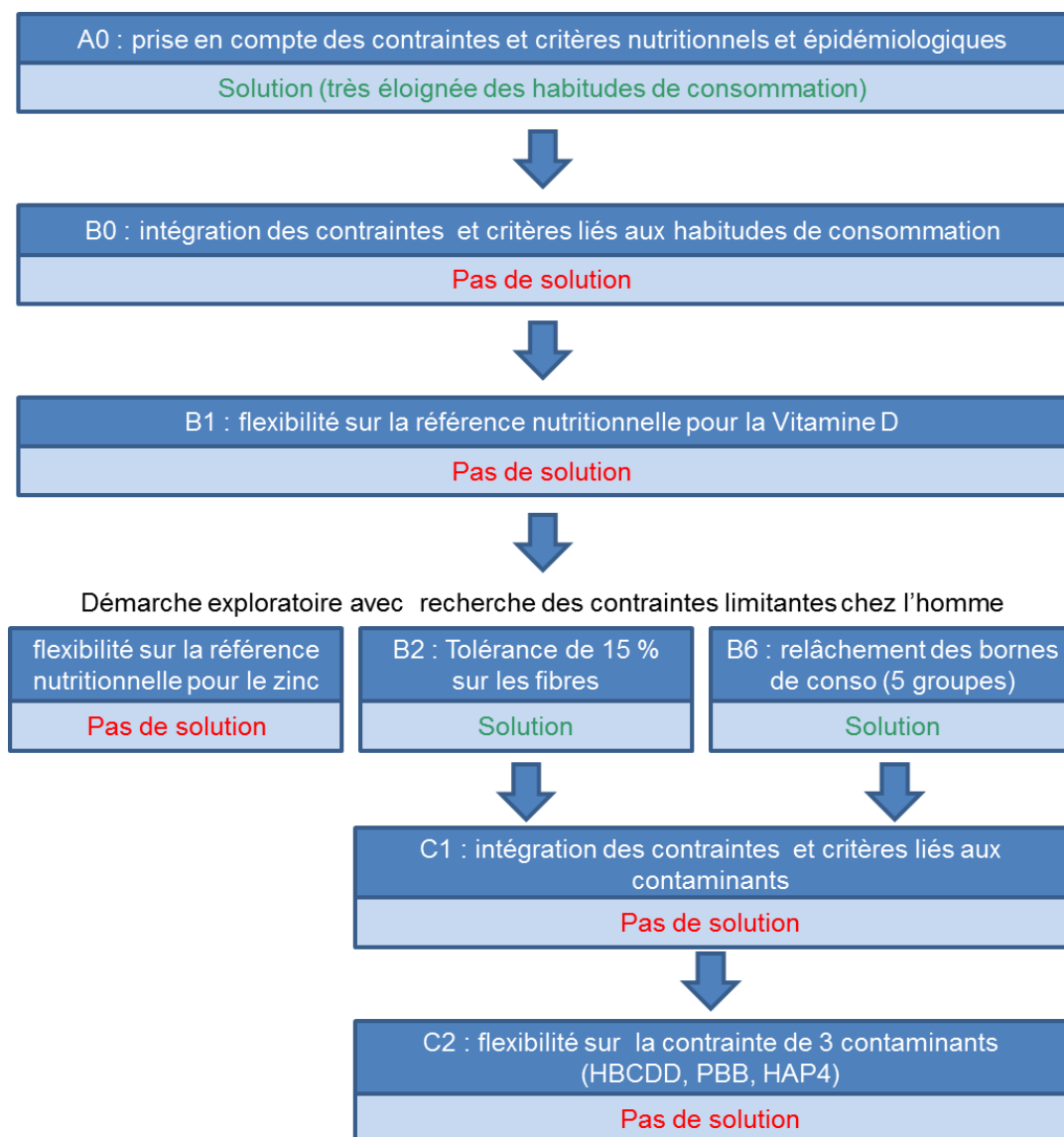
Il a été choisi de commencer par l'optimisation pour les femmes dont le besoin en fer est bas. En effet, comme la RNP pour le fer est moins contraignante dans cette population, les solutions sont plus faciles à identifier. La démarche suivie pour cette population est présentée **Figure 4**.

Une première optimisation a été réalisée en prenant en compte uniquement le risque nutritionnel (scénario A0). Comme pour les hommes, on obtient une solution très éloignée des habitudes de consommation et peu variée en termes de sous-groupes d'aliments.

L'intégration à l'outil des habitudes de consommation (scénario B0) ne donne pas de solution. Aussi la contrainte pour la vitamine D a été rendue flexible. Contrairement à la démarche chez l'homme, ce scénario (B1) ne donne pas de solution.

Les nutriments pour lesquelles les apports proposés dans le scénario B1 chez l'homme se situaient au niveau de la RNP et donc considérés comme limitants ont alors été recherchés : il s'agissait de la vitamine B1, du zinc, des lipides, de l'ALA, de l'EPA+DHA et des fibres. La référence nutritionnelle de la vitamine B1, des lipides et de l'ALA étant dépendante du besoin énergétique, l'apport à atteindre (en valeur absolue) est plus faible pour les femmes si bien qu'il semble improbable que ce soit ces valeurs qui empêchaient l'obtention d'une solution. La RNP du zinc a été fixée en faisant l'hypothèse que les apports en phytates étaient élevés (900 mg/j). Du fait de cette hypothèse non vérifiable, l'application d'une flexibilité sur la contrainte nutritionnelle du zinc (en plus de celle sur la contrainte nutritionnelle de la vitamine D) a été testée. La référence nutritionnelle pour les fibres (de 30 g/j) repose sur des données épidémiologiques montrant un effet bénéfique à partir de 25 g/j de fibres. Il a donc été décidé d'appliquer une tolérance de 15 % sur la contrainte relative aux fibres, ce qui correspondait à imposer des apports supérieurs à 25 g/j. En ce qui concerne l'EPA et le DHA, la RNP a été fixée à 500 mg/j sur la base d'études épidémiologiques mettant en évidence une diminution du risque de MCV, et possiblement du syndrome métabolique, du cancer du sein et du côlon (Afssa 2010). De ce fait, aucun relâchement de la RNP n'a été testé. Si le relâchement de la contrainte pour le zinc n'a abouti à aucune solution, l'application d'une tolérance pour les fibres qui impose que les apports en fibres soient supérieurs à 25 g/j, et les plus proches possibles de 30 g/j, a permis d'obtenir un résultat (scénario « B2 fer bas »).





**Figure 4. Démarche suivie pour les femmes avec des besoins en fer bas**

Pour les femmes dont le besoin en fer est élevé, une démarche similaire a été mise en œuvre avec une première optimisation qui prenait en compte uniquement le risque nutritionnel (scénario « A0 fer haut ») (voir **Figure 5**). Comme pour les hommes, on obtient une solution très éloignée des habitudes de consommation et peu variée en termes de sous-groupes d'aliments.

Comme attendu au regard des résultats pour les femmes dont le besoin en fer est bas, l'intégration à l'outil d'optimisation des habitudes de consommation (scénario B0) ne donne pas de solution, pas plus que l'application d'une flexibilité sur la contrainte nutritionnelle pour la vitamine D (scénario B1).

Comme pour les femmes dont le besoin en fer est bas, une tolérance de 15 % pour les fibres a été appliquée (scénario B2) mais ne permet pas d'obtenir une solution. En testant l'introduction d'une tolérance de niveau croissante sur le fer, on constate qu'une solution est obtenue avec au plus un apport de fer de 13,52 mg (correspondant à une tolérance de 15,5 %).

Une démarche exploratoire a alors été mise en place en appliquant en plus une tolérance de 5 % sur toutes les contraintes nutritionnelles inférieures sauf celles relatives à l'eau et à l'énergie et 10 % sur toutes les bornes supérieures de consommation sauf celles issues des relations épidémiologiques. Cette démarche ne permet pas de trouver de solution proposant 16 mg/j de fer,

au plus 15,2 mg de fer est atteint mais au détriment de certaines RNP (calcium, ALA, EPA+DHA, vitamines C et D et fibres) (scénario B3 fer haut).

Il n'apparaît donc pas possible de trouver une solution tenant compte des habitudes de consommation avec un apport de fer de 16 mg/j. Un apport de l'ordre de 15 mg/j pourrait permettre d'obtenir des solutions. Cette valeur correspond notamment à la recommandation du D-A-CH définie pour couvrir les besoins de 90 % de la population féminine.

Une approche consistant à augmenter la borne de consommation des sous-groupes d'aliments riches en fer ou contribuant de façon majeure à l'apport de fer a été menée. Parmi ces sous-groupes d'aliments, ont été identifiés ceux pour lesquelles une consommation supérieure au 95<sup>ème</sup> centile est acceptable et permettrait d'augmenter significativement l'apport de fer. Il s'agit du pain complet, du sous-groupe « autres poissons », des légumineuses, des fruits à coque et des fruits secs. Pour ces 5 groupes, la borne supérieure a été augmentée au niveau de la portion supérieure (la définition des portions est décrite en **Annexe 5**). Cette démarche n'a donné de solution qu'en appliquant une tolérance de 15 % sur les fibres (correspondant à un apport minimal de 25,5 g/j) et de 6 % sur le fer (ce qui correspond à un apport de 15 mg/j) (scénario B4 fer haut). Comme cette approche de relâchement de 5 bornes spécifiques a permis d'obtenir des solutions, elle a aussi été utilisée pour les femmes dont le besoin en fer est bas (scénario B6 fer bas) et a donné une solution.

Enfin, si l'on ajoute aux scénarios retenus les contraintes liées aux contaminants, aucune solution n'est obtenue, que ce soit pour les femmes dont le besoin en fer est bas ou celles dont le besoin en fer est élevé, malgré l'application de la flexibilité pour les contraintes liées aux trois contaminants HBCDD, HAP4 et PBB, comme cela a été réalisé chez les hommes.

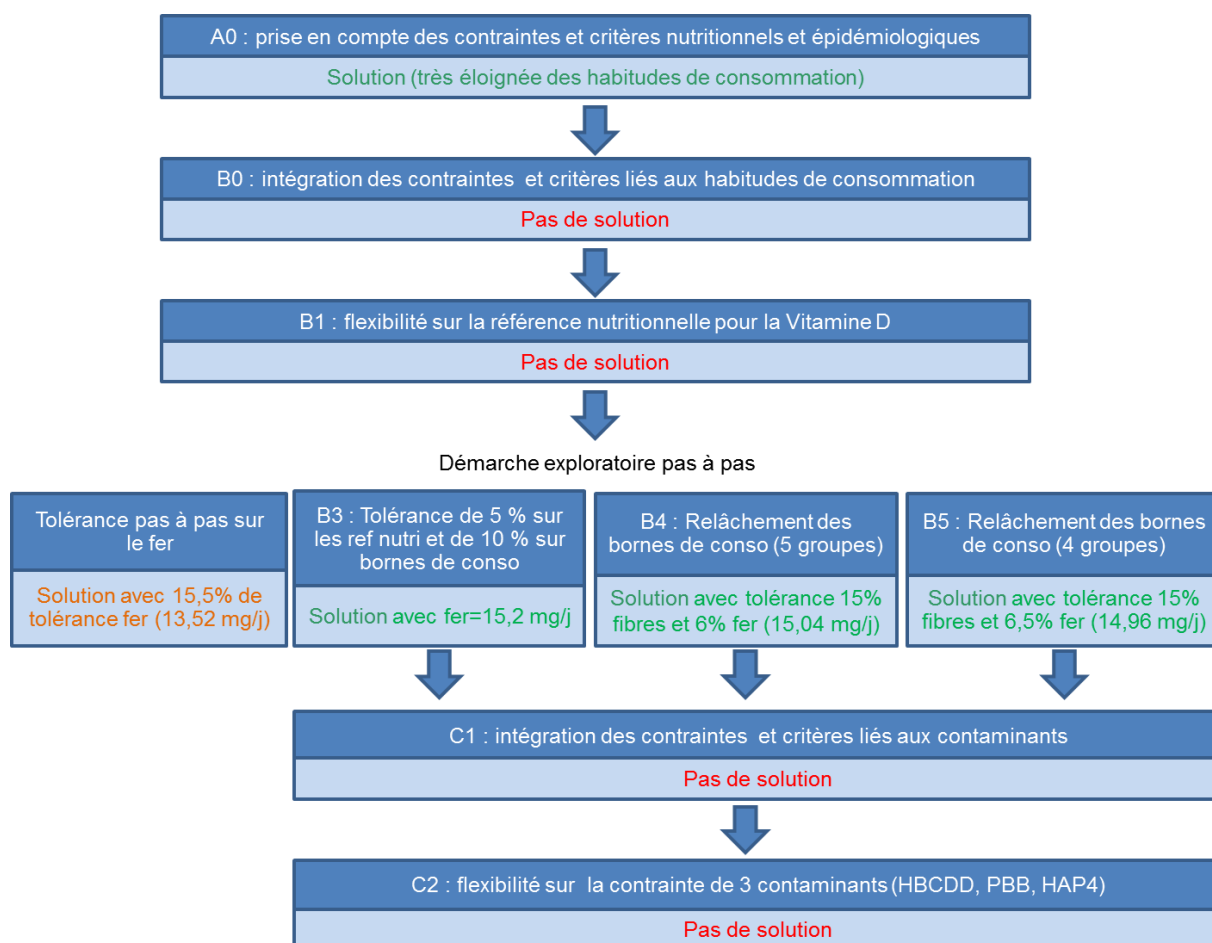


Figure 5. Démarche suivie pour les femmes avec des besoins en fer élevés

### 3.4. Résultats – Discussion

Le travail d'optimisation permettant d'identifier les consommations alimentaires répondant à un ensemble de contraintes met en évidence, en premier lieu, par le scénario A, la compatibilité entre les contraintes relatives aux nutriments (« contraintes nutritionnelles ») et les objectifs et contraintes épidémiologiques relatifs aux familles d'aliments. Les solutions obtenues peuvent être considérées, dans ce travail, comme des consommations « optimisées » pour la santé et la réduction du risque de certaines maladies chroniques. Cependant, le faible nombre de sous-groupes alimentaires représentés (12 sur 32 sous-groupes) et les consommations très éloignées des habitudes alimentaires observées en France (telles que décrites dans l'étude INCA2) ne permettent pas d'envisager une réelle observance par la population de repères de consommations alimentaires qui seraient fondés sur ce type de scénario. La proposition d'un scénario prenant en compte les habitudes alimentaires (scénario de type B) a été jugée nécessaire pour aboutir à des repères de consommations alimentaires qui puissent être adoptés.

Les scénarios de type B montrent qu'il existe des solutions qui respectent la grande majorité des contraintes nutritionnelles et épidémiologiques tout en prenant en compte les habitudes de consommation. Ces solutions se caractérisent notamment par :

- Des consommations de fruits et légumes élevées ; elles se situent au maximum autorisé dans l'outil d'optimisation, soit le 95<sup>ème</sup> centile de consommation de l'étude INCA2.
- Une très forte consommation de produits céréaliers complets aux dépens des produits céréaliers raffinés.
- Une consommation de légumineuses élevée par rapport à la moyenne de consommation INCA2.
- Une consommation de viande hors volaille qu'il est difficile de réduire, en raison des contraintes nutritionnelles à satisfaire, chez les hommes et chez les femmes dont le besoin en fer est élevé, malgré l'objectif épidémiologique de minimisation.
- Une consommation de charcuterie nettement plus faible que la moyenne de consommation INCA2, sauf pour les femmes dont le besoin en fer est élevé pour lesquelles la consommation se situe au maximum autorisé dans l'outil d'optimisation (maximum défini sur la base des études épidémiologiques).
- Une consommation de poisson gras élevée par rapport à la moyenne de consommation INCA2, se rapprochant du 95<sup>ème</sup> centile de consommation.
- Une consommation de lait se situant presque systématiquement au maximum autorisé dans l'outil d'optimisation, soit le 95<sup>ème</sup> centile de consommation de l'étude INCA2. Une consommation des autres produits laitiers proche de la moyenne de consommation INCA2.
- Parmi les matières grasses ajoutées, les huiles riches en ALA sont largement privilégiées.
- Une consommation de produits sucrés ou sucrés et gras proche de la moyenne de consommation INCA2.
- Une consommation de boissons sucrées faible par rapport à la moyenne de consommation INCA2, notamment expliquée par une absence de consommation de boissons de type soda.

Ces scénarios de type B ne permettent toutefois pas d'atteindre la RNP en vitamine D pour les hommes et les femmes, ni, dans une moindre mesure, l'AS en fibres pour les femmes. Les apports en ces nutriments dans les solutions proposées sont cependant supérieurs aux apports moyens rapportés dans l'étude INCA2.

Pour les femmes dont les pertes menstruelles sont élevées s'ajoute l'impossibilité d'atteindre la RNP en fer : les scénarios testés ne permettent pas d'apporter plus de 15 mg/j (au lieu des 16 mg/j de la RNP). Cependant, étant donné que l'adaptation physiologique qui augmente l'absorption du fer lorsque les réserves sont faibles n'est pas prise en compte pour l'établissement du besoin, le

besoin des femmes dont les pertes sont élevées est vraisemblablement plus faible qu'estimé (voir rapport de synthèse (Anses 2017d)). Cette vraisemblable surestimation du besoin, combinée à la difficulté à identifier les femmes ayant des besoins élevés, conduisent à retenir pour l'ensemble des femmes les conclusions formulées pour celles dont les pertes en fer sont faibles. En ce qui concerne les femmes susceptibles d'avoir un besoin en fer élevé (en particulier les femmes dont les pertes menstruelles sont élevées), une surveillance du statut martial est préconisée.

En ce qui concerne les macronutriments énergétiques, l'apport protéique est systématiquement proche de ou égal à la limite supérieure de l'IR (20 % de l'AET) pour les hommes et pour les femmes dont le besoin en fer est élevé et dans une moindre mesure pour les femmes dont le besoin en fer est bas.

Pour les scénarios de type B, l'analyse *a posteriori* des niveaux d'exposition aux contaminants (hors pesticides mais incluant les POP) identifie quelques contaminants pour lesquels un risque sanitaire ne peut pas être exclu en raison des niveaux d'exposition correspondant aux scénarios de type B :

- L'arsenic inorganique, pour lequel l'exposition est proche (pour l'homme) voire dépasse (pour la femme) l'exposition estimée dans l'EAT2, qui était déjà jugée préoccupante ;
- Le plomb, pour lequel l'exposition chez la femme est légèrement supérieure à celle estimée dans l'EAT2 ; la situation n'est donc pas améliorée par rapport aux résultats de l'EAT2 dans laquelle le risque lié à l'exposition au plomb ne pouvait être exclu ;
- Le BPA, pour lequel l'exposition chez la femme dont le besoin en fer est élevé atteint le repère toxicologique de l'Anses dans 2 scénarios sur 3. Cependant, ces scénarios ne sont pas amenés à être pris en considération dans l'élaboration des repères de consommations alimentaires, pour les raisons évoquées dans le paragraphe précédent. Au-delà, les valeurs d'exposition utilisées pour le BPA résultent des données produites dans le cadre de l'EAT2 (2007-2009) et donc antérieures aux mesures de gestion imposées en matière de concentration de BPA dans les contenants alimentaires (2013) ;
- Le nickel pour lequel l'exposition chez la femme est légèrement supérieure à la VTR récemment réactualisée de l'EFSA ; la situation est donc jugée préoccupante.

Concernant le chrome VI, l'exposition pour les hommes comme les femmes est proche voire supérieure à celle estimée dans l'EAT2. Néanmoins il subsiste une forte incertitude sur la part relative du Cr(III) par rapport au Cr(VI) et les hypothèses très conservatrices de l'EFSA (voir partie 3.2.3.4) ont été suivies. Aussi, il est impossible de conclure quant au risque lié à l'exposition.

Concernant les quatre additifs alimentaires considérés dans la présente étude, quels que soient la population ou le scénario considérés, les expositions sont du même ordre de grandeur que celles calculées dans le cadre de l'EAT2, et sont dans tous les cas inférieures aux VTR correspondantes. Par conséquent, les expositions à ces quatre additifs alimentaires déterminées par l'outil d'optimisation ne sont pas jugées préoccupantes.

Concernant les 232 résidus de pesticides analysés dans l'EAT2, les expositions estimées selon les scénarios de type B sont inférieures à la VTR, à l'exception du lindane (HCH-gamma), ancien pesticide interdit dans le cadre de la convention internationale de Stockholm. Contaminant de l'environnement, ce POP peut se retrouver dans la chaîne alimentaire et en particulier dans certaines denrées d'origine animale. Ce dépassement de VTR pour le lindane selon les scénarios de type B doit être relativisé au regard de plusieurs éléments :

- l'exposition alimentaire estimée pour le lindane dans ces scénarios est comprise entre 12 % et 18 % de l'exposition estimée dans l'EAT2, elle est donc inférieure à l'exposition actuelle ;
- dans l'EAT2, le lindane n'a été détecté que dans 3 échantillons de denrées animales, contrairement à d'autres substances beaucoup plus fréquemment détectées ;

- un dépassement de VTR est observé lorsqu'on considère la VTR de  $0,01 \mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{j}^{-1}$  utilisée dans les expertises récentes (Anses, 2014). Cependant, en considérant la VTR de  $5 \mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{j}^{-1}$  du Joint FAO/WHO Meetings on Pesticide Residues (JMPR) (FAO/WHO 2003) utilisée dans le cadre des évaluations annuelles européennes *a posteriori* (EFSA, 2015), l'exposition au lindane reste inférieure à la VTR.

La grande majorité (plus de 75 %) des pesticides présente une exposition supérieure à celle de l'EAT2. Cette différence des niveaux d'exposition s'explique notamment, pour la majorité des pesticides, par des niveaux de consommation de fruits et légumes plus élevés, et pour un nombre plus restreint de substances, par des niveaux de consommation de céréales plus élevés à l'issue de l'optimisation selon les scénarios de type B.

Les niveaux d'exposition aux pesticides des femmes dont le besoin en fer est élevé sont globalement similaires à ceux des femmes dont le besoin en fer est bas. Plus précisément, les valeurs d'exposition sont très légèrement supérieures selon les scénarios « fer bas » pour 76 % des pesticides évalués. A l'inverse, pour les POP et autres substances lipophiles plutôt détectés dans les denrées animales (viandes, poissons et œufs notamment), l'exposition est supérieure selon les scénarios « fer haut ». Par exemple pour le lindane, l'exposition est proche de 150 % de la VTR selon les scénarios « fer haut » contre 105 % selon les scénarios « fer bas ». Cependant, ces scénarios « fer haut » ne sont pas amenés à être pris en considération dans l'élaboration des repères de consommations alimentaires, pour les raisons évoquées précédemment.

En ce qui concerne le scénario de type C, qui intègre les contraintes liées aux contaminants hors additifs et pesticides mais intégrant les POP<sup>14</sup>, aucune solution n'a été identifiée selon les paramétrages initiaux, pour les hommes comme pour les femmes. Pour les hommes, en introduisant une flexibilité (renvoi méthode) sur les contraintes liées aux contaminants (HBCDD, PBB et HAP4), une solution a pu être identifiée. En revanche pour les femmes, un examen exploratoire a été conduit et n'a pas permis de mener à une solution optimisée. Il a été choisi de ne pas prolonger cet examen au moment où il aurait conduit à un trop grand nombre de relâchements des contraintes, eu égard aux exigences initiales : couvrir les besoins nutritionnels de la quasi-totalité de la population sans accroître le risque lié à l'exposition aux contaminants tout en restant dans une gamme d'apports alimentaires observés.

L'absence de scénario de type C pour les femmes n'est pas surprenante au regard de l'analyse *a posteriori* des niveaux d'exposition dans les scénarios de type B pour les femmes. En effet, dans ces scénarios, l'exposition à plusieurs contaminants (nickel, plomb, arsenic inorganique) dépassait la VTR ou la médiane EAT2 chez les femmes uniquement. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette situation. En premier lieu, certaines références nutritionnelles sont identiques pour les hommes et les femmes, alors que le besoin énergétique est plus faible pour les femmes, ce qui conduit l'outil d'optimisation à rechercher des aliments encore plus denses du point de vue nutritionnel que pour les hommes, limitant ainsi les solutions possibles. Par ailleurs, le poids corporel des femmes étant plus faible que celui des hommes, à apport en aliments contaminés équivalent, le niveau d'exposition sera en conséquence augmenté chez les femmes, dans la mesure où il est rapporté au kg de poids corporel.

La solution pour l'homme se distingue de celles des scénarios de type B notamment par :

- une consommation de légumineuses supérieure ;
- une consommation de charcuterie nulle et une consommation d'œuf supérieure et située au maximum autorisé dans l'outil d'optimisation ;
- une consommation de lait nulle et une consommation de fromages et de produits laitiers supérieure et proche du maximum autorisé dans l'outil d'optimisation ;

---

<sup>14</sup> Les additifs et pesticides non POP (polluant organique persistant) faisant l'objet d'une réglementation d'usage, leur niveau d'exposition n'est pas soumis à contrainte dans l'outil d'optimisation ; cette exposition est calculée pour chaque combinaison d'aliments proposée comme solution des différents scénarios (voir partie 3.2.3.2).



- une consommation de jus de fruits supérieure et située au maximum autorisé dans l'outil d'optimisation (défini par la contrainte épidémiologique).

De nombreux paramètres influencent les résultats d'optimisation et il est difficile de proposer des hypothèses simples, impliquant peu de paramètres, pour expliquer les conséquences de la prise en compte des contaminants sur les modifications majeures relevées ici et qui concernent les produits laitiers et les jus de fruits. Cependant, quelques hypothèses peuvent être avancées :

En ce qui concerne les contaminants pour lesquels l'exposition dans le scénario B chez l'homme, est supérieure à la limite maximale fixée dans l'outil, le lait est un contributeur majeur à l'exposition à l'arsenic inorganique et au chrome VI (à hauteur de 8 et 13 % respectivement). Le lait est le 2<sup>ème</sup> contributeur à l'exposition à l'arsenic inorganique, après les poissons dont la quantité proposée par l'outil est vraisemblablement principalement gouvernée par la contrainte nutritionnelle relative à l'EPA et au DHA (puisque'ils en sont presque l'unique source). De même, le lait est le 2<sup>ème</sup> contributeur à l'exposition au chrome VI, après l'eau dont la quantité proposée par l'outil est gouvernée par la contrainte sur les apports hydriques. Ainsi, la diminution des quantités de lait proposées paraît être un levier efficace mathématiquement pour diminuer l'exposition à ces deux contaminants en-dessous de la limite maximale fixée dans l'outil.

L'apport hydrique associé au lait dans le scénario B est compensé dans le scénario C par un apport élevé de jus de fruit. En ce qui concerne l'apport calcique, il est pratiquement entièrement compensé par des apports plus élevés d'autres produits laitiers, notamment du fromage. Ainsi le groupe « produits laitiers » contribue à hauteur de 55 % (646 mg) des apports calciques dans le scénario C contre 60 % (727 mg) dans le scénario B1.

Il est important de souligner que les concentrations de 211 contaminants sont disponibles pour le lait, et seulement une centaine pour les autres produits laitiers, ce qui peut expliquer en partie dans l'objectif de minimiser la somme des expositions aux contaminants, la diminution drastique des quantités de lait proposées. Cependant, la différence de niveaux de contamination de ces deux types de produits peut ne pas refléter la réalité, en raison de disparités quant à la qualité des données disponibles sur les contaminants pour les produits laitiers et pour le lait.

En ce qui concerne les contaminants hors additifs et pesticides mais intégrant les POP, l'ensemble des contraintes toxicologiques est respecté, excepté pour l'HBCDD pour lequel l'exposition est supérieure à celle estimée dans l'EAT2. Néanmoins, la marge de sécurité est très supérieure à la marge de sécurité critique retenue. L'exposition ne semble donc pas de nature à entraîner un risque sanitaire.



### 3.5. Conclusion du CES

L'outil d'optimisation développé permet d'intégrer l'ensemble des données nutritionnelles (relatives aux nutriments et aux groupes d'aliments) et des données relatives aux contaminants et aux habitudes alimentaires. Il constitue un outil d'aide à la décision, utile à l'élaboration des repères de consommations alimentaires, qui nécessite tout à la fois des choix en amont (concernant le paramétrage et le type de scénarios retenus) et une interprétation en aval au regard des messages prioritaires.

Les résultats des scénarios testés permettent de mettre en évidence des niveaux d'apport en nutriments et contaminants préoccupants en termes de santé publique mais aussi d'identifier pour certains groupes d'aliments des tendances, en termes de quantités proposées, communes à tous les scénarios.

#### 3.5.1. En termes d'apports nutritionnels

Les solutions proposées par l'outil d'optimisation permettent de couvrir le besoin nutritionnel de la quasi-totalité de la population, à l'exception de quelques rares nutriments. Ainsi, les situations d'inadéquation d'apports rapportées dans l'avis du 13 mars 2015 (Anses 2015b) peuvent être évitées par des consommations adéquates d'aliments courants, à des niveaux déjà consommés par une partie de la population, sans avoir recours aux compléments alimentaires. C'est notamment le cas du magnésium dont la prévalence d'inadéquation atteint 67 % chez les hommes et 77 % chez les femmes et de la vitamine C dont la prévalence d'inadéquation atteint 53 % chez les hommes et 41 % chez les femmes. Inversement, comme souligné dans l'avis précédemment cité, la couverture du besoin en vitamine D n'est pas atteignable compte tenu de l'offre et des habitudes de consommation observées, ce qui est confirmé par l'absence de solution d'optimisation si on impose l'atteinte de la RNP en vitamine D, telle qu'elle est actuellement définie. Les résultats du consortium européen ODIN dont l'objectif est de proposer des solutions alimentaires pour la couverture optimale du besoin en vitamine D pourront apporter des éléments pour la mise en place de mesures de gestion qui paraissent aujourd'hui nécessaires. En ce qui concerne le fer, les résultats d'optimisation montrent que des solutions satisfaisantes sont obtenues pour 80 % des femmes au moins, alors que ce n'est pas le cas pour les femmes dont le besoin serait plus élevé, mais ce besoin est vraisemblablement surestimé. Cette vraisemblable surestimation du besoin, combinée à la difficulté à identifier les femmes ayant des besoins élevés, conduisent à retenir pour l'ensemble des femmes les conclusions formulées pour celles dont les pertes en fer sont faibles. En ce qui concerne les femmes susceptibles d'avoir un besoin en fer élevé, une surveillance du statut martial est préconisée.

#### 3.5.2. En termes d'exposition aux contaminants

Dans cette étude, 2 types de valeurs ont été retenues pour les contraintes liées aux expositions aux contaminants. Les valeurs toxicologiques de références ont été retenues lorsqu'elles étaient disponibles (cas notamment des molécules dont les effets sont « à seuil »). Dans le cas contraire (cas, par exemple, des substances dont les effets sont « sans seuil de dose »), les médianes d'exposition calculées dans l'EAT2 ont été retenues dans l'objectif de ne pas dégrader la situation actuelle. Dans ce dernier cas, les valeurs retenues par défaut ne sont pas nécessairement protectrices (cas de l'acrylamide, de l'arsenic inorganique, du plomb pour lesquels les situations étaient déjà jugées préoccupantes dans le cadre de l'EAT2).

Les travaux d'optimisation ont mis en avant la difficulté à identifier des solutions permettant à la fois de couvrir les besoins nutritionnels de la quasi-totalité de la population sans accroître le risque lié à l'exposition aux contaminants, tout en restant dans la gamme d'apports alimentaires observés. Il a été nécessaire de relâcher les contraintes liées à quelques contaminants pour

identifier une solution pour les hommes. En revanche, pour les femmes, un examen exploratoire a été conduit et n'a pas permis d'aboutir à une solution optimisée. Il a été choisi de ne pas prolonger cet examen dès lors qu'il aurait conduit à un trop grand nombre de relâchements des contraintes, eu égard aux exigences initiales.

Ces travaux permettent également d'identifier des substances dont les niveaux de contamination sont susceptibles d'augmenter le risque sanitaire. En effet, pour certaines substances, les expositions à l'issue des optimisations sont supérieures à celles de l'EAT2, dont il n'est pas possible d'estimer l'impact sanitaire. En l'occurrence, en ce qui concerne l'arsenic inorganique la situation reste préoccupante.

Il convient de souligner que pour certains contaminants, dans l'état actuel des estimations de contamination, bien que les apports alimentaires proposés par l'outil d'optimisation entraînent des expositions inférieures à celles de l'EAT2, la préoccupation sanitaire reste réelle. C'est notamment le cas pour l'acrylamide et le plomb. Il convient donc de poursuivre les efforts afin de diminuer le niveau de contamination des aliments.

Les additifs alimentaires et les pesticides (substances phytopharmaceutiques, non POP) sont des substances systématiquement évaluées avant mise sur le marché en Europe. Les autorités fixent les conditions d'usages et les limites maximales de résidus compatibles avec les repères alimentaires établis en amont. Il en est de même, dans la mesure du possible, de la stratégie de fixation des teneurs maximales des autres contaminants (néoformés, d'origine industrielle ou environnementale). Pour les pesticides, la prise en compte *a posteriori* des consommations proposées par l'outil d'optimisation met en évidence une augmentation globale des expositions par rapport à l'EAT2, à l'exception du lindane. Celle-ci s'explique notamment par l'augmentation de la consommation de fruits frais, de légumes et de produits céréaliers. Toutefois, il n'est pas observé de dépassement des VTR correspondantes, sauf pour le lindane. Pour cette dernière substance, les travaux antérieurs, notamment l'EAT2, ont déjà mis en évidence la nécessité de réduire les expositions en lien avec ce POP interdit depuis 1998 en France.

### 3.5.3. En termes de consommation de groupes alimentaires

Le travail a permis de dégager des solutions d'optimisation selon plusieurs scénarios qui dessinent des tendances communes sur les niveaux de consommation de certains groupes. C'est sur la base de ces tendances communes, et non pas sur une solution particulière, que peuvent être établis des repères de consommations alimentaires.

Les résultats d'optimisation selon les scénarios de type B (incluant la prévention du risque nutritionnel et les habitudes de consommation), chez les hommes et les femmes dont le besoin en fer est bas, ont été comparés entre eux et à la moyenne de consommation dans l'étude INCA2. La moyenne et les consommations extrêmes (5<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> centiles) des consommations des sous-groupes et groupes d'aliments sont indiqués en **Annexe 6**. Le CES souligne que les résultats de ce travail ne peuvent être interprétés que vis-à-vis de consommations moyennes d'aliments dans la population. Le CES rappelle la grande variabilité interindividuelle des consommations dans la population et met en garde contre une interprétation au niveau individuel des recommandations de modification qui concernent les moyennes de consommation dans la population.

L'analyse du CES s'est fondée sur les résultats à la fois cohérents<sup>15</sup> entre les scénarios et différent des habitudes de consommation<sup>16</sup>. Lorsque les résultats indiquent une quantité très différente de la consommation habituelle, la fréquence de consommation correspondante (calculée en utilisant les tailles de portion définies en Annexe 5, **Tableau 11**) est rapportée. Les recommandations du

<sup>15</sup> Les résultats sont considérés comme cohérents lorsque, pour tous les scénarios, la même tendance (à la baisse ou à la hausse) par rapport à la consommation moyenne estimée dans INCA2 est observée.

<sup>16</sup> Les résultats sont considérés comme différents lorsqu'ils sont supérieurs ou inférieurs de 15 % par rapport à la moyenne de consommation estimée dans INCA2.

CES s'appuient également sur les limites maximales d'apport issues de l'analyse des données épidémiologiques.

Ainsi, au regard de cette analyse, le CES formule les constats et recommandations suivantes :

- La consommation moyenne actuelle du groupe « fruits et légumes » est insuffisante et devrait être considérablement<sup>17</sup> augmentée, en privilégiant les sous-groupes « fruits frais » et « légumes ».
- La consommation moyenne actuelle de féculents raffinés est trop élevée et devrait être diminuée. Au contraire, la consommation de féculents complets devrait être considérablement augmentée, pour devenir quotidienne, ce qui entraînerait une augmentation de la consommation totale de féculents.
- La consommation moyenne actuelle de légumineuses est insuffisante et devrait être considérablement augmentée. Elle devrait être pluri-hebdomadaire.
- La consommation moyenne actuelle d'huiles végétales et margarines pauvres en ALA est trop élevée. Elle devrait être diminuée. Au contraire, la consommation d'huiles végétales riches en ALA devrait être considérablement augmentée, ce qui entraînerait une augmentation de la consommation totale d'huiles végétales. La consommation d'huiles végétales riches en ALA (telle que les huiles de noix ou de colza<sup>18</sup>) devrait être quotidienne.
- La consommation de viande hors volaille doit rester inférieure à 500 g/semaine, comme établi à partir des données épidémiologiques.
- La consommation moyenne actuelle de charcuterie est trop élevée et devrait être considérablement diminuée. Elle doit rester en-deçà de 25 g/j, comme établi à partir des données épidémiologiques.
- La consommation moyenne actuelle de poisson gras est insuffisante et devrait être augmentée. Le CES considère qu'il convient de suivre les recommandations définies en 2010, soit « consommer deux portions de poisson par semaine, dont une à forte teneur en EPA et DHA, en variant les espèces et les lieux d'approvisionnement » (Anses 2010).
- La consommation moyenne actuelle du sous-groupe « boissons sucrées de type soda » est trop élevée. Elle devrait être considérablement diminuée. Par ailleurs, le CES rappelle que la consommation du groupe « boissons sucrées » doit rester en-deçà d'un verre par jour, comme établi par les données épidémiologiques.

Les tendances observées correspondent à des modifications substantielles de consommation de sous-groupes d'aliments par rapport à la situation actuelle, par exemple par des augmentations allant d'un facteur 2 pour les légumes à 70 pour les féculents complets. Les augmentations les plus élevées correspondent en réalité à des sous-groupes peu ou pas consommés (c'est notamment le cas des huiles riches en ALA). Dans ces cas, il faudrait que ces sous-groupes soient introduits dans les habitudes alimentaires de l'ensemble des consommateurs. A l'inverse, on note que des diminutions substantielles d'autres sous-groupes sont souhaitables : c'est notamment le cas de la charcuterie.

Dans certains cas, le CES n'a pas été en mesure de dégager des recommandations car la prise en compte des contaminants modifiait substantiellement les solutions.

---

<sup>17</sup> Le qualificatif considérable est utilisé lorsque la variation entre les résultats d'optimisation et la moyenne de consommation estimée dans INCA2 est supérieure à un facteur 2

<sup>18</sup> à consommer selon les conditions d'usage définies dans l'avis du 22 juin 2005 (Afssa 2005)

- Les quantités de lait proposées dans les scénarios de type B sont considérablement supérieures aux moyennes de consommation actuelle. Cependant, lorsque l'on ajoute les contraintes liées aux contaminants (scénario de type C2 chez l'homme), la quantité de lait proposée par l'optimisation est nulle. Pour les autres produits laitiers, la consommation proposée est proche de la consommation moyenne actuelle pour les scénarios de type B alors qu'elle est augmentée pour le scénario de type C.
- La quantité de jus de fruit proposée par l'optimisation est considérablement diminuée dans les scénarios de type B par rapport à la moyenne de consommation INCA2. Cependant, lorsque l'on ajoute les contraintes liées aux contaminants (scénario C2), la quantité de jus de fruits proposée par l'optimisation est considérablement augmentée et équivalente à un verre par jour.

### 3.6. Perspectives

Le présent travail fournit les éléments scientifiques nécessaires à l'élaboration des repères de consommations alimentaires. La formulation de ces repères et leur communication auprès du consommateur nécessiteront notamment une bonne connaissance des moyens d'expression les plus compréhensibles pour le consommateur. Il s'agira d'identifier les formats d'expression les plus adaptés (par référence par exemple à la part dans l'assiette ou au grammage) et les références temporelles (à l'échelle du repas, de la journée ou de la semaine) à utiliser pour formuler concrètement les repères.

Ce travail pourrait être utilement complété par une évaluation des effets sur la santé des fréquences des prises alimentaires dans la journée, de la structuration interne des prises alimentaires, ainsi que des contextes de consommation (comme la consommation hors foyer ou à domicile, les facteurs modulant l'attention pendant la prise alimentaire, etc.), ce qui permettrait de formuler des recommandations quant aux modes de consommation alimentaire.

La démarche utilisée pour ce travail pourra être déclinée pour d'autres groupes de population, sur la base de critères physiologiques (comme les enfants et adolescent(e)s ou les personnes âgées) ou à partir de comportements alimentaires particuliers (par exemple, préférences alimentaires ou évictions de certains aliments).

Enfin, ce rapport met en évidence la nécessité de mener des recherches qui viseraient à diminuer les incertitudes relatives aux références nutritionnelles ou toxicologiques. Il faudrait affiner le travail d'optimisation en prenant en compte les effets de la matrice alimentaire sur la biodisponibilité de certaines vitamines et minéraux et les effets du mode de production sur la qualité nutritionnelle et les teneurs en contaminants des aliments. Ce travail a permis d'avancer de manière considérable dans une démarche scientifique construite pour élaborer des repères de consommation à destination du public en tirant le meilleur parti possible des informations scientifiques disponibles actuellement et d'identifier les besoins en connaissances scientifiques complémentaires.

#### 4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Anses adopte les conclusions et les recommandations du groupe de travail et du CES « Nutrition humaine ».

Le travail mené constitue le socle scientifique nécessaire à l'élaboration de repères de consommations alimentaires pour les hommes et femmes adultes hors populations particulières. Il a notamment consisté en la mise à jour des références nutritionnelles et en l'étude des relations entre la consommation d'aliments et le risque de maladies chroniques non transmissibles. Un outil d'optimisation a également été conçu pour identifier des combinaisons d'aliments permettant à la fois de couvrir le besoin nutritionnel, prévenir le risque de maladies chroniques non transmissibles, limiter le risque lié à l'exposition aux contaminants, tout en limitant les écarts aux pratiques de consommation observées. Cette prise en compte des habitudes alimentaires a pour objectif de favoriser l'acceptation des futurs repères. En conséquence, il existe d'autres solutions, plus éloignées des habitudes de consommation courantes, permettant de satisfaire aux objectifs nutritionnels, mais qui n'ont pas été considérées, compte tenu de la demande des pouvoirs publics. L'optimisation a été réalisée pour répondre à des objectifs de santé publique, aussi les solutions obtenues ne sont pas directement applicables au niveau individuel.

Par ailleurs, l'Agence a travaillé sur la question de la catégorisation des aliments. Une réflexion a été menée sur ce sujet intégrant à la fois des données de composition nutritionnelle, les usages de consommation ainsi que des données épidémiologiques. Ainsi, une nouvelle catégorisation est proposée : elle compte désormais neuf groupes d'aliments en lieu et place des sept groupes de la catégorisation utilisée depuis le premier PNNS. Cette nouvelle catégorisation permettra *in fine* l'élaboration de repères de consommations alimentaires plus ciblés. Les légumineuses sont dissociées du groupe des féculents du fait de leur richesse en protéines et en fibres et constituent un nouveau groupe. L'eau de boisson (eau du robinet, eaux de source et eaux minérales), seule boisson indispensable, est distinguée du groupe des boissons et constitue un groupe à elle seule. Le sous-groupe des jus de fruits quitte le groupe des fruits et légumes et rejoint les boissons de type soda au sein du groupe des boissons sucrées au regard des résultats des études épidémiologiques relatives au surpoids, à l'obésité, au diabète de type 2 ou aux maladies cardiovasculaires portant sur les boissons sucrées<sup>19</sup>.

Les travaux de l'Agence conduisent à des évolutions importantes au regard des recommandations antérieures. Ils se sont appuyés sur un apport énergétique calculé pour un IMC de 22 compte tenu d'une activité physique modérée. Cet apport énergétique est de fait en-deçà des apports énergétiques réels pour plus de 40 % de la population, qui se trouve en surpoids. Ces évolutions portent notamment sur une consommation renforcée et régulière de légumineuses (notamment lentilles, fèves ou pois chiches), la nécessité nutritionnelle de privilégier les produits céréaliers complets (pain, pâtes et riz complets) ainsi que l'intérêt de privilégier la consommation d'huiles végétales riches en acide alpha-linolénique (huiles de colza et de noix). En contrepoint, l'Agence insiste sur la nécessité d'une réduction considérable de la consommation de charcuterie (jambon, saucisson, saucisse, pâté, etc.) devant rester en deçà de 25 g par jour et la nécessité d'une consommation maîtrisée de viande hors volaille (bœuf, porc, agneau, etc.), ne devant pas dépasser 500 g par semaine. L'Anses souligne également que la consommation de boissons sucrées doit être inférieure à un verre par jour. Les consommations de fruits et légumes restent cruciales et doivent être renforcées en privilégiant les légumes. Enfin, l'intérêt d'une consommation bihebdomadaire de poissons dont un poisson gras (par exemple sardine, maquereau) est réaffirmé.

Il convient de préciser que ce travail n'a pris en compte ni le café, ni le thé, ni les boissons alcoolisées. En effet, le café et le thé contiennent des quantités très variables de caféine dont les effets indésirables sont nombreux (notamment anxiété, tachycardie, troubles du sommeil,

<sup>19</sup> Lesdites boissons sucrées comprennent les sodas, les nectars, les jus de fruits à base de concentrés, les jus de fruits frais, les smoothies, etc.



migraines). Ainsi, du fait de la grande variabilité de sensibilité des individus à la caféine (Anses 2013), l'Agence n'est pas en mesure de proposer une recommandation de consommation de café et de thé. Les boissons alcoolisées n'ont pas été non plus considérées pour ce travail, en particulier du fait du potentiel addictif et des troubles du comportement (risques d'accidents et de violences) qui leurs sont associés.

A l'exception de quelques rares nutriments, les solutions proposées permettent de couvrir le besoin nutritionnel de la quasi-totalité de la population. Ainsi, la couverture du besoin en vitamine D n'est pas atteignable compte tenu de l'offre et des habitudes de consommation observées. L'estimation du besoin alimentaire en vitamine D fait encore l'objet de nombreux débats scientifiques. L'Agence estime qu'une étude évaluant le statut en vitamine D de la population française avec une méthode de référence, en se focalisant notamment sur les populations à risque, est nécessaire en amont de la mise en place de mesures de gestion adéquates. Diverses mesures de gestion non exclusives pourraient être envisagées :

- une complémentation personnalisée à travers le système de soins dirigée vers la population adulte,
- des recommandations précises d'exposition solaire, compatibles avec la prévention des cancers cutanés pourraient être proposées.
- un enrichissement des denrées en vitamine D piloté par les pouvoirs publics, supposant une analyse approfondie des enjeux sanitaires et des bénéfices et risques attendus.

En ce qui concerne le fer, environ 20 % des femmes ont des besoins en fer élevés qui sont difficilement couverts par l'alimentation actuelle. Aussi, l'Anses préconise une surveillance du statut martial pour les femmes susceptibles d'avoir un besoin en fer élevé.

En ce qui concerne le sodium, l'évolution en cours des connaissances n'a pas permis aux experts de confirmer les références nutritionnelles antérieurement produites par d'autres instances ou d'en proposer une nouvelle. Toutefois, compte tenu des apports aujourd'hui constatés pour une fraction notable de la population, au regard des objectifs de santé publique, il a été considéré que le risque d'apports trop élevés en sodium est supérieur au risque d'insuffisance d'apport. Aussi, les travaux des experts ont visé à réduire les apports chez les forts consommateurs. En collaboration avec l'Anses, l'Institut national de la consommation (INC) a montré que la baisse des teneurs en sel de certains produits alimentaires reste insuffisante pour atteindre les objectifs fixés par les PNNS successifs. Ces résultats montrent qu'au-delà des chartes volontaires, il apparaît nécessaire d'engager des actions complémentaires, le cas échéant réglementaires, afin d'agir dans un calendrier maîtrisé, sur le nombre de produits concernés et le niveau de réduction des teneurs en sel des aliments transformés, au regard des forts enjeux de santé publique associés au sodium.

En ce qui concerne les sucres<sup>20</sup>, les données disponibles n'ont pas permis de distinguer les effets sur la santé, des sucres naturellement présents dans les aliments de ceux des sucres ajoutés, indépendamment de l'effet de la matrice. Il existe des éléments convergeant vers des effets néfastes d'apports élevés en sucres rendant nécessaire l'établissement d'une limite maximale d'apport. Cette limite a été fixée à 100 g/j chez les adultes. Dans le but de diminuer les apports totaux pour la population la plus exposée, la maîtrise de la consommation d'aliments vecteurs de sucres ajoutés, en particulier sous forme de boissons, apparaît un outil important. Ainsi, des efforts doivent être réalisés en ce sens de la part de l'ensemble des acteurs (consommateurs, industriels, pouvoirs publics). Or les chartes mises en place pour diminuer la teneur en sucres ajoutés ont montré une efficacité discutable<sup>21</sup>. Une approche réglementaire est déjà engagée en outre-mer par

<sup>20</sup> On entend par sucres les mono- et diosides et par assimilation les sirops de glucose ou de fructose digérés et/ou absorbés et métabolisés

<sup>21</sup> Combris, P.; Enderli, G.; Gauvreau, J.; Ménard, C.; Soler, L.-G.; Spiteri, M.; Volatier, J.-L., 2014. Interventions publiques et démarches d'entreprises pour l'amélioration de la qualité nutritionnelle de l'offre alimentaire : apports et limites. Cahier de nutrition et de diététique. 49 (1), 22-31



l'arrêté du 9 mai 2016 limitant la teneur en sucres ajoutés des produits distribués en outre-mer à la teneur la plus élevée constatée en France métropolitaine. Une approche réglementaire, ciblée sur les principaux vecteurs de sucres ajoutés pourrait également être envisagée en France métropolitaine.

Par ailleurs, les travaux d'optimisation ont mis en avant la difficulté à identifier des solutions permettant à la fois de couvrir les besoins nutritionnels de la quasi-totalité de la population en maîtrisant l'exposition aux contaminants. Pour un nombre limité de contaminants, les niveaux d'exposition restent préoccupants, c'est le cas notamment de l'arsenic inorganique, de l'acrylamide et du plomb. Il convient donc de poursuivre les efforts afin de diminuer le niveau de contamination des aliments. L'Anses rappelle dans ce contexte ses avis (EAT2, EATi) récents sur ces questions stratégiques et ses recommandations aux pouvoirs publics. Ces efforts de réduction concernant les contaminants préoccupants sont cruciaux dans la mesure où ils permettent qu'à terme les choix alimentaires de la population soient gouvernés par les contraintes nutritionnelles et non pas par les niveaux de contamination de l'alimentation. De plus, l'Anses réitère sa recommandation au consommateur de diversifier son régime alimentaire et les sources d'approvisionnement.

Le présent travail fournit les éléments scientifiques nécessaires à l'élaboration des repères de consommations alimentaires. La formulation de ces repères et leur communication auprès du consommateur nécessitera d'identifier les formats d'expression les plus adaptés tant pour les quantités que pour les rythmes et les fréquences de consommation. L'Anses prévoit par ailleurs de compléter ce travail par une évaluation des effets sur la santé des fréquences des prises alimentaires dans la journée, de la structuration interne des prises alimentaires, ainsi que des contextes de consommation (comme la consommation hors foyer ou à domicile, les facteurs modulant l'attention pendant la prise alimentaire, etc.).

Au-delà, la démarche utilisée pour ce travail sera déclinée par la suite pour d'autres groupes de population définis sur la base de critères physiologiques (comme l'âge, le sexe...) ou à partir de comportements alimentaires particuliers (par exemple, préférences alimentaires ou évictions de certains aliments).

A plus long terme, d'autres enjeux mériteraient d'être pris en compte dans l'établissement des repères alimentaires pour les inscrire dans une démarche globale et durable. En particulier, l'Agence devra s'emparer des enjeux de nature environnementale ou socio-économique qui devront fonder à terme l'élaboration de tels repères de consommation.

Dr Roger Genet

## MOTS-CLÉS

Plan national nutrition santé, risque santé, nutrition, consommation alimentaire, nutriment, références nutritionnelles, optimisation, programmation linéaire, maladies chroniques non transmissibles, classification des aliments, contaminant

French National Nutrition and Health Program, health risks, nutrition, food intake, nutrient, dietary reference values, optimization, linear programming, chronic non-communicable diseases, food classification, contaminant

## BIBLIOGRAPHIE

- Afssa. 2001. "Apports nutritionnels conseillés pour la population française."
- Afssa. 2005. "Avis de l'Afssa relatif à la modification du critère de distinction entre les huiles végétales pour « assaisonnement » et pour « friture et assaisonnement » fondé sur la teneur en acide alpha-linolénique."
- Afssa. 2007. "Rapport de l'Afssa relatif à l'apport en protéines : consommation, qualité, besoins et recommandations."
- Afssa. 2009. Etude individuelle nationale des consommations alimentaires 2 (INCA2) (2006-2007).
- Afssa. 2010. "Avis de l'Afssa relatif à l'actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras."
- Anses. 2010. "Rapport de l'Anses relatif à la consommation des poissons, mollusques et crustacés : aspects nutritionnels et sanitaires pour l'Homme."
- Anses. 2011a. "Etude de l'alimentation totale française 2 (EAT2), Tome 1 : Contaminants inorganique, minéraux, polluants organiques persistants, mycotoxines, phytoestrogènes. Tome 2 : Résidus de pesticides, additifs, acrylamide, hydrocarbures aromatiques polycycliques."
- Anses. 2011b. "Rapport de l'Anses relatif à l'actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras."
- Anses. 2015a. Avis de l'Anses relatif aux apports en acides gras de la population vivant en France et comparaison aux apports nutritionnels conseillés définis en 2010. Réponse à la saisine 2014-SA-0117.
- Anses. 2015b. Avis de l'Anses relatif à l'évaluation des apports en vitamines et minéraux issus de l'alimentation non enrichie, de l'alimentation enrichie et des compléments alimentaires dans la population française : estimation des apports usuels, des prévalences d'inadéquation et des risques de dépassement des limites de sécurité. Réponse à la saisine 2012-SA-0142.
- Anses. 2016. "Rapport de l'Anses relatif aux recommandations d'apports en fibres."
- Anses. 2017a. "Avis de l'Anses relatif à l'actualisation des repères du PNNS : révision des références nutritionnelles en vitamines et minéraux pour la population générale adulte."
- Anses. 2017b. "Avis de l'Anses relatif à l'établissement de recommandations d'apport en sucres."
- Anses. 2017c. "Rapport de l'Anses relatif à l'actualisation des repères du PNNS : Etude des relations entre consommation de groupes d'aliments et risque de maladies chroniques non transmissibles."
- Anses. 2017d. "Rapport de l'Anses relatif à l'Actualisation des repères du PNNS : Révision des repères de consommations alimentaires - Réponse à la saisine 2012-SA-0103."
- Anses. 2017e. "Rapport de l'Anses relatif à la contribution des macronutriments à l'apport énergétique."
- Anses. 2017f. "Rapport de l'Anses relatif aux recommandations d'apports en fibres."
- D-A-CH. 2015. Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Neuer Umschau Buchverlag, Neustadt an der Weinstrasse, Germany.
- Dantzig, GB. 1963. *Linear Programming and Extensions*. Santa Monica, CA: RAND Corporation
- EFSA. 2010a. "Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) ; Scientific Opinion on establishing Food-Based Dietary Guidelines. ." *The EFSA journal*.
- EFSA. 2010b. "Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA); Scientific Opinion on Dietary reference values for water." *The EFSA journal*.
- EFSA. 2012. "Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. ." *The EFSA journal*.
- EFSA. 2013. "Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA); Scientific Opinion on Dietary Reference Values for energy." *The EFSA journal* 11 (1):112.
- EFSA. 2014a. "Guidance on the EU Menu methodology." *The EFSA journal* 12 (12):3944.

- EFSA. 2014b. "Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific report of EFSA: Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population." *The EFSA journal* 12:3597.
- EFSA. 2014c. "Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of chromium in food and drinking water." *The EFSA journal* 12:3595.
- EFSA. 2014d. "Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA); Scientific Opinion on Dietary Reference Values for zinc." *The EFSA journal* 12 (1):76.
- FAO/WHO. 2003. "Joint FAO/WHO Meetings on Pesticide Residues (JMPR)."
- Goldberg, G. R., A. E. Black, S. A. Jebb, T. J. Cole, P. R. Murgatroyd, W. A. Coward, and A. M. Prentice. 1991. "Critical evaluation of energy intake data using fundamental principles of energy physiology: 1. Derivation of cut-off limits to identify under-recording." *Eur J Clin Nutr* 45 (12):569-81.
- Harris, JA, and FG Benedict. 1919. *A biometric study of basal metabolism in man*. 279: Carnegy institution of Washington.
- Henry, C. J. 2005. "Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations." *Public Health Nutr* 8 (7A):1133-52.
- IARC. 2015. Consumption of red meat and processed meat. IARC Working Group. Lyon; .
- INCA. 2014. Nutrition et prévention primaire des cancers: Actualisation des données scientifiques.
- Mann, J., J. H. Cummings, H. N. Englyst, T. Key, S. Liu, G. Riccardi, C. Summerbell, R. Uauy, R. M. van Dam, B. Venn, H. H. Vorster, and M. Wiseman. 2007. "FAO/WHO scientific update on carbohydrates in human nutrition: conclusions." *Eur J Clin Nutr* 61 Suppl 1:S132-7. doi: 10.1038/sj.ejcn.1602943.
- Michaelsson, K., A. Wolk, S. Langenskiöld, S. Basu, E. Warensjö Lemming, H. Melhus, and L. Byberg. 2014. "Milk intake and risk of mortality and fractures in women and men: cohort studies." *BMJ* 349:g6015. doi: 10.1136/bmj.g6015.
- Mifflin, M. D., S. T. St Jeor, L. A. Hill, B. J. Scott, S. A. Daugherty, and Y. O. Koh. 1990. "A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals." *Am J Clin Nutr* 51 (2):241-7.
- Muller, M. J., A. Bosy-Westphal, S. Klaus, G. Kreyman, P. M. Luhrmann, M. Neuhauser-Berthold, R. Noack, K. M. Pirke, P. Platte, O. Selberg, and J. Steiniger. 2004. "World Health Organization equations have shortcomings for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a retrospective analysis of a German database of resting energy expenditure." *Am J Clin Nutr* 80 (5):1379-90.
- NCM. 2012. Nordic Nutrition Recommendations. Copenhagen: Nordic Council of Ministers
- NHMRC. 2011. A review of the evidence to address targeted questions to inform the revision of the Australian dietary guidelines.
- SACN. 2011. Dietary reference values for energy. edited by TSO.
- Schofield, WN, C Schofield, and WTP James. 1985. "Basal metabolic rate: review and prediction together with an annotated bibliography of source material. Human nutrition." *Clinical nutrition* 69C (Suppl 1):1-96.
- WCRF. 2007. *Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective*: Amer Inst for Cancer Research.
- WCRF. 2011. *Continuous Update Project Report. Food, nutrition, physical activity, and the prevention of colorectal cancer. Colorectal cancer 2011 report*: Amer Inst for Cancer Research.
- WHO. 2015. "World Health Organization guideline: sugars intake for adults and children. Geneva, Switzerland: World Health Organization."

## ANNEXE 1 : PRÉSENTATION DES INTERVENANTS

**PRÉAMBULE :** Les experts externes, membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

### GROUPE DE TRAVAIL

---

#### Président

M. Jean-Louis BRESSON – PU-PH – AP-HP Hôpital Necker – Enfants Malades, Centre d'Investigation Clinique, CIC 0901- Pédiatrie, santé publique

#### Membres

Mme Marie-Joséphine AMIOT-CARLIN – DR – INRA « Nutrition, obésité et risque thrombotique » – Microconstituants végétaux, métabolisme du cholestérol

Mme Janine BULLIARD – Diététicienne, REPOPOP\_FC – Diététique, régime spécifique

M. Marc BONNEFOY – PU-PH – Université Claude Bernard Lyon 1, UFR de Médecine Lyon Sud, Hospices Civils de Lyon, Inserm 1060 – Personnes âgées

Mme Marie-Christine BOUTRON-RUAULT – DR – CESP Inserm U1018 équipe 9 « Nutrition, hormones et santé des femmes » – Epidémiologie des cancers et de la nutrition

Mme Katia CASTETBON – Responsable d'unité, Institut de veille sanitaire – Epidémiologie, recommandations alimentaires

Mme Martine CHAMP – DR, INRA – Glucides

M. Jean-Michel CHARDIGNY – Directeur d'UMR, INRA – Lipides

Mme Véronique COXAM – Directeur de recherche, INRA – Prévention nutritionnelle, ostéoporose

Mme Hélène ESCALON – CR, INPES – Prévention pour la santé

M. Anthony FARDET<sup>22</sup> – CR – Inra de Clermont-Ferrand/Theix, unité de Nutrition Humaine, UMR 1019 Inra/Université d'Auvergne – Recherche et analyse bibliographique, nutrition préventive

Mme Monique FERRY-GRAND – Médecin nutritionniste, INSERM U557-Université – Personnes âgées

Mme Anne GALINIER – Responsable UF biologie micronutrition, CHU Rangueil – Vitamines hydrosolubles

Mme Mariette GERBER – retraitée INSERM – Epidémiologie

M. Jean-Philippe GIRARDET – Pr, AP-HP – Pédiatrie, nutrition infantile

M. Jean-François HUNEAU – Pr – AgroParisTech, UFR de biologie et nutrition humaines – Nutrition générale, protéines, modélisation, références nutritionnelles

M. Lionel LAFAY – Chef de projet en épidémiologie, Institut national du cancer – Epidémiologie

M. François MARIOTTI – PR – AgroParisTech, UFR de biologie et nutrition humaines – Nutrition générale, protéines, modélisation

M. Ambroise MARTIN – ancien PU-PH, Université Claude Bernard Lyon I – Nutrition Santé publique

Mme Caroline MARTINEAU – Responsable service diététique, CHU de Toulouse – Diététicien-restauration collective

---

<sup>22</sup>M. Fardet a participé au groupe de travail jusqu'à l'évolution de sa DPI en février 2015

M. Fabrice NESSLANY – Responsable du Laboratoire de Toxicologie – Institut Pasteur de Lille – Toxicologie

Mme Monique ROMON – PU-PH, Université Lille 2 – Epidémiologie, santé publique

Mme Anne-Sophie ROUSSEAU – Enseignant chercheur, Université Nice Sophia Antipolis – Biodisponibilité micronutriments, activité physique

M. Alain-Claude ROUDOT – PU, Université de Bretagne Occidentale – Contaminants, toxicologie, statistiques

M. Dominique TURCK – PU-PH, CHU de Lille - Pédiatrie, santé publique

M. Stéphane WALRAND – DR – Inra de Clermont-Ferrand/Theix, Unité de Nutrition Humaine, UMR 1019 Inra/Université d'Auvergne – Nutrition générale, Protéines, Sarcopénie

Mme Carolina WERLE – Professeur Associé au Département Marketing à Grenoble Ecole de Management – Campagnes de santé de prévention

Ces experts sont orientés vers les différents groupes thématiques suivants :

- **Groupe thématique 1 : Identification des valeurs nutritionnelles de référence**

Mme CHAMP, M. CHARDIGNY, Mme GERBER, M. GIRARDET, M. HUNEAU et M. MARTIN

- **Groupe thématique 2 : Biodisponibilité des micronutriments**

M. FARDET<sup>23</sup>, M. HUNEAU, Mme ROUSSEAU

- **Groupe thématique 3 : Nutriments d'intérêt pour les différents groupes de la population**

Mme CHAMP, Mme FERRY, Mme GALINIER, Mme GERBER, M. GIRARDET

- **Groupe thématique 4 : Relations entre les groupes alimentaires et le risque de maladies chroniques**

Mme AMIOT-CARLIN, Mme CASTETBON, M. FARDET, Mme FERRY, Mme GERBER, M. LAFAY, Mme ROMON

- **Groupe thématique 5 : Catégorisation des aliments et définition des tailles de portions**

Mme BULLIARD, Mme CASTETBON, Mme COXAM, Mme ESCALON, Mme MARTINEAU, Mme WERLE

- **Groupe de suivi de l'outil : Suivi de l'outil informatique d'optimisation des consommations alimentaires et analyse des résultats**

M. HUNEAU, M. MARIOTTI, M. MARTIN, M. NESSLANY, M. ROUDOT, M. WALRAND

Ces groupes thématiques sont coordonnés par un **groupe de suivi** qui assure la cohérence des travaux des sous-thématiques, dont les membres sont :

M. BRESSON (Président), M. BONNEFOY, Mme BOUTRON-RUAULT, M. MARTIN et M. TURCK

---

<sup>23</sup> M. Fardet a participé au groupe de travail jusqu'à l'évolution de sa DPI en février 2015



## COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

---

Les travaux, objets du présent rapport, ont été suivis et adoptés par les CES suivants :

- Nutrition Humaine – mandature 2012-2015

### Président

M. François MARIOTTI – PR (AgroParisTech) – Spécialités : métabolisme des protéines, acides aminés, apports, besoins et recommandations nutritionnels, métabolisme postprandial, risque cardio-métabolique

### Membres

Mme Latifa ABDENNEBI-NAJAR – DR (Institut Polytechnique la Salle de Beauvais) – Spécialités : nutrition humaine, obésité

M. Jacques BELEGAUD – PU honoraire (Université Picardie) – Spécialités : toxicologie.

Mme Catherine BENNETAU-PELISSERO – PR (Bordeaux Sciences Agro) – Spécialités : phytoestrogènes, isoflavones, perturbateurs endocriniens, santé osseuse

Mme Marie BODINIER – CR (Inra Nantes) Spécialités : allergies alimentaires, physiologie intestinale et système immunitaire

M. Marc BONNEFOY – PU-PH (Université Claude-Bernard Lyon 1, Hospices Civils de Lyon) Spécialités : gériatrie, activité physique chez la personne âgée

Mme Marie-Christine BOUTRON-RUAULT – DR (CESP Inserm) Spécialités : épidémiologie nutritionnelle et des cancers, appareil digestif

M. Jean-Louis BRESSON – PU-PH (AP-HP Hôpital Necker - Enfants Malades, Centre d'Investigation Clinique 0901) – Spécialités : épidémiologie, immunologie, nutrition infantile, femmes enceintes et protéines

M. Olivier BRUYERE – PU (Université de Liège) – Spécialités : épidémiologie, santé publique, ostéoporose

Mme Sybil CHARRIERE – MCU-PH (Université Claude Bernard Lyon I - Hospices Civils de Lyon) Spécialité : endocrinologie

M. Gérard CROS – PU (Université Montpellier 1) – Spécialité : pharmacologie

M. Anthony FARDET – CR (Inra de Clermont-Ferrand/Theix) – Spécialité : nutrition humaine

Mme Anne GALINIER – MCU-PH (Université Paul Sabatier - CHU de Toulouse) – Spécialités : métabolisme du tissu adipeux/obésité, physiopathologie

M. Jean-François HUNEAU – PR (AgroParisTech) – Spécialité : nutrition humaine

M. Alexandre MACIUK – MCU (Université Paris-Sud) – Spécialité : pharmacognosie

M. André MAZUR – DR (Inra Clermont-Ferrand/Theix) – Spécialités : microconstituants végétaux, système cardiovasculaire

M. Gilles MITHIEUX – DR (Cnrs, unité Inserm 855 Lyon) – Spécialités : obésité, diabète, nutrition et cerveau, comportement alimentaire

Mme Béatrice MORIO-LIONDORE – DR (Inra Lyon) – Spécialités : nutrition humaine, métabolisme énergétique

M. Claude MOULIS – PU émérite (Université Paul-Sabatier de Toulouse) – Spécialité : pharmacognosie

Mme Annie QUIGNARD-BOULANGE – DR émérite (Inserm, UMR 914 Inra/AgroParisTech)  
Spécialité : métabolisme des lipides

Mme Ariane SULTAN – MCU-PH (CHU Montpellier, Hôpital Lapeyronie) – Spécialités :  
endocrinologie, nutrition clinique

M. Stéphane WALRAND – DR (Inra de Clermont-Ferrand/Theix) – Spécialités : physiopathologie,  
métabolisme protéique et acides aminés

- Nutrition Humaine – mandature 2015-2018

### **Président**

M. François MARIOTTI – PR (AgroParisTech) – Spécialités : métabolisme des protéines, acides  
aminés, apports, besoins et recommandations nutritionnels, métabolisme postprandial, risque  
cardiométabolique.

### **Membres**

Mme Catherine ATLAN – Médecin (Centre Hospitalier de Luxembourg) – Spécialités :  
endocrinologie, maladies métaboliques

Mme Catherine BENNETAU-PELISSERO – PR (Bordeaux Sciences Agro) – Spécialités :  
phytoestrogènes, isoflavones, perturbateurs endocriniens, santé osseuse

Mme Marie-Christine BOUTRON-RUAULT – DR (CESP Inserm) – Spécialités : épidémiologie  
nutritionnelle et des cancers, appareil digestif

M. Jean-Louis BRESSON – PU-PH (AP-HP Hôpital Necker - Enfants Malades, Centre  
d'Investigation Clinique 0901) – Spécialités : épidémiologie, immunologie, nutrition infantile,  
femmes enceintes et protéines

M. Olivier BRUYERE – PU (Université de Liège) – Spécialités : épidémiologie, santé publique,  
ostéoporose

Mme Blandine DE LAUZON-GUILLAIN – CR (Inserm, CRESS, Villejuif) – Spécialités :  
épidémiologie, nutrition infantile, nutrition des femmes enceintes et allaitantes, santé publique

Mme Anne GALINIER – MCU-PH (Université Paul Sabatier - CHU de Toulouse) – Spécialités :  
métabolisme du tissu adipeux/obésité, physiopathologie

M. Jean-François HUNEAU – PR (AgroParisTech) – Spécialité : nutrition humaine

Mme Emmanuelle KESSE-GUYOT – DR (Inra, UMR Inserm U1153 / Inra U1125 / Cnam /  
Université Paris 13) – Spécialités : épidémiologie, nutrition et pathologies, nutrition et santé  
publique

Mme Corinne MALPUECH-BRUGERE – MCU (Université d'Auvergne) – Spécialité : nutrition des  
pathologies, métabolisme des macro- et micronutriments

Mme Catherine MICHEL – CR (Inra, UMR Inra / CHU Hotel Dieu, Nantes) – Spécialités : nutrition  
infantile, microbiote intestinal, fermentations coliques, prébiotiques.

Mme Béatrice MORIO-LIONDORE – DR (Inra Lyon) – Spécialités : nutrition humaine, métabolisme  
énergétique

Mme Jara PEREZ-JIMENEZ – Chercheur contractuel (ICTAN – CSIC, Madrid) – Spécialités :  
micro-constituants, nutrition et pathologies, biodisponibilité

M. Sergio POLAKOFF – CR (Inra de Clermont-Ferrand/Theix) – Spécialités : nutrition et  
pathologies, nutrition et santé publique, métabolisme énergétique

M. Jean-Marie RENAUDIN – PH (Centre hospitalier Emilie Durkheim) – Spécialités : allergologie

Mme Anne-Sophie ROUSSEAU – MCU (Université Nice Sophia Antipolis) – Spécialités : nutrition et activité physique, biodisponibilité, stress oxydant

M. Luc TAPPY – PU-PH (Université de Lausanne) – Spécialités : endocrinologie, métabolisme des glucides

M. Stéphane WALRAND – DR (Inra de Clermont-Ferrand/Theix) – Spécialités : physiopathologie, métabolisme protéique et acides aminés

- ERCA – mandature 2012-2015

### **Président**

M. Pierre-Marie BADOT – PU (Université de Franche-Comté) – Spécialités : écotoxicologie

### **Membres**

M. Claude ATGIE – MCU (Université Bordeaux I) – Spécialité : toxicologie

Mme Sandrine BLANCHEMANCHE – IR (Inra, UMR INRA/AgroParisTech) – Spécialité : sciences humaines

Mme Valérie CAMEL – PR (AgroParisTech) – Spécialité : méthodes analytiques

Mme Martine CLAUW – PR (Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse) – Spécialité : toxicologie

Mme Camille DUMAT – PR (Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Toulouse) – Spécialité : méthodes analytiques

M. Cyril FEIDT – PU (Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires) – Spécialité : agronomie

M. Konrad GROB – chef de bureau (Official Food Control Authority of the Canton of Zurich) – Spécialité : méthodes analytiques

Mme Nicole HAGEN PICARD – PR (Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse) – Spécialité : toxicologie

M. Claude LAMBRE – ancien DR (Inserm) – Spécialité : toxicologie

M. Michel LARROQUE – PU (Faculté de Pharmacie de Montpellier I) – Spécialité : méthodes analytiques

M. Bruno LE BIZEC – PR (ONIRIS-LABERCA) – Spécialité : méthodes analytiques

M. Jean-Michel MAIXENT – PU (Université de Poitiers) – Spécialité : toxicologie

M. Rémi MAXIMILIEN – Médecin (CEA) – Spécialité : toxicologie

M. Jean-François NARBONNE – PR émérite (Université Bordeaux I) – Spécialité : toxicologie

M. Fabrice NESSLANY – Chef de service (Institut Pasteur de Lille) – Spécialité : toxicologie

M. Jean-Marie RENAUDIN – PH (Centre hospitalier Emile Durkheim) – Spécialité : allergologie, toxicologie

M. Alain-Claude ROUDOT – PU (Université de Bretagne Occidentale) – Spécialité : biostatistique

Mme Karine TACK – Responsable de laboratoire (IRSN) – Spécialité : méthodes analytiques

Mme Paule VASSEUR – PR émérite (CNRS UMR 7360) – Spécialité : toxicologie

M. Jean-Paul VERNOUX – Ancien PU (Université de Caen) – Spécialité : toxicologie

- ERCA – mandature 2015-2018

**Président**

M. Cyril FEIDT – PU (Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires) – Spécialité : agronomie

**Membres**

M. Claude ATGIE – MCU (Université Bordeaux I) – Spécialité : toxicologie

M. Pierre-Marie BADOT – PU (Université de Franche-Comté) – Spécialités : écotoxicologie

M. Jacques BELEGAUD – PU honoraire (Université Picardie) – Spécialités : toxicologie.

Mme Valérie CAMEL – PR (AgroParisTech) – Spécialité : méthodes analytiques

Mme Martine CLAUW – PR (Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse) – Spécialité : toxicologie

M. Guillaume DUFLOS – Chef de département adjoint (Anses Boulogne) – Spécialité : méthodes analytiques

Mme Camille DUMAT – PR (Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Toulouse) – Spécialité : méthodes analytiques

M. Jérôme GAY-QUEHEILLARD – MCU (Université de Picardie) – Spécialité : toxicologie

M. Thierry GUERIN – Chef de département adjoint (Anses) – Spécialité : méthodes analytiques

Mme Nicole HAGEN PICARD – PR (Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse) – Spécialité : toxicologie

Mme Laila LAKHAL – IR (Inra de Toulouse) – Spécialité : toxicologie

M. Bruno LE BIZEC – PR (ONIRIS-LABERCA) – Spécialité : méthodes analytiques

M. Claude LAMBRE – Ancien DR (Inserm) – Spécialité : toxicologie

Mme Raphaële LE GARREC – MCU (Université de Bretagne Occidentale) – Spécialité : toxicologie

M. Eric MARCHIONI – PU (Université de Strasbourg) – Spécialité : méthodes analytiques

M. César MATTEI – MCU (Université d'Angers) – Spécialité : toxicologie

Mme Sakina MHAOUTY-KODJA – DR (CNRS) – Spécialité : toxicologie

M. Fabrice NESSLANY – Chef de service (Institut Pasteur de Lille) – Spécialité : toxicologie

M. Alain-Claude ROUDOT – PU (Université de Bretagne Occidentale) – Spécialité : biostatistique

Mme Karine TACK – Responsable de laboratoire (IRSN) – Spécialité : méthodes analytiques

Mme Paule VASSEUR – PR émérite (CNRS UMR 7360) – Spécialité : toxicologie

M. Eric VERDON – Adjoint au directeur du LRUE (Anses) – Spécialité : méthodes analytiques

M. Jean-Paul VERNOUX – ancien PU (Université de Caen) – Spécialité : toxicologie

## **PARTICIPATION ANSES**

---

La coordination scientifique du projet a été assurée par l'unité d'évaluation des risques liés à la nutrition, sous la direction de Mme Irène MARGARITIS – PU détachée (Université Nice Sophia-Antipolis).

### **Coordination et contribution scientifiques**

Mme Isabelle BORDES – Unité d'évaluation des risques liés à la nutrition (jusqu'en octobre 2015)

Mme Sabrina HAVARD – Unité méthodologie et études

Mme Esther KALONJI – Chef adjoint de l'unité d'évaluation des risques liés à la nutrition (jusqu'en janvier 2016)

Mme Anne MORISE – Unité d'évaluation des risques liés à la nutrition

Mme Perrine NADAUD – Unité d'évaluation des risques liés à la nutrition (jusqu'en juin 2014)

Mme Véronique SIROT – Unité méthodologie et études

Mme Sandrine WETZLER – Unité d'évaluation des risques liés à la nutrition

### **Autres contributions scientifiques**

Mme Claire BLADIER – Unité d'évaluation des risques liés à la nutrition – Contribution scientifique

Mme Carine DUBUISSON – Unité méthodologie et études – Contribution scientifique sur la catégorisation, l'estimation des tailles de portion. Production des données de consommation et des tables de composition des aliments

Mme Laure DU CHAFFAUT – Unité observatoire des aliments – Production et mise à jour de la table CIQUAL.

Mme Ariane DUFOUR – Unité méthodologie et études – Contribution scientifique au calcul de prévalence d'inadéquation d'apports.

Mme Aurélie MAHE – Unité d'évaluation des risques liés aux aliments – Production des tables des teneurs et expositions aux contaminants, et de la table des valeurs de référence pour les contaminants.

Mme Céline MENARD – Unité observatoire des aliments – Production et mise à jour de la table CIQUAL.

Mme Mathilde MERLO – Unité phyto-pharmacovigilance et observatoire des résidus de pesticides – Contribution scientifique au sujet des pesticides.

M. Alexandre NOUGADERE – Unité phyto-pharmacovigilance et observatoire des résidus de pesticides – Production des tables des teneurs, des expositions et des valeurs de référence pour les pesticides, et analyse des résultats sur les pesticides.

Mme Marine OSEREDCZUK – Unité observatoire des aliments – Production et mise à jour de la table CIQUAL.

M. Gilles RIVIERE – Unité d'évaluation des risques liés aux aliments – Contribution scientifique au sujet des contaminants : choix des valeurs de références, analyse des résultats.

### **Secrétariat administratif**

Mme Agnès BRION – Anses

Mme Virginie SADE – Anses (à partir de mai 2015)

## AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES

---

### **Technical University of Denmark - National Food Institute**

Mme Inge TETENS – Chef du département Nutrition – Membre du panel NDA (EFSA panel on dietetics products, nutrition and allergies)

### **University of East Anglia, Norway**

Mme Susan J FAIRWEATHER-TAIT – Chef du département Nutrition – Membre du panel NDA (EFSA panel on dietetics products, nutrition and allergies) – Membre du projet Eurreca

### **Université Aix-Marseille**

Mme Nicole DARMON – DR – Inra – Faculté de médecine de la Timone – UMR Inserm/Inra – Unité 476

### **Société française de nutrition (SFN)**

Mme Annie QUIGNARD-BOULANGÉ – Vice-Présidente de la SFN – UMR 914 Inra/AgroParisTech

### **Association française des diététiciens nutritionnistes (AFDN)**

Mme Isabelle PARMENTIER – Présidente de l'AFDN – Cadre supérieure diététicienne CHU Lille

### **Société Végane**

M. Constantin IMBS – Président de la société Végane

Mme Vanessa CLARKE – Administratrice de la société Végane

### **Union végétarienne internationale**

M. Stephen WALSH – Coordinateur scientifique de l'Union végétarienne internationale

### **APSARes (Association de Professionnels de Santé pour une Alimentation Responsable)**

M. Bernard-PELLET – Membre de l'APSARes

### **UFC-Que choisir**

M. Olivier ANDRAULT – Chargé de mission alimentation à l'UFC-Que choisir

### **Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière (CNIEL)**

Mme Marie-Claude BERTIERE – Responsable du Service Communication Santé.

Mme Yvette SOUSTRE – Directrice du département Nutrition.

### **Association Nationale des Industries Alimentaires (ANIA)**

Mme Cécile RAUZY – Directrice qualité-nutrition (ANIA).

#### ➤ **Secteur des jus de fruits et nectars**

M. Thomas GAUTHIER – Secrétaire général de l'Union Nationale Interprofessionnelle des jus de fruits (UNIJUS).

Mme Nazila SENEHIPOUR – Responsable affaires réglementaires, Pepsico.

Mme Murielle PHAN – Responsable affaires réglementaires, Orangina-Schweppes.

#### ➤ **Secteur des corps gras**

Mme Morgane SAILLARD – Responsable des affaires scientifiques et réglementaires, Fédération Nationale des Industries des Corps Gras (FNCG)

Mme Camille SIMONNEAU – Responsable nutrition et affaires réglementaires, St Hubert.

Mme Valérie BUSSON – Directrice de la communication et des relations publiques, Lesieur.

Mme Amélie DHAUSSY – Responsable des affaires réglementaires et nutrition, Lesieur.



➤ **Secteur du sucre**

M. Philippe REISER – Directeur des affaires scientifiques, Centre d'Etudes et de Documentation du Sucre (Cedus).

Mme Anne-Claire DURAND – Responsable de l'information scientifique, Cedus.

➤ **Secteur des viandes**

Mme Christelle DUCHENNE – Chef de projet nutrition, Centre d'Information des Viandes (CIV).

Mme Claire CHAMBRIER – Chargée de projet, Association nationale inter-professionnelle du bétail et des viandes (Interbev).

➤ **Secteur des produits laitiers frais**

Mme Isabelle GILLES – Déléguée générale, Syndifrais.

Mme Valérie BENOIT – Responsable des affaires scientifiques et santé, Yoplait.

Mme Tiphaine GIMBERT – Responsable des relations scientifiques, Danone Produits Frais.

➤ **Secteur des céréales**

Mme Valérie MOUSQUES-CAMI – Secrétaire générale du Centre d'information des farines et du pain (CIFAP) et responsable de la communication de l'Association Nationale de la Meunerie Française (ANMF).

**CONTRIBUTIONS EXTÉRIEURES AU(X) COLLECTIF(S)**

---

**Eurodécision**

Mme Raja REBAI – Consultante en optimisation – Participation à l'élaboration de l'outil d'optimisation

## **ANNEXE 2 : POSITIONS DIVERGENTES**

M. François Mariotti, en tant que membre du CES et M. Jean-François Huneau, membre du CES et du groupe de travail relatif à la thématique 1, ont fait part de leur position divergente au sujet des références nutritionnelles pour la vitamine C pour les femmes. En effet, ils ont considéré que la décision du CES dérogeait à la règle qui a présidé au travail du groupe, c'est-à-dire le principe d'endosser la démarche de l'EFSA sauf en cas d'éléments forts contraires. Pour ce cas très précis, ils ont estimé que les éléments contre la proposition de raisonnement de l'EFSA, bien qu'intéressants, sont trop faibles. En somme, ils ont estimé ne pas être en mesure de savoir si finalement le besoin de la femme est identique ou différent de celui de l'homme, mais que dans cette incertitude, ils ont souhaité inscrire leur jugement dans la logique de décision du groupe de travail selon le mandat qui lui a été donné.

Par ailleurs, M. Ambroise Martin, membre de la sous-thématique 1, a exprimé la même position divergente au sujet des références nutritionnelles pour la vitamine C pour les femmes ainsi qu'au sujet de la référence nutritionnelle pour le magnésium pour les hommes et les femmes. On notera que M. Martin est président du panel NDA (dietetic products, nutrition and allergies) qui a élaboré les références nutritionnelles portées par l'EFSA.

**ANNEXE 3 : TABLEAUX DES CONTRAINTES INTEGREES A L'OUTIL D'OPTIMISATION**

**Tableau 7. Synthèse des contraintes nutritionnelles retenues pour l'outil d'optimisation**

Nutriment	Contraintes nutritionnelles inférieures		Contraintes nutritionnelles supérieures	
	Homme	Femme)	Homme	Femme
Energie (kcal)	≥2470	≥1995	<2730	<2205
Vitamine A (µg/j)	≥750	≥650	<3000	<3000
Vitamine B1 (mg/kcal)	≥0,00058	≥0,00058	-	-
Vitamine B2 (mg/kcal)	≥0,00071	≥0,00071	-	-
Vitamine B3 (mg EN/kcal)	≥0,0067	≥0,0067	<900	<900
Vitamine B5 (mg)	-	-	-	-
Vitamine B6 (mg)	≥1,8	≥1,5	<25	<25
Vitamine B9 (EFA µg)	≥330	≥330	-	-
Vitamine B12 (µg)	≥4	≥4	-	-
Vitamine C (mg)	≥110	≥110	-	-
Vitamine D (µg)	≥15	≥15	<50	<50
Vitamine E (mg)	-	-	<300	<300
Calcium (mg)	≥1000	≥1000	<2500	<2500
Cuivre (mg)	≥1,25	≥1	<5	<5
Fer (mg)	≥11	≥11 (« fer bas ») ou ≥16 (« fer haut »)	-	-
Iode (µg)	≥150	≥150	< 600	< 600
Magnésium (mg)	≥420	≥360	-	-
Manganèse (mg)	-	-	-	-
Phosphore (mg)	≥700	≥700	-	-
Potassium (mg)	Calculé pour que le rapport molaire Na/K soit inférieur ou égal à 1		-	-
Sélénium (µg)	≥70	≥70	<300	<300
Sodium (mg)	-	-	<2994	<2273
Zinc (mg)	≥14	≥11	<25	<25
Eau (g)	≥2375	≥1900	<2625	<2100
Protéines (% AET)	≥10	≥10	<20	<20
Lipides (% AET)	≥35	≥35	<40	<40
Acides gras saturés totaux (% AET)	-	-	<12	<12
Acides laurique + myristique+ palmitique	-	-	<8	<8
Acide linoléique (% AET)	≥4	≥4	-	-
Acide α-linolénique (% AET)	≥1	≥1	-	-
Acide linoléique / Acide α-linolénique	-	-	<5	<5
EPA + DHA (mg)	≥500	≥500	-	-
Glucides (% AET)	≥40	≥40	<55	<55
Sucres totaux hors lactose(g)	-	-	<100	<100
Fibres (g)	≥30	≥30	-	-

AET, apport énergétique total ; DHA, acide docosahexaénoïque ; EPA, acide eicosapentaénoïque ; EN, équivalent niacine ; EFA, équivalent folate alimentaire.

Tableau 8. Synthèse des contraintes toxicologiques retenues pour l'outil d'optimisation

Familles	Substances	Contraintes toxicologiques	Substances	Contraintes toxicologiques
<b>Éléments traces</b>	Aluminium	DHT = 1 mg/kg pc/sem (EFSA, 2013)	Cadmium	DHT = 2,5 µg/kg pc/j (EFSA, 2009)
	Germanium	Pas de valeur	Etain	Pas de valeur
	Antimoine	Pas de valeur	Gallium	Pas de valeur
	Nickel	DJT = 2,8 µg/kg pc/j (EFSA, 2015)	Mercur	Hg organique : DHTP = 1,3 µg/kg pc/sem (EFSA, 2012) Hg inorganique : DHT = 4 µg/kg pc/sem (EFSA, 2012)
	Chrome	Cr(VI) : Exposition EAT2 Cr(III) : DJT = 300 µg/kg pc/j (EFSA, 2014)	Plomb	Exposition EAT2
	Cobalt	VTR = 1,6 µg/kg pc/j (Afssa, 2010)	Strontium	DJT = 0,6 mg/kg pc/j (US-EPA, 1996)
	Argent	Pas de valeur	Tellure	Pas de valeur
	Arsenic inorganique	Exposition EAT2	Vanadium	Pas de valeur
	Baryum	RfD = 0,2 mg/kg pc/j (US-EPA, 2005)		
<b>Polluants organiques persistants</b>	Dioxines et furanes	VTR = 0,7 pg TEQ <sub>OMS</sub> /kg pc/j (US-EPA, 2012)	Hexabromocyclododécane (HBCDD)	Somme des 3 isomères : Exposition EAT2
	Polychlorobiphényles non dioxin-like (PCB-NDL)	DJT = 10 ng/kg pc/j (Afssa, 2007)	Polybromobiphényles (PBB)	Exposition EAT2
	Polybromobiphényléthers (PBDE)	Somme de 7 PBDE : VTR = 10 ng/kg pc/j (AFSSA, 2007) BDE-209 : Exposition EAT2	Composés perfluorés	PFOS : RfD = 0,08 µg/kg pc/j (US-EPA, 2009) PFOA : RfD = 0,2 µg/kg pc/j (US-EPA, 2009) Autres composés : -
<b>Mycotoxines</b>	Aflatoxines	Exposition EAT2	Ochratoxine A	DHTP = 0,12 µg/kg pc/sem (EFSA, 2006)
	Trichothécènes	Toxines T-2 + HT-2 : DJMTP = 0,06 µg/kg pc/j (EFSA, 2011) Deoxynivalénol : DJT = 1 µg/kg pc/j (EFSA, 2007) Nivalénol : DJT = 1,2 µg/kg pc/j (EFSA, 2013)	Zéaralénone et dérivés	DJT = 0,25 µg/kg pc/j (EFSA, 2014)

Familles	Substances	Contraintes toxicologiques	Substances	Contraintes toxicologiques
	Patuline	DJMTP = 0,4 µg/kg pc/j (JECFA, 1995)	Fumonisines	FB1 + FB2 : DJMTP = 2 µg/kg pc/j (EFSA, 2014)
<b>Néoformés</b>	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	HAP4 : Exposition EAT2	Acrylamide	Exposition EAT2
<b>Résidus de pesticides (Polluants organiques persistants)</b>	Lindane (HCH-gamma)	DJA = 0,01 µg/kg pc/j	Dieldrine (somme)	DJTP = 0,1 µg/kg pc/j
	Camphéchlore (Toxaphène)	DJA = 0,033 µg/kg pc/j	HCH (somme, excepté gamma-HCH)	DJA = 0,6 µg/kg pc/j
	Chlordane (somme)	DJA = 0,5 µg/kg pc/j	Heptachlore (somme)	DJA = 0,1 µg/kg pc/j
	DDT (somme)	DJA = 10 µg/kg pc/j	Hexachlorobenzène	DJA = 0,8 µg/kg pc/j
<b>Perturbateur endocrinien</b>	Bisphénol A (BPA)	DJA = 0,2 µg/kg pc/j		

DHT : dose hebdomadaire tolérable, DJA : dose journalière admissible, DJT : dose journalière tolérable, DHTP : dose hebdomadaire tolérable provisoire, DJMTP : dose journalière maximale tolérable provisoire, DJTP : dose journalière tolérable provisoire, EAT2 : 2<sup>e</sup> étude de l'alimentation totale, VTR : valeur toxicologique de référence, RfD : Reference dose, PFOS : acide perfluorooctanesulfonique, PFOA acide perfluorooctanoïque, PCB : polychlorobiphényle, PBB : polybromobiphényle, HBCDD : hexabromocyclododécane, PBDE : polybromobiphényléther.

**Tableau 9. Récapitulatif des bornes de consommation pour chaque sous-groupe d'aliment rentrées dans l'outil d'optimisation**

Sous-groupes d'aliments	Hommes				Femmes			
	Limite inférieure de consommation (g/j)	Moyenne de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)	Limite supérieure couplante (g/j)	Limite inférieure de consommation (g/j)	Moyenne de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)	Limite supérieure couplante (g/j)
Légumes	16	123	285	-	21	124	282	-
Fruits frais	0	115	376	-	0	111	332	-
Fruits secs	0	1	3	-	0	1	4	-
Fruits transformés : compotes et fruits cuits	0	8	53	-	0	12	57	-
Oléagineux	0	2	9	-	0	1	5	-
Pain et produits de panification raffinés	0	102	260	284	0	60	161	177
Pain et produits de panification complets	0	16	Pas de limite supérieure		0	12	Pas de limite supérieure	
Autres féculents raffinés	14	113	255	257	14	83	193	193
Autres féculents complets	0	3	Pas de limite supérieure		0	2	Pas de limite supérieure	
Produits à base d'amidon, transformés sucrés /gras	0	14	71	-	0	15	61	-
Produits à base d'amidon, transformés salés /gras	0	27	79	-	0	20	57	-
Légumineuses	0	14	64	-	0	11	50	-
Volailles	0	38	122	-	0	25	75	-
Viande hors volaille	0	64	71	-	0	41	71	-
Charcuterie	0	39	25	-	0	26	25	-



Avis de l'Anses  
Saisine n° 2012-SA-0103

Sous-groupes d'aliments	Hommes				Femmes			
	Limite inférieure de consommation (g/j)	Moyenne de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)	Limite supérieure couplante (g/j)	Limite inférieure de consommation (g/j)	Moyenne de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)	Limite supérieure couplante (g/j)
Poissons gras	0	5	27	-	0	4	25	-
Autres poissons	0	23	70	-	0	22	67	-
Œufs	0	13	46	-	0	12	43	-
Lait	0	98	386	-	0	87	350	-
Produits laitiers frais nature	0	28	129	-	0	36	157	-
Produits laitiers frais sucrés	0	42	154	-	0	47	161	-
Desserts sucrés lactés	0	18	86	-	0	16	57	-
Fromages	0	36	94	-	0	24	65	-
Beurre et beurre allégé	0	6	26	-	0	4	17	-
Huiles végétales riches en ALA	0	0	Pas de limite supérieure	21	0	0	Pas de limite supérieure	16
Huiles végétales pauvres en ALA et margarines	0	5	20		0	4	16	
Sauces, crèmes fraîches et condiments	0	13	43	-	0	14	39	-
Produits sucrés ou sucrés et gras	0	68	174	-	1	59	141	-
Eaux de boissons	0	775	2000	-	51	806	1886	-
Boissons sucrées de type soda	0	93	Pas de limite supérieure	263	0	58	Pas de limite supérieure	216
Jus de fruits	0	59	Pas de limite supérieure		0	61	Pas de limite supérieure	
Sel	0	0	1	-	0	0	1	-

Les cases en jaune représentent les limites de consommation issues des données de consommation INCA2 (P5 pour la limite inférieure et P95 pour la limite supérieure). Les cases en rouge représentent les limites de consommation introduites suivant des justifications épidémiologiques. Les sous-groupes d'aliments en vert sont des sous-groupes couplés, c'est-à-dire des sous-groupes pour lesquels la limite porte sur la consommation de la somme des deux sous-groupes

**ANNEXE 4 : SYNTHÈSE DES DJA POUR LES ADDITIFS ET LES RÉSIDUS DE PESTICIDES**

**Tableau 10. Synthèse des doses journalières admissibles (DJA) pour les additifs et les résidus de pesticides hors POP non intégrés à l'outil d'optimisation (pour lesquels une vérification du non dépassement des DJA est faite a posteriori)**

Familles	Substances	Valeurs cibles	Substances	Valeurs cibles
Additifs	Rocou	DJA = 65 µg/kg pc/j	Sulfites	DJA = 0,7 mg/kg pc/j
	Nitrites	DJA = 60 µg/kg pc/j	Acide tartrique	DJA = 30 mg/kg pc/j
Résidus de pesticides	2,4-D	DJA = 50 µg/kg pc/j	Diflubenzuron	DJA = 100 µg/kg pc/j
	Alphamethrin	DJA = 15 µg/kg pc/j	Epoxiconazole	DJA = 8 µg/kg pc/j
	Benalaxyl	DJA = 40 µg/kg pc/j	Fenpropidine	DJA = 20 µg/kg pc/j
	Carbendazim (somme)	DJA = 20 µg/kg pc/j	Fenpropimorph	DJA = 3 µg/kg pc/j
	Chlorothalonil	DJA = 15 µg/kg pc/j	Fenpyroximate	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Chlorpropham (somme)	DJA = 50 µg/kg pc/j	Fludioxonyl	DJA = 370 µg/kg pc/j
	Chlorpyrifos-ethyl	DJA = 1 µg/kg pc/j	Flutolanil	DJA = 90 µg/kg pc/j
	Chlorpyrifos-methyl	DJA = 10 µg/kg pc/j	Mepiquat	DJA = 200 µg/kg pc/j
	Cyfluthrin	DJA = 3 µg/kg pc/j	Pyriproxyfen	DJA = 100 µg/kg pc/j
	Cypermethrin	DJA = 50 µg/kg pc/j	Bifenthrin	DJA = 15 µg/kg pc/j
	Deltamethrin	DJA = 10 µg/kg pc/j	Chlorthal-dimethyl	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Dinocap	DJA = 4 µg/kg pc/j	Etofenprox	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Diquat	DJA = 2 µg/kg pc/j	Imidacloprid	DJA = 60 µg/kg pc/j
	Esfenvalerate	DJA = 20 µg/kg pc/j	Teflubenzuron	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Flusilazole	DJA = 2 µg/kg pc/j	Tetraconazole	DJA = 4 µg/kg pc/j
	Imazalil	DJA = 25 µg/kg pc/j	Triadimenol (somme)	DJA = 50 µg/kg pc/j
	Iprodione (somme)	DJA = 60 µg/kg pc/j	Triflumuron	DJA = 14 µg/kg pc/j
	Lambda-Cyhalothrin	DJA = 2,5 µg/kg pc/j	Cymoxanil	DJA = 13 µg/kg pc/j
	Linuron	DJA = 3 µg/kg pc/j	Cyromazine	DJA = 60 µg/kg pc/j
	Pendimethalin	DJA = 125 µg/kg pc/j	Diphenylamine	DJA = 75 µg/kg pc/j
	Propiconazole	DJA = 40 µg/kg pc/j	Tebuconazole	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Propyzamide	DJA = 20 µg/kg pc/j	Tebufenpyrad	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Pyridate	DJA = 36 µg/kg pc/j	Tri-allate	DJA = 25 µg/kg pc/j
	Thiabendazole	DJA = 100 µg/kg pc/j	Acrinathrin	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Acephate	DJA = 30 µg/kg pc/j	Bitertanol	DJA = 3 µg/kg pc/j
	Aldicarb (somme)	DJA = 3 µg/kg pc/j	Bioresmethrin	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Amitraz (somme)	DJA = 3 µg/kg pc/j	Bromopropylate	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Atrazine (somme)	DJA = 20 µg/kg pc/j	Bromuconazole	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Azinphos-ethyl	DJA = 2 µg/kg pc/j	Bupirimate	DJA = 50 µg/kg pc/j
	Azinphos-methyl	DJA = 5 µg/kg pc/j	Buprofezin	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Chlozolinate	DJA = 100 µg/kg pc/j	Carbetamide	DJA = 60 µg/kg pc/j
	Endosulfan (somme)	DJA = 6 µg/kg pc/j	Carboxin	DJA = 8 µg/kg pc/j
	Fenarimol	DJA = 10 µg/kg pc/j	Chinomethionat	DJA = 6 µg/kg pc/j
	Fenthion (somme)	DJA = 7 µg/kg pc/j	Chlorofenizon	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Fentinacetate	DJA = 0,4 µg/kg pc/j	Chlorfluazuron	DJA = 5 µg/kg pc/j
	Fentinhydroxide	DJA = 0,4 µg/kg pc/j	Cyhexatin	DJA = 3 µg/kg pc/j
			Cyproconazole	DJA = 20 µg/kg pc/j
	Methamidophos	DJA = 1 µg/kg pc/j	Dichlobenil	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Paraquat	DJA = 4 µg/kg pc/j	Dichlofluanid	DJA = 300 µg/kg pc/j
	Parathion	DJA = 0,6 µg/kg pc/j	Diclobutrazol	DJA = 30 µg/kg pc/j
Parathion-methyl (somme)	DJA = 3 µg/kg pc/j	Dicofol (somme)	DJA = 2,2 µg/kg pc/j	
Permethrin (somme)	DJA = 50 µg/kg pc/j	Dicloran	DJA = 5 µg/kg pc/j	
Procymidone	DJA = 2,8 µg/kg pc/j	Diethofencarb	DJA = 430 µg/kg pc/j	
Pyrazophos	DJA = 4 µg/kg pc/j	Diniconazole	DJA = 20 µg/kg pc/j	

Familles	Substances	Valeurs cibles	Substances	Valeurs cibles
Résidus de pesticides	Quintozene (somme)	DJA = 10 µg/kg pc/j	Ethirimol	DJA = 7,5 µg/kg pc/j
	Simazine	DJA = 5 µg/kg pc/j	Etridiazole	DJA = 15 µg/kg pc/j
	Tecnazene	DJA = 20 µg/kg pc/j	Fenazaquin	DJA = 5 µg/kg pc/j
	Vinclozolin (somme)	DJA = 5 µg/kg pc/j	Fenbuconazole	DJA = 6 µg/kg pc/j
	Captan	DJA = 100 µg/kg pc/j	Fenbutatinoxide	DJA = 50 µg/kg pc/j
	Cyprodinyl	DJA = 30 µg/kg pc/j	Fenoxycarb	DJA = 53 µg/kg pc/j
	Dichlorprop-P	DJA = 60 µg/kg pc/j	Fenpropathrin	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Dimethoate (somme)	DJA = 1 µg/kg pc/j	Fluazifop-P-butyl (somme)	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Dimethomorph	DJA = 50 µg/kg pc/j	Flubenzimine	DJA = 25 µg/kg pc/j
	Diuron (somme)	DJA = 7 µg/kg pc/j	Flufenoxuron	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Ethoprophos	DJA = 0,4 µg/kg pc/j	Fluquinconazole	DJA = 2 µg/kg pc/j
	Fenamiphos (somme)	DJA = 0,8 µg/kg pc/j	Flutriafol	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Fipronil [parent]	DJA = 0,2 µg/kg pc/j	Hexaconazole	DJA = 5 µg/kg pc/j
	Folpet	DJA = 100 µg/kg pc/j	Hexaflumuron	DJA = 20 µg/kg pc/j
	Metconazole	DJA = 10 µg/kg pc/j	Hexythiazox	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Methiocarb (somme)	DJA = 13 µg/kg pc/j	Mepronil	DJA = 50 µg/kg pc/j
	Metribuzin	DJA = 13 µg/kg pc/j	Methacrifos	DJA = 6 µg/kg pc/j
	Oxamyl	DJA = 1 µg/kg pc/j	Metoxuron	DJA = 5 µg/kg pc/j
	Phosmet (somme)	DJA = 10 µg/kg pc/j	Myclobutanil	DJA = 25 µg/kg pc/j
	Pirimicarb (somme)	DJA = 35 µg/kg pc/j	Nitrothal-isopropyl	DJA = 50 µg/kg pc/j
	Pirimiphos-methyl	DJA = 4 µg/kg pc/j	Nuarimol	DJA = 21 µg/kg pc/j
	Propamocarb	DJA = 290 µg/kg pc/j	Ofurace	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Pyrimethanil	DJA = 170 µg/kg pc/j	Oxadixyl	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Toclofosmethyl	DJA = 64 µg/kg pc/j	Pencycuron	DJA = 200 µg/kg pc/j
	Tolyfluanide	DJA = 100 µg/kg pc/j	Penconazole	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Triticonazole	DJA = 25 µg/kg pc/j	Prochloraz	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Azametiphos	DJA = 3 µg/kg pc/j	Propachlor	DJA = 16 µg/kg pc/j
	Bendiocarb	DJA = 4 µg/kg pc/j	Pyridaben	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Benfuracarb	DJA = 10 µg/kg pc/j	Tau-Fluvalinate	DJA = 5 µg/kg pc/j
	Bromophos	DJA = 40 µg/kg pc/j	Tebufenozid	DJA = 20 µg/kg pc/j
	Bromophos-ethyl	DJA = 3 µg/kg pc/j	Tefluthrin	DJA = 5 µg/kg pc/j
	Cadusafos	DJA = 0,4 µg/kg pc/j	Tetradifon	DJA = 15 µg/kg pc/j
	Carbaryl	DJA = 7,5 µg/kg pc/j	Tetramethrin	DJA = 20 µg/kg pc/j
	Carbofuran (somme)	DJA = 0,15 µg/kg pc/j	Tralomethrin	DJA = 1 µg/kg pc/j
	Carbosulfan	DJA = 5 µg/kg pc/j	Triforine	DJA = 20 µg/kg pc/j
	Chlorfenvinphos	DJA = 0,5 µg/kg pc/j	OPP	DJA = 400 µg/kg pc/j
	Chlorobenzilate	DJA = 20 µg/kg pc/j	Ethoxyquin	DJA = 5 µg/kg pc/j
	Diazinon	DJA = 0,2 µg/kg pc/j	Pyrethrins	DJA = 40 µg/kg pc/j
	Dichlorvos	DJA = 4 µg/kg pc/j	Sulphur	DJA = 1500 µg/kg pc/j
	Ethiofencarb	DJA = 100 µg/kg pc/j	Biphenyl	DJA = 500 µg/kg pc/j
	Ethion	DJA = 2 µg/kg pc/j	Phoxim	DJA = 4 µg/kg pc/j
	Fenitrothion	DJA = 5 µg/kg pc/j	Rotenon	DJA = 1 µg/kg pc/j
	Haloxypop	DJA = 0,65 µg/kg pc/j	Piperonylbutoxide	DJA = 200 µg/kg pc/j
	Heptenophos	DJA = 2 µg/kg pc/j	Fenchlorphos	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Malathion (somme)	DJA = 30 µg/kg pc/j	Acetamiprid	DJA = 25 µg/kg pc/j
	Mecarbam	DJA = 2 µg/kg pc/j	Acibenzolar-S-methyl	DJA = 100 µg/kg pc/j
	Methidathion	DJA = 1 µg/kg pc/j	Azoxystrobin	DJA = 200 µg/kg pc/j
	Methomyl (somme)	DJA = 2,5 µg/kg pc/j	Boscalid	DJA = 40 µg/kg pc/j
	Methoxychlor	DJA = 5 µg/kg pc/j	Fenamidone	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Metolachlor (somme)	DJA = 100 µg/kg pc/j	Fenhexamid	DJA = 200 µg/kg pc/j
Monocrotophos	DJA = 0,6 µg/kg pc/j	Indoxacarbe	DJA = 6 µg/kg pc/j	
Oxydemeton-methyl (somme)	DJA = 0,3 µg/kg pc/j	Iprovalicarb	DJA = 15 µg/kg pc/j	
Pentachlorophenol	DJA = 1500 µg/kg pc/j	Kresoxim-methyl	DJA = 400 µg/kg pc/j	
Phorate (somme)	DJA = 0,7 µg/kg pc/j	Mepanipyrim	DJA = 20 µg/kg pc/j	

Familles	Substances	Valeurs cibles	Substances	Valeurs cibles
Résidus de pesticides	<b>Phosalone</b>	DJA = 10 µg/kg pc/j	<b>Metalaxyl-M</b>	DJA = 80 µg/kg pc/j
	<b>Profenofos</b>	DJA = 30 µg/kg pc/j	<b>Metrafenone</b>	DJA = 250 µg/kg pc/j
	<b>Promecarb</b>	DJA = 50 µg/kg pc/j	<b>Picoxystrobin</b>	DJA = 43 µg/kg pc/j
	<b>Prometryn</b>	DJA = 40 µg/kg pc/j	<b>Pymetrozine</b>	DJA = 30 µg/kg pc/j
	<b>Propoxur</b>	DJA = 20 µg/kg pc/j	<b>Pyraclostrobin</b>	DJA = 30 µg/kg pc/j
	<b>Quinalphos</b>	DJA = 0,5 µg/kg pc/j	<b>Quinoxifen</b>	DJA = 200 µg/kg pc/j
	<b>Temefos</b>	DJA = 100 µg/kg pc/j	<b>Spiroxamine</b>	DJA = 25 µg/kg pc/j
	<b>Terbufos</b>	DJA = 0,6 µg/kg pc/j	<b>Trifloxystrobin</b>	DJA = 100 µg/kg pc/j
	<b>Tetrachlorvinphos</b>	DJA = 50 µg/kg pc/j	<b>Coumaphos</b>	DJA = 0,5 µg/kg pc/j
	<b>Thiometon</b>	DJA = 3 µg/kg pc/j	<b>Dithiocarbamates</b>	DJA = 6 µg/kg pc/j
	<b>Triazophos</b>	DJA = 1 µg/kg pc/j	<b>Abamectin</b>	DJA = 2,5 µg/kg pc/j
	<b>Trichlorfon</b>	DJA = 2 µg/kg pc/j	<b>Clofentezine</b>	DJA = 20 µg/kg pc/j
	<b>Trifluralin</b>	DJA = 15 µg/kg pc/j	<b>Dicamba</b>	DJA = 300 µg/kg pc/j
	<b>Vamidotion</b>	DJA = 8 µg/kg pc/j	<b>Difenoconazole</b>	DJA = 10 µg/kg pc/j

DJA : dose journalière admissible

## ANNEXE 5 : DÉFINITION DE LA TAILLE DES PORTIONS

Dans le cadre de la révision des repères de consommations alimentaires, de nouvelles quantités d'aliments sont proposées comme repères de consommations pour différents sous-groupes d'aliments. Pour être exprimées de façon simple et claire, ces quantités doivent être traduites en un nombre donné de portions. L'objectif de ce chapitre est de déterminer la taille d'une portion habituelle des différents sous-groupes alimentaires.

Les données de consommation utilisées proviennent de l'étude INCA2 décrite dans la partie 3.2.2.2.

### Méthode

L'estimation des tailles de portions a été réalisée pour chacun des 32 sous-groupes d'aliments issus du travail de catégorisation des aliments décrit dans la partie 3.3.2. Ces sous-groupes sont également regroupés en 10 groupes d'aliments.

Une portion alimentaire a été définie comme la quantité totale consommée (en g) lors d'un acte de consommation, soit une ligne de carnet de consommation INCA2. Ainsi, par exemple, 3 biscuits consommés au cours de 3 repas différents correspondent à 3 portions de biscuits (3 lignes de carnet différentes) alors que 3 biscuits consommés durant un seul acte de consommation (1 ligne de carnet) correspondent à une seule portion.

Comme pour les autres chapitres, deux populations ont été considérées : les femmes âgées de 18 à 54 ans et les hommes âgés de 18 à 64 ans. Les estimations ont donc été réalisées pour chacune de ces populations mais également en considérant l'ensemble de l'échantillon adulte (femmes 18-54 ans et hommes 18-64 ans).

### Résultats

Après avoir vérifié que les moyennes des tailles de portions étaient statistiquement différentes entre les populations masculines et féminines, une analyse des distributions des tailles de portions a été réalisée séparément chez les hommes et les femmes. Compte tenu des courbes de distribution observées, une démarche au cas par cas a été menée en vue de déterminer une taille de portion représentative des tailles réellement consommées. Selon la forme des distributions, le mode ou la médiane ont été considérés plus pertinents et représentatifs des pratiques que la moyenne. Pour les boissons sucrées de type soda, la taille du contenant commercial a été choisie (33 cL).

Dans certains cas, la distribution était bimodale, liée au fait que le sous-groupe pouvait être consommé en entrée ou en plat, dans des proportions différentes. Il s'est ainsi avéré nécessaire de distinguer les tailles de portion selon les occasions de consommation (en entrée ou en plat). C'est le cas des légumes, des produits à base d'amidon transformés salés/gras (comme les chips ou les frites), des poissons (comme le saumon fumé ou la darne de saumon).

Dans d'autres cas, la distribution bimodale ou multimodale peut s'expliquer par le fait que certains individus consomment une portion tandis que d'autres en consomment 2 ou plus. Dans ce cas, les modes sont des multiples et la portion retenue est la plus petite. Cela explique que les tailles de portions retenues sont souvent identiques chez les hommes et les femmes (82 %) alors que les quantités moyennes sont majoritairement supérieures chez les hommes. Pour quelques sous-groupes, les portions sont plus grandes chez les hommes. C'est le cas notamment du pain, du fromage et des produits à base d'amidon, transformés salés/gras consommés en plat (**Tableau 11**).

**Tableau 11. Taille de portions des sous-groupes pour les hommes et les femmes et selon les occasions de consommation le cas échéant.**

Sous-groupes	Occasion de consommation	Taille portion homme (g)	Taille portion femme (g)
Légumes	En entrée	50	50
	En plat	100	100
Fruits frais	-	150	150
Fruits secs	-	20	20
Fruits transformés : compotes et fruits cuits	-	100	100
Oléagineux	-	15	15
Pain et produits de panification raffinés	-	60	50
Pain et produits de panification complets	-	60	50
Autres féculents raffinés	-	100	100
Autres féculents complets	-	100	100
Produits à base d'amidon, transformés sucrés/gras	-	50	50
Produits à base d'amidon, transformés salés/gras	En plat	100	50
	En apéritif	20	20
Légumineuses	-	100	100
Volaille	-	130	130
Viande hors volaille	-	130	130
Charcuterie	-	50	50
Poissons gras	En entrée	40	20
	En plat	110	110
Autres poissons	En entrée	40	40
	En plat	100	100
Œufs	-	50	50
Lait	-	250	250
Produits laitiers frais nature	-	125	125
Produits laitiers frais sucrés	-	125	125
Desserts sucrés lactés	-	125	100
Fromages	-	45	30
Beurre et beurres allégés	-	10	10
Huiles végétales riches en ALA	-	10	10
Huiles végétales pauvres en ALA et margarines	-	10	10
Sauces, crèmes fraîches et condiments	-	15	15
Produits sucrés	-	15	15
Boissons sucrées de type soda	-	330	330
Jus de fruits	-	150	150



**ANNEXE 6 : DISTRIBUTION DES APPORTS (G/J) EN CHAQUE SOUS-GROUPES ET GROUPES ALIMENTAIRES POUR LES FEMMES ET HOMMES ADULTES.**

Sous-groupe alimentaire	Femmes								Hommes							
	P5	P50	P95	Moyenne ± ET	P5	P50	P95	Moyenne ± ET	P5	P50	P95	Moyenne ± ET	P5	P50	P95	Moyenne ± ET
Légumes	21,4	111,9	281,5	124,5 ± 76,0	39,3	219,9	564,8	249,2 ± 161,0	15,7	107,3	284,5	123,1 ± 92,6	23,9	198,3	572,6	248,4 ± 204,8
Fruits frais	0	85,5	332,3	111,1 ± 107,3					0	71,4	376,2	114,5 ± 146,2				
Fruits secs	0	0	3,7	0,6 ± 2,6					0	0	2,9	0,8 ± 4,9				
Fruits transformés : compotes et fruits cuits	0	0	57,1	12,3 ± 22,6					0	0	52,9	8,5 ± 22,5				
Oléagineux	0	0	4,6	0,8 ± 2,6					0	0	8,6	1,5 ± 4,5				
Pain et produits de panification raffinés	0	47,9	161,4	59,8 ± 47,9	68,7	185,4	380,7	193,2 ± 84,0	0	90,0	260	101,6 ± 89,7	112,9	255,0	500,0	274,0 ± 132,4
Pain et produits de panification complets	0	0	64,3	12,4 ± 25,2					0	0	94,3	15,8 ± 44,4				
Autres féculents raffinés	14,3	71,4	192,9	83,2 ± 53,5					14,3	100,0	255,3	113,0 ± 82,5				
Autres féculents complets	0	0	16,4	2,5 ± 10,2					0	0	21,4	2,5 ± 10,9				
Produits à base d'amidon, transformés sucrés/gras	0	5,1	60,6	15,4 ± 21,7					0	0	71,1	13,9 ± 29,6				
Produits à base d'amidon, transformés salés/gras	0	14,3	57,1	19,8 ± 19,1	0	21,4	78,6	27,2 ± 28,5								
Légumineuses	0	0	50,0	11,0 ± 17,1	0	0	50,0	11,0 ± 17,1	0	0	64,3	14,5 ± 25,8	0	0	64,3	14,5 ± 25,8

Avis de l'Anses  
Saisine n° 2012-SA-0103

Volaille	0	18	75,0	25,0 ± 24,9	50,9	126,4	226,6	130,9 ± 51,3	0	27,1	122,1	38,3 ± 45,1	72,8	172,6	312,3	181,3 ± 80,6
Viande hors volaille	0	37,1	95,8	41,1 ± 27,7					0	55,7	148,3	63,5 ± 46,6				
Charcuterie	0	21,2	66,6	26,1 ± 20,3					0	32,6	99,4	39,4 ± 34,7				
Poissons gras	0	0	25,1	4,4 ± 8,4					0	0	27,1	4,7 ± 11,2				
Autres poissons	0	17,1	67,4	22,0 ± 20,6					0	17,1	70	22,7 ± 26,8				
Oufs	0	7,5	42,9	12,3 ± 15,0					0	7,5	45,7	12,7 ± 17,7				
Lait	0	17,1	350	86,9 ± 116,8	24,1	174,6	505,7	209,2 ± 138,6	0	6,9	385,7	98,0 ± 177,8	17,9	172,0	556,4	221,7 ± 209,0
Produits laitiers frais nature	0	14,3	157,1	35,7 ± 50,6					0	0	128,6	27,9 ± 59,0				
Produits laitiers frais sucrés	0	32,1	160,7	47,2 ± 55,7					0	17,9	153,6	42,0 ± 64,4				
Desserts sucrés lactés	0	6,4	57,1	15,5 ± 21,6					0	0	85,7	18,3 ± 36,0				
Fromages	0	19,6	64,8	23,9 ± 20,7					0	29,2	94,1	35,5 ± 33,6				
Beurre et beurres allégés	0	1,4	17,1	4,2 ± 6,0	1,4	19,4	55,3	22,5 ± 15,7	0	1,4	25,7	5,6 ± 10,6	0,7	19,3	62,3	23,4 ± 20,8
Huiles végétales riches en ALA	0	0	1,9	0,3 ± 1,2					0	0	1,4	0,3 ± 1,9				
Huiles végétales pauvres en ALA et margarines	0	2,3	15,7	4,3 ± 5,4					0	1,4	20,3	4,5 ± 7,7				
Sauces, crèmes fraîches et condiments	0	10,3	39,3	13,8 ± 12,5					0	8,4	42,7	13,0 ± 16,5				
Produits sucrés	0,5	50,0	141,2	58,7 ± 41,6	0,5	50,0	141,2	58,7 ± 41,6	0	57,9	174,3	68,1 ± 58,0	0	57,9	174,3	68,1 ± 58,0
Boissons sucrées de type soda	0	0	292,9	57,9 ± 159,2	0	57,1	428,6	118,4 ± 179,4	0	0	500	93,1 ± 189,9	0	71,4	582,9	151,8 ± 223,2
Jus de fruits	0	17,7	228,6	60,5 ± 80,9					0	0	250	58,7 ± 100,6				

ET, écart-type



---

**Actualisation des repères du PNNS :**  
**Révision des repères de consommations alimentaires**

---

Saisine « n°2012-SA-0103 »

**RAPPORT d'expertise collective**

« Comité d'experts spécialisé en Nutrition Humaine »

« Comité d'experts spécialisé en Evaluation des Risques Chimiques liés à l'Alimentation »

Groupe de travail : « Actualisation des repères du PNNS : Révision des repères de consommations alimentaires »

**Novembre 2016**

**Mots clés :**

---

Plan national nutrition santé, risque santé, nutrition, consommation alimentaire, nutriment, références nutritionnelles, optimisation, programmation linéaire, maladies chroniques non transmissibles, classification des aliments, contaminant

French National Nutrition and Health Program, health risks, nutrition, food intake, nutrient, dietary reference values, optimization, linear programming, chronic non-communicable diseases, food classification, contaminant

## Présentation des intervenants

**PRÉAMBULE :** Les experts externes, membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

### GROUPE DE TRAVAIL

---

#### Président

M. Jean-Louis BRESSON – PU-PH – AP-HP Hôpital Necker – Enfants Malades, Centre d'Investigation Clinique, CIC 0901- Pédiatrie, santé publique

#### Membres

Mme Marie-Joséphine AMIOT-CARLIN – DR – INRA « Nutrition, obésité et risque thrombotique » – Microconstituants végétaux, métabolisme du cholestérol

Mme Janine BULLIARD – Diététicienne, REPOPOP\_FC – Diététique, régime spécifique

M. Marc BONNEFOY – PU-PH – Université Claude Bernard Lyon 1, UFR de Médecine Lyon Sud, Hospices Civils de Lyon, Inserm 1060 – Personnes âgées

Mme Marie-Christine BOUTRON-RUAULT – DR – CESP Inserm U1018 équipe 9 « Nutrition, hormones et santé des femmes » – Epidémiologie des cancers et de la nutrition

Mme Katia CASTETBON – Responsable d'unité, Institut de veille sanitaire – Epidémiologie, recommandations alimentaires

Mme Martine CHAMP – DR, INRA – Glucides

M. Jean-Michel CHARDIGNY – Directeur d'UMR, INRA – Lipides

Mme Véronique COXAM – Directeur de recherche, INRA – Prévention nutritionnelle, ostéoporose

Mme Hélène ESCALON – CR, INPES – Prévention pour la santé

M. Anthony FARDET<sup>1</sup> – CR – Inra de Clermont-Ferrand/Theix, unité de Nutrition Humaine, UMR 1019 Inra/Université d'Auvergne – Recherche et analyse bibliographique, nutrition préventive

Mme Monique FERRY-GRAND – Médecin nutritionniste, INSERM U557-Université – Personnes âgées

Mme Anne GALINIER – Responsable UF biologie micronutrition, CHU Ranguéil – Vitamines hydrosolubles

Mme Mariette GERBER – retraitée INSERM – Epidémiologie

M. Jean-Philippe GIRARDET – Pr, AP-HP – Pédiatrie, nutrition infantile

M. Jean-François HUNEAU – Pr – AgroParisTech, UFR de biologie et nutrition humaines – Nutrition générale, protéines, modélisation, références nutritionnelles

M. Lionel LAFAY – Chef de projet en épidémiologie, Institut national du cancer – Epidémiologie

M. François MARIOTTI – Pr – AgroParisTech, UFR de biologie et nutrition humaines – Nutrition générale, protéines, modélisation

---

<sup>1</sup> M. Fardet a participé au groupe de travail jusqu'à l'évolution de sa DPI en février 2015



M. Ambroise MARTIN – ancien PU-PH, Université Claude Bernard Lyon I – Nutrition Santé publique

Mme Caroline MARTINEAU – Responsable service diététique, CHU de Toulouse – Diététicien-restauration collective

M. Fabrice NESSLANY – Responsable du Laboratoire de Toxicologie – Institut Pasteur de Lille – Toxicologie

Mme Monique ROMON – PU-PH, Université Lille 2 – Epidémiologie, santé publique

Mme Anne-Sophie ROUSSEAU – Enseignant chercheur, Université Nice Sophia Antipolis – Biodisponibilité micronutriments, activité physique

M. Alain-Claude ROUDOT – PU, Université de Bretagne Occidentale – Contaminants, toxicologie, statistiques

M. Dominique TURCK – PU-PH, CHU de Lille - Pédiatrie, santé publique

M. Stéphane WALRAND – DR – Inra de Clermont-Ferrand/Theix, unité de Nutrition Humaine, UMR 1019 Inra/Université d'Auvergne – Nutrition générale, Protéines, Sarcopénie

Mme Carolina WERLE – Professeur Associé au Département Marketing à Grenoble Ecole de Management – Campagnes de santé de prévention

Ces experts sont orientés vers différents groupes de travail dont les thématiques sont les suivantes :

- **Groupe thématique 1 : Identification des valeurs nutritionnelles de référence**  
Mme CHAMP, M. CHARDIGNY, Mme GERBER, M. GIRARDET, M. HUNEAU et M. MARTIN
- **Groupe thématique 2 : Biodisponibilité des micronutriments**  
M. FARDET<sup>2</sup>, M. HUNEAU, Mme ROUSSEAU
- **Groupe thématique 3 : Nutriments d'intérêt pour les différents groupes de la population**  
Mme CHAMP, Mme FERRY, Mme GALINIER, Mme GERBER, M. GIRARDET
- **Groupe thématique 4 : Relations entre les groupes alimentaires et le risque de maladies chroniques**  
Mme AMIOT-CARLIN, Mme CASTETBON, M. FARDET, Mme FERRY, Mme GERBER, M. LAFAY, Mme ROMON
- **Groupe thématique 5 : Catégorisation des aliments et définition des tailles de portions**  
Mme BULLIARD, Mme CASTETBON, Mme COXAM, Mme ESCALON, Mme MARTINEAU, Mme WERLE
- **Groupe de suivi de l'outil : Suivi de l'outil informatique d'optimisation des consommations alimentaires et analyse des résultats**  
M. HUNEAU, M. MARIOTTI, M. MARTIN, M. NESSLANY, M. ROUDOT, M. WALRAND

Ces groupes thématiques sont coordonnés par un **groupe pilote** qui assure la cohérence des travaux des sous-thématiques, dont les membres sont :

M. BRESSON (Président), M. BONNEFOY, Mme BOUTRON-RUAULT, M. MARTIN et M. TURCK

---

<sup>2</sup> M. Fardet a participé au groupe de travail jusqu'à l'évolution de sa DPI en février 2015

## COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

---

Les travaux, objets du présent rapport, ont été suivis et adoptés par les CES suivants :

- Nutrition Humaine – mandature 2012-2015

### Président

M. François MARIOTTI – Pr (AgroParisTech) – Spécialités : métabolisme des protéines, acides aminés, besoins et recommandations nutritionnels, métabolisme postprandial, syndrome métabolique

### Membres

Mme Latifa ABDENNEBI-NAJAR – DR (Institut Polytechnique la Salle de Beauvais) – Spécialités : nutrition humaine, obésité

M. Jacques BELEGAUD – PU honoraire (Université Picardie) – Spécialités : toxicologie

Mme Catherine BENNETAU-PELISSERO – PR (Bordeaux Sciences Agro) – Spécialités : phytoestrogènes, isoflavones, perturbateurs endocriniens, santé osseuse

Mme Marie BODINIER – CR (Inra Nantes) Spécialités : allergies alimentaires, physiologie intestinale et système immunitaire

M. Marc BONNEFOY – PU-PH (Université Claude-Bernard Lyon 1, Hospices Civils de Lyon) Spécialités : gériatrie, activité physique chez la personne âgée

Mme Marie-Christine BOUTRON-RUAULT – DR (CESP Inserm) Spécialités : épidémiologie nutritionnelle et des cancers, appareil digestif

M. Jean-Louis BRESSON – PU-PH (AP-HP Hôpital Necker - Enfants Malades, Centre d'Investigation Clinique 0901) – Spécialités : épidémiologie, immunologie, nutrition infantile, femmes enceintes et protéines

M. Olivier BRUYERE – PU (Université de Liège) – Spécialités : épidémiologie, santé publique, ostéoporose

Mme Sybil CHARRIERE – MCU-PH (Université Claude Bernard Lyon I - Hospices Civils de Lyon) Spécialité : endocrinologie

M. Gérard CROS – PU (Université Montpellier 1) – Spécialité : pharmacologie

M. Anthony FARDET – CR (Inra de Clermont-Ferrand/Theix) – Spécialité : nutrition humaine

Mme Anne GALINIER – MCU-PH (Université Paul Sabatier - CHU de Toulouse) – Spécialités : métabolisme du tissu adipeux/obésité, physiopathologie

M. Jean-François HUNEAU – PR (AgroParisTech) – Spécialité : nutrition humaine

M. Alexandre MACIUK – MCU (Université Paris-Sud) – Spécialité : pharmacognosie

M. André MAZUR – DR (Inra Clermont-Ferrand/Theix) – Spécialités : microconstituants végétaux, système cardiovasculaire

M. Gilles MITHIEUX – DR (Cnrs, unité Inserm 855 Lyon) – Spécialités : obésité, diabète, nutrition et cerveau, comportement alimentaire

Mme Béatrice MORIO-LIONDORE – DR (Inra Lyon) – Spécialités : nutrition humaine, métabolisme énergétique

M. Claude MOULIS – PU émérite (Université Paul-Sabatier de Toulouse) – Spécialité : pharmacognosie

Mme Annie QUIGNARD-BOULANGE – DR émérite (Inserm, UMR 914 Inra/AgroParisTech)  
Spécialité : métabolisme des lipides

Mme Ariane SULTAN – MCU-PH (CHU Montpellier, Hôpital Lapeyronie) – Spécialités :  
endocrinologie, nutrition clinique

M. Stéphane WALRAND – DR (Inra de Clermont-Ferrand/Theix) – Spécialités :  
physiopathologie, métabolisme protéique et acides aminés

■ Nutrition Humaine – mandature 2015-2018

**Président**

M. François MARIOTTI – Pr (AgroParisTech) – Spécialités : métabolisme des protéines,  
acides aminés, apports, besoins et recommandations nutritionnels, métabolisme  
postprandial, risque cardio-métabolique

**Membres**

Mme Catherine ATLAN – Médecin (Centre Hospitalier de Luxembourg) – Spécialités :  
endocrinologie, maladies métaboliques

Mme Catherine BENNETAU-PELISSERO – PR (Bordeaux Sciences Agro) – Spécialités :  
phytoestrogènes, isoflavones, perturbateurs endocriniens, santé osseuse

Mme Marie-Christine BOUTRON-RUAULT – DR (CESP Inserm) – Spécialités :  
épidémiologie nutritionnelle et des cancers, appareil digestif

M. Jean-Louis BRESSON – PU-PH (AP-HP Hôpital Necker - Enfants Malades, Centre  
d'Investigation Clinique 0901) – Spécialités : épidémiologie, immunologie, nutrition infantile,  
femmes enceintes et protéines

M. Olivier BRUYERE – PU (Université de Liège) – Spécialités : épidémiologie, santé  
publique, ostéoporose

Mme Blandine DE LAUZON-GUILLAIN – CR (Inserm, CRESS, Villejuif) – Spécialités :  
épidémiologie, nutrition infantile, nutrition des femmes enceintes et allaitantes, santé  
publique

Mme Anne GALINIER – MCU-PH (Université Paul Sabatier - CHU de Toulouse) –  
Spécialités : métabolisme du tissu adipeux/obésité, physiopathologie

M. Jean-François HUNEAU – PR (AgroParisTech) – Spécialité : nutrition humaine

Mme Emmanuelle KESSE-GUYOT – DR (Inra, UMR Inserm U1153 / Inra U1125 / Cnam /  
Université Paris 13) – Spécialités : épidémiologie, nutrition et pathologies, nutrition et santé  
publique

Mme Corinne MALPUECH-BRUGERE – MCU (Université d'Auvergne) – Spécialité : nutrition  
des pathologies, métabolisme des macro- et micronutriments

Mme Catherine MICHEL – CR (Inra, UMR Inra / CHU Hotel Dieu, Nantes) – Spécialités :  
nutrition infantile, microbiote intestinal, fermentations coliques, prébiotiques

Mme Béatrice MORIO-LIONDORE – DR (Inra Lyon) – Spécialités : nutrition humaine,  
métabolisme énergétique

Mme Jara PEREZ-JIMENEZ – Chercheur contractuel (ICTAN – CSIC, Madrid) – Spécialités :  
microconstituants, nutrition et pathologies, biodisponibilité

M. Sergio POLAKOFF – CR (Inra de Clermont-Ferrand/Theix) – Spécialités : nutrition et  
pathologies, nutrition et santé publique, métabolisme énergétique

M. Jean-Marie RENAUDIN – PH (Centre hospitalier Emile Durkheim) – Spécialités : allergologie

Mme Anne-Sophie ROUSSEAU – MCU (Université Nice Sophia Antipolis) – Spécialités : nutrition et activité physique, biodisponibilité, stress oxydant

M. Luc TAPPY – PU-PH (Université de Lausanne) – Spécialités : endocrinologie, métabolisme des glucides

M. Stéphane WALRAND – DR (Inra de Clermont-Ferrand/Theix) – Spécialités : physiopathologie, métabolisme protéique et acides aminés

■ ERCA – mandature 2012-2015

**Président**

M. Pierre-Marie BADOT – PU (Université de Franche-Comté) – Spécialités : écotoxicologie

**Membres**

M. Claude ATGIE – MCU (Université Bordeaux I) – Spécialité : toxicologie

Mme Sandrine BLANCHEMANCHE – IR (Inra, UMR INRA/AgroParisTech) – Spécialité : sciences humaines

Mme Valérie CAMEL – PR (AgroParisTech) – Spécialité : méthodes analytiques

Mme Martine CLAUW – PR (Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse) – Spécialité : toxicologie

Mme Camille DUMAT – PR (Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Toulouse) – Spécialité : méthodes analytiques

M. Cyril FEIDT – PU (Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires) – Spécialité : agronomie

M. Konrad GROB – chef de bureau (Official Food Control Authority of the Canton of Zurich) – Spécialité : méthodes analytiques

Mme Nicole HAGEN PICARD – PR (Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse) – Spécialité : toxicologie

M. Claude LAMBRE – ancien DR (Inserm) – Spécialité : toxicologie

M. Michel LARROQUE – PU (Faculté de Pharmacie de Montpellier I) – Spécialité : méthodes analytiques

M. Bruno LE BIZEC – PR (ONIRIS-LABERCA) – Spécialité : méthodes analytiques

M. Jean-Michel MAIXENT – PU (Université de Poitiers) – Spécialité : toxicologie

M. Rémi MAXIMILIEN – Médecin (CEA) – Spécialité : toxicologie

M. Jean-François NARBONNE – PR émérite (Université Bordeaux I) – Spécialité : toxicologie

M. Fabrice NESSLANY – Chef de service (Institut Pasteur de Lille) – Spécialité : toxicologie

M. Jean-Marie RENAUDIN – PH (Centre hospitalier Emile Durkheim) – Spécialité : allergologie, toxicologie

M. Alain-Claude ROUDOT – PU (Université de Bretagne Occidentale) – Spécialité : biostatistique

Mme Karine TACK – Responsable de laboratoire (IRSN) – Spécialité : méthodes analytiques

Mme Paule VASSEUR – PR émérite (CNRS UMR 7360) – Spécialité : toxicologie

M. Jean-Paul VERNOUX – Ancien PU (Université de Caen) – Spécialité : toxicologie

■ ERCA – mandature 2015-2018

**Président**

M. Cyril FEIDT – PU (Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires) – Spécialité : agronomie

**Membres**

M. Claude ATGIE – MCU (Université Bordeaux I) – Spécialité : toxicologie

M. Pierre-Marie BADOT – PU (Université de Franche-Comté) – Spécialités : écotoxicologie

M. Jacques BELEGAUD – PU honoraire (Université Picardie) Spécialités : toxicologie.

Mme Valérie CAMEL – PR (AgroParisTech) – Spécialité : méthodes analytiques

Mme Martine CLAUW – PR (Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse) – Spécialité : toxicologie

M. Guillaume DUFLOS – Chef de département adjoint (Anses Boulogne) – Spécialité : méthodes analytiques

Mme Camille DUMAT – PR (Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Toulouse) – Spécialité : méthodes analytiques

M. Jérôme GAY-QUEHEILLARD – MCU (Université de Picardie) – Spécialité : toxicologie

M. Thierry GUERIN – Chef de département adjoint (Anses) – Spécialité : méthodes analytiques

Mme Nicole HAGEN PICARD – PR (Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse) – Spécialité : toxicologie

Mme Laila LAKHAL – IR (Inra de Toulouse) – Spécialité : toxicologie

M. Bruno LE BIZEC – PR (ONIRIS-LABERCA) – Spécialité : méthodes analytiques

M. Claude LAMBRE – Ancien DR (Inserm) – Spécialité : toxicologie

Mme Raphaële LE GARREC – MCU (Université de Bretagne Occidentale) – Spécialité : toxicologie

M. Eric MARCHIONI – PU (Université de Strasbourg) – Spécialité : méthodes analytiques

M. César MATTEI – MCU (Université d'Angers) – Spécialité : toxicologie

Mme Sakina MHAOUTY-KODJA – DR (CNRS) – Spécialité : toxicologie

M. Fabrice NESSLANY – Chef de service (Institut Pasteur de Lille) – Spécialité : toxicologie

M. Alain-Claude ROUDOT – PU (Université de Bretagne Occidentale) – Spécialité : biostatistique

Mme Karine TACK – Responsable de laboratoire (IRSN) – Spécialité : méthodes analytiques

Mme Paule VASSEUR – PR émérite (CNRS UMR 7360) – Spécialité : toxicologie

M. Eric VERDON – Adjoint au directeur du LRUE (Anses) – Spécialité : méthodes analytiques

M. Jean-Paul VERNOUX – ancien PU (Université de Caen) – Spécialité : toxicologie

## **PARTICIPATION ANSES**

---

La coordination scientifique du projet a été assurée par l'unité d'évaluation des risques liés à la nutrition, sous la direction de Mme Irène MARGARITIS – PU détachée (Université Nice Sophia-Antipolis).

### **Coordination et contribution scientifique**

Mme Isabelle BORDES – Unité d'évaluation des risques liés à la nutrition (jusqu'en octobre 2015)

Mme Sabrina HAVARD – Unité méthodologie et études

Mme Esther KALONJI – Chef adjoint de l'unité d'évaluation des risques liés à la nutrition (jusqu'en janvier 2016)

Mme Anne MORISE – Unité d'évaluation des risques liés à la nutrition

Mme Perrine NADAUD – Unité d'évaluation des risques liés à la nutrition (jusqu'en juin 2014)

Mme Véronique SIROT – Unité méthodologie et études

Mme Sandrine WETZLER – Unité d'évaluation des risques liés à la nutrition

### **Autres contributions scientifiques**

Mme Claire BLADIER – Unité d'évaluation des risques liés à la nutrition – Contribution scientifique

Mme Carine DUBUISSON – Unité méthodologie et études – Contribution scientifique sur la catégorisation, l'estimation des tailles de portion. Production des données de consommation et des tables de composition des aliments

Mme Laure DU CHAFFAUT – Unité observatoire des aliments – Production et mise à jour de la table CIQUAL.

Mme Ariane DUFOUR – Unité méthodologie et études – Contribution scientifique au calcul de prévalence d'inadéquation d'apports.

Mme Aurélie MAHE – Unité d'évaluation des risques liés aux aliments – Production des tables des teneurs et expositions aux contaminants, et de la table des valeurs de référence pour les contaminants.

Mme Céline MENARD – Unité observatoire des aliments – Production et mise à jour de la table CIQUAL.

Mme Mathilde MERLO – Unité phyto-pharmacovigilance et observatoire des résidus de pesticides – Contribution scientifique au sujet des pesticides.

M. Alexandre NOUGADERE – Unité phyto-pharmacovigilance et observatoire des résidus de pesticides – Production des tables des teneurs, des expositions et des valeurs de référence pour les pesticides, et analyse des résultats sur les pesticides.

Mme Marine OSEREDCZUK – Unité observatoire des aliments – Production et mise à jour de la table CIQUAL.

M. Gilles RIVIERE – Unité d'évaluation des risques liés aux aliments – Contribution scientifique au sujet des contaminants : choix des valeurs de références, analyse des résultats.

### **Secrétariat administratif**

Mme Agnès BRION – Anses

Mme Virginie SADE – Anses (à partir de mai 2015)



**AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES**

---

**Technical University of Denmark - National Food Institute**

Mme Inge TETENS – Chef du département Nutrition – Membre du panel NDA (EFSA panel on dietetics products, nutrition and allergies)

**University of East Anglia, Norway**

Mme Susan J FAIRWEATHER-TAIT – Chef du département Nutrition – Membre du panel NDA (EFSA panel on dietetics products, nutrition and allergies) – Membre du projet Eurreca

**Université Aix-Marseille**

Mme Nicole DARMON – DR – Inra –UMR Inserm/Inra/Université Aix-Marseille – Unité 476

**Société française de nutrition (SFN)**

Mme Annie QUIGNARD-BOULANGÉ – Vice-Présidente de la SFN – UMR 914 Inra/AgroParisTech

**Association française des diététiciens nutritionnistes (AFDN)**

Mme Isabelle PARMENTIER – Présidente de l'AFDN – Cadre supérieure diététicienne CHU Lille

**Société Végane**

M. Constantin IMBS – Président de la société Végane

Mme Vanessa CLARKE – Administratrice de la société Végane

**Union végétarienne internationale**

M. Stephen WALSH – Coordinateur scientifique de l'Union végétarienne internationale

**APSARes (Association de Professionnels de Santé pour une Alimentation Responsable)**

M. Bernard-PELLET – Membre de l'APSARes

**UFC-Que choisir**

M. Olivier ANDRAULT – Chargé de mission alimentation à l'UFC-Que choisir

**Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière (CNIEL)**

Mme Marie-Claude BERTIERE – Responsable du Service Communication Santé.

Mme Yvette SOUSTRE – Directrice du département Nutrition.

**Association Nationale des Industries Alimentaires (ANIA)**

Mme Cécile RAUZY – Directrice qualité-nutrition (ANIA).

**➤ Secteur des jus de fruits et nectars**

M. Thomas GAUTHIER – Secrétaire général de l'Union Nationale Interprofessionnelle des jus de fruits (UNIJUS).

Mme Nazila SENEHIPOUR – Responsable affaires réglementaires, Pepsico.

Mme Murielle PHAN – Responsable affaires réglementaires, Orangina-Schweppes.

**➤ Secteur des corps gras**

Mme Morgane SAILLARD – Responsable des affaires scientifiques et réglementaires, Fédération Nationale des Industries des Corps Gras (FNCG)

Mme Camille SIMONNEAU – Responsable nutrition et affaires réglementaires, St Hubert.

Mme Valérie BUSSON – Directrice de la communication et des relations publiques, Lesieur.

Mme Amélie DHAUSSY – Responsable des affaires réglementaires et nutrition, Lesieur.

➤ **Secteur du sucre**

M. Philippe REISER – Directeur des affaires scientifiques, Centre d'Etudes et de Documentation du Sucre (Cedus).

Mme Anne-Claire DURAND – Responsable de l'information scientifique, Cedus.

➤ **Secteur des viandes**

Mme Christelle DUCHENNE – Chef de projet nutrition, Centre d'Information des Viandes (CIV).

Mme Claire CHAMBRIER – Chargée de projet, Association nationale inter-professionnelle du bétail et des viandes (Interbev).

➤ **Secteur des produits laitiers frais**

Mme Isabelle GILLES – Déléguée générale, Syndifrais.

Mme Valérie BENOIT – Responsable des affaires scientifiques et santé, Yoplait.

Mme Tiphaine GIMBERT – Responsable des relations scientifiques, Danone Produits Frais.

➤ **Secteur des céréales**

Mme Valérie MOUSQUES-CAMI – Secrétaire générale du Centre d'information des farines et du pain (CIFAP) et responsable de la communication de l'Association Nationale de la Meunerie Française (ANMF).

---

**CONTRIBUTIONS EXTÉRIEURES AU(X) COLLECTIF(S)**

---

**Eurodécision**

Mme Raja REBAI – Consultante en optimisation – Participation à l'élaboration de l'outil d'optimisation

## SOMMAIRE

Présentation des intervenants .....	3
Sigles et abréviations.....	15
Liste des tableaux .....	17
Liste des figures.....	18
<b>1 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine.....</b>	<b>19</b>
1.1 Contexte .....	19
1.2 Demandes formulées par la Direction Générale de la Santé .....	19
1.3 Modalités de traitement et organisation de l'expertise .....	20
1.3.1 Objectifs du groupe de travail .....	20
1.3.2 Approche et organisation de l'expertise .....	21
1.3.2.1 Approche retenue .....	21
1.3.2.2 Questions traitées et découpage thématique .....	21
1.3.2.3 Auditions de personnalités compétentes et des parties prenantes .....	23
1.3.2.4 Développement d'un outil d'optimisation des consommations alimentaires .....	23
1.3.2.5 Articulation de ces travaux pour la formulation des repères .....	24
1.3.3 Modalités de restitution des travaux .....	24
1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts.....	26
<b>2 Définir les références nutritionnelles .....</b>	<b>27</b>
2.1 Distinction des différents types de références nutritionnelles .....	27
2.2 Identification des références nutritionnelles en vitamines et minéraux .....	28
2.2.1 Contexte.....	28
2.2.2 Objectifs .....	29
2.2.3 Démarche générale .....	29
2.2.4 Limites du travail .....	30
2.2.5 Références nutritionnelles retenues .....	30
2.2.5.1 La vitamine A .....	30
2.2.5.2 La vitamine B1 .....	32
2.2.5.3 La vitamine B2 .....	33
2.2.5.4 La vitamine B3 .....	34
2.2.5.5 La vitamine B5 .....	35
2.2.5.6 La vitamine B6 .....	36
2.2.5.7 La vitamine B9 .....	37
2.2.5.8 La vitamine B12 .....	39
2.2.5.9 La vitamine C .....	40
2.2.5.10 La vitamine D .....	42
2.2.5.11 La vitamine E .....	44
2.2.5.12 Le calcium .....	45
2.2.5.13 Le cuivre .....	47
2.2.5.14 Le fer .....	48
2.2.5.15 L'iode .....	50
2.2.5.16 Le magnésium .....	52
2.2.5.17 Le manganèse .....	53
2.2.5.18 Le phosphore .....	54
2.2.5.19 Le potassium .....	56
2.2.5.20 Le sélénium .....	56
2.2.5.21 Le sodium .....	57
2.2.5.22 Le zinc .....	59
2.2.6 Identification des références nutritionnelles pour les macronutriments énergétiques.....	64

2.2.7	Identification d'une référence nutritionnelle pour l'eau .....	64
<b>3</b>	<b>Prévenir les maladies chroniques non transmissibles .....</b>	<b>65</b>
<b>3.1</b>	<b>Objectif et démarche .....</b>	<b>65</b>
<b>3.2</b>	<b>Synthèse des relations épidémiologiques .....</b>	<b>67</b>
3.2.1	Relations entre consommation de groupes d'aliments et risque de maladies chroniques non transmissibles .....	67
3.2.1.1	Viande hors volaille et charcuterie .....	67
3.2.1.2	Boissons sucrées .....	68
3.2.1.3	Fruits et légumes .....	69
3.2.1.4	Produits céréaliers complets .....	69
3.2.1.5	Lait et produits laitiers .....	69
3.2.1.6	Poisson .....	70
3.2.2	Les typologies alimentaires .....	71
<b>4</b>	<b> limiter les expositions aux contaminants .....</b>	<b>72</b>
<b>5</b>	<b> Identifier les consommations alimentaires répondant aux enjeux nutritionnels, toxicologiques et prenant en compte les habitudes de consommation .....</b>	<b>73</b>
<b>5.1</b>	<b> Objectif de la démarche .....</b>	<b>73</b>
<b>5.2</b>	<b> Travailler sur les aliments ou sur des groupes d'aliments ? .....</b>	<b>74</b>
5.2.1	Aliments ou groupes d'aliments ? .....	74
5.2.2	Démarche de définition des groupes .....	75
5.2.2.1	Première approche : Analyse en composantes principales et classification ascendante hiérarchique appliquées aux aliments de la nomenclature INCA2 .....	76
5.2.2.2	Deuxième approche : Approche mixte combinant classification ascendante hiérarchique et usages de consommations .....	76
5.2.3	Liste des groupes .....	81
<b>5.3</b>	<b> Méthode d'optimisation .....</b>	<b>84</b>
5.3.1	Principe de l'outil utilisé .....	84
5.3.2	Définition mathématique des contraintes et critères .....	85
<b>5.4</b>	<b> Choix des contraintes .....</b>	<b>88</b>
5.4.1	Quel niveau de besoin énergétique considérer pour l'optimisation ? .....	88
5.4.2	Comment utiliser les références nutritionnelles ? .....	91
5.4.2.1	Quel type de référence utiliser ? .....	91
5.4.2.2	Cas spécifique du sodium .....	91
5.4.2.3	Récapitulatif des contraintes nutritionnelles retenues .....	91
5.4.3	Comment traduire les relations épidémiologiques ? .....	95
5.4.4	Comment prendre en compte les habitudes de consommation ? .....	95
5.4.5	Comment prendre en compte les contaminants ? .....	99
5.4.5.1	Cas des substances à usage réglementé .....	99
5.4.5.2	Autres contaminants .....	99
5.4.5.3	Quel type de référence prendre en compte ? .....	99
<b>5.5</b>	<b> Bases de données d'entrée dans l'optimisation .....</b>	<b>102</b>
5.5.1	Données de consommation .....	102
5.5.2	Table de composition nutritionnelle des aliments .....	102
5.5.3	Table des teneurs en contaminants des aliments .....	103
5.5.4	Données d'exposition .....	104
<b>5.6</b>	<b> Démarche générale d'optimisation .....</b>	<b>105</b>

<b>5.7 Résultats de l'optimisation .....</b>	<b>106</b>
5.7.1 Résultats de l'optimisation pour les hommes adultes.....	106
5.7.1.1 Démarche suivie pour les hommes (Figure 4) .....	106
5.7.1.2 Scénario A1 : prise en compte des contraintes nutritionnelles et épidémiologiques uniquement .....	107
5.7.1.3 Scénario B1 : prise en compte des contraintes nutritionnelles, épidémiologiques et des habitudes de consommation .....	110
5.7.1.4 Scénario C2 : prise en compte des contraintes nutritionnelles, épidémiologiques, des habitudes de consommation et des contraintes liées aux contaminants .....	115
5.7.2 Résultats de l'optimisation pour les femmes .....	121
5.7.2.1 Démarche suivie chez la femme.....	121
5.7.2.2 Scénario A1 : prise en compte des contraintes nutritionnelles et épidémiologiques uniquement .....	124
5.7.2.3 Scénarios B - fer bas .....	127
5.7.2.4 Scénarios B - fer élevé .....	131
5.7.2.5 Scénario C : prise en compte des contraintes nutritionnelles, épidémiologiques, des habitudes de consommation et des contraintes liées aux contaminants .....	136
5.7.3 Synthèse des résultats de l'optimisation .....	136
<b>6 Périmètre du travail et incertitudes .....</b>	<b>140</b>
<b>7 Synthèse et conclusion .....</b>	<b>142</b>
<b>8 Bibliographie.....</b>	<b>149</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>154</b>

## Sigles et abréviations

ACP : analyse en composantes principales  
AET : apport énergétique total  
AFDN : association française des diététiciens nutritionnistes  
AGMI : acides gras mono-insaturés  
AGPI : acides gras poly-insaturés  
AGS : acides gras saturés  
ALA: acide alpha-linolénique  
ANC : apport nutritionnel conseillé  
ANIA : association nationale des industries alimentaires  
AS : apport satisfaisant  
ATSDR : agency for toxic substances and disease registry  
AVC : accident vasculaire cérébral  
BMDL : benchmark dose limit  
BNM : besoin nutritionnel moyen  
BPA : bisphénol A  
CAH : classification ascendante hiérarchique  
CES : comité d'experts spécialisé  
CIQUAL : composition nutritionnelle des aliments  
CIRC ou IARC : centre international de recherche sur le cancer  
CUP : continuous update project, mise à jour de l'analyse du WCRF  
D-A-CH : pays germanophones : Allemagne – Autriche - Suisse  
DHA : acide docosahexaénoïque  
DJA : dose journalière admissible  
DJT : dose journalière tolérable  
DHTP dose hebdomadaire tolérable provisoire  
DMTP : dose mensuelle tolérable provisoire  
DON : déoxynivalénol  
EAT : étude de l'alimentation totale  
EFA : équivalent folates alimentaires  
EFSA : European Food Safety Authority  
EN : équivalent niacine  
EPA : acide eicosapentaénoïque  
ER : récepteurs hormonaux aux œstrogènes  
GRE : glutathion réductase érythrocytaire  
HAP4 : hydrocarbures aromatiques polycycliques  
HBCDD : hexabromocyclododécane  
HCH-gamma : gamma-hexachlorocyclohexane, lindane  
HMD : Health and Medicine Division  
IMC : indice de masse corporelle  
INCa : institut national du cancer



INCA : étude individuelle nationale des consommations alimentaires  
IOM : Institute of Medicine  
IR : intervalle de référence  
JECFA : comité d'experts FAO/OMS sur les additifs alimentaires  
JMPR : Joint FAO/WHO Meetings on Pesticide Residues  
LMR : limite maximale de résidus  
LSS : limite supérieure de sécurité  
MCV : maladies cardiovasculaires  
MMA : acide méthyl malonique  
MOE : marge d'exposition  
MOS : marge de sécurité  
NAP : niveau d'activité physique  
NCM : Nordic Council of Ministers  
NHMRC-MoH : Australian National Health and Medical Research Council - New Zealand Ministry of Health  
NOAEL : dose sans effet délétère  
OMS : Organisation Mondiale de la Santé  
PBB : Polybromobiphényles  
PCB : polychlorobiphényle  
PCB-DL : polychlorobiphenyl dioxin like  
PFOA : acide perfluorooctanoïque  
PFOS : acide perfluorooctanesulfonique  
PNNS : programme national nutrition santé  
POP : polluants organiques persistants  
RNP : référence nutritionnelle pour la population  
SACN : Scientific Advisory Committee on Nutrition  
SFN : société française de nutrition  
SOD : super oxyde dismutase  
US-EPA : US environmental protection agency  
VPO : groupe des viandes, poissons, œufs  
VTR : valeur toxicologique de référence  
WCRF : world cancer research fund

## Liste des tableaux

Tableau 1. Bilan des références nutritionnelles ( $\mu\text{g ER/j}$ ) pour la vitamine A .....	31
Tableau 2. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine B1 (mg/j sauf indication contraire) .....	32
Tableau 3. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine B2 (mg/j sauf indication contraire) .....	33
Tableau 4. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine B3 (mg EN/MJ) .....	35
Tableau 5. Bilan des références nutritionnelles (mg/j) pour la vitamine B5 .....	36
Tableau 6. Bilan des références nutritionnelles (mg/j) pour la vitamine B6 .....	37
Tableau 7. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine B9 ( $\mu\text{g DFE/j}$ ) .....	37
Tableau 8. Bilan des références nutritionnelles ( $\mu\text{g/j}$ ) pour la vitamine B12 .....	40
Tableau 9. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine C (mg/j) .....	41
Tableau 10. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine D ( $\mu\text{g/j}$ ) .....	43
Tableau 11. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine E (mg/j) .....	45
Tableau 12. Bilan des références nutritionnelles (mg/j) pour le calcium .....	46
Tableau 13. Bilan des références nutritionnelles (mg/j) pour le cuivre .....	47
Tableau 14. Bilan des références nutritionnelles (mg/j) pour le fer .....	49
Tableau 15. Bilan des références nutritionnelles ( $\mu\text{g/j}$ ) pour l'iode .....	51
Tableau 16. Bilan des références nutritionnelles (mg/j) pour le magnésium .....	53
Tableau 17. Bilan des références nutritionnelles (mg/j) pour le manganèse .....	54
Tableau 18. Bilan des références nutritionnelles (mg/j) pour le phosphore .....	55
Tableau 19. Bilan des références nutritionnelles (mg/j) pour le potassium .....	56
Tableau 20. Bilan des références nutritionnelles ( $\mu\text{g/j}$ , sauf indication contraire) pour le sélénium .....	57
Tableau 21. Bilan des références nutritionnelles (mg/j) pour le sodium .....	58
Tableau 22. Bilan des références nutritionnelles (mg/j) pour le zinc .....	60
Tableau 23. Récapitulatif des références nutritionnelles pour les hommes adultes .....	61
Tableau 24. Synthèse des groupes et des sous-groupes constitués pour la catégorisation des aliments .....	82
Tableau 25. Estimation du métabolisme de base (kcal/j) selon la taille médiane de la population rapportée par INCA2 et selon les 5 équations prédictives retenues par l'EFSA .....	89
Tableau 26. Estimation du besoin énergétique (kcal/j) selon la taille médiane de la population rapportée par INCA2 et selon les 5 équations prédictives retenues par l'EFSA à partir d'un NAP médian de 1,63 .....	90
Tableau 27. Contraintes nutritionnelles introduites dans l'outil d'optimisation .....	94
Tableau 28. Récapitulatif des bornes de consommation pour chaque sous-groupe d'aliment rentrées dans l'outil d'optimisation .....	97
Tableau 29. Synthèse des contraintes toxicologiques retenues pour l'outil d'optimisation .....	100
Tableau 30. Niveaux de consommation proposés par le scénario A1 pour les hommes adultes .....	108
Tableau 31. Niveaux de consommation proposés par le scénario B1 pour les hommes adultes .....	111
Tableau 32. Niveaux de consommation proposés par le scénario C2 pour les hommes adultes .....	117
Tableau 33. Niveaux de consommation proposés par le scénario A1 pour les femmes de besoin en fer élevé .....	125
Tableau 34. Niveaux de consommation proposés par les scénarios B2 et B6 pour les femmes de besoin en fer bas .....	128
Tableau 35. Niveaux de consommation proposés par les scénarios B3, B4 et B5 pour les femmes de besoin en fer élevé .....	132
Tableau 36. Sources d'incertitude relevées dans le travail de détermination des consommations optimales .....	141

Tableau 37. Taille de portions des sous-groupes pour les hommes et les femmes et selon les occasions de consommation le cas échéant. .... 174

## Liste des figures

Figure 1. Articulation des travaux envisagée .....	24
Figure 2. Illustration de l'algorithme du simplexe .....	84
Figure 3. Besoin énergétique (kcal/j) des hommes et des femmes estimé selon l'âge et l'équation prédictive du métabolisme de base .....	90
Figure 4. Démarche suivie pour les hommes.....	106
Figure 5. Démarche suivie pour les femmes avec des besoins en fer bas.....	122
Figure 6. Démarche suivie pour les femmes avec des besoins en fer élevés .....	124

# 1 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine

## 1.1 Contexte

Le Directeur général de la santé (DGS) a saisi l'Anses le 3 avril 2012 d'une demande d'actualisation des repères de consommations alimentaires du Programme national Nutrition Santé (PNNS) (**Annexe 1**).

Dans le cadre du PNNS 2001-2005, l'Afssa avait été saisie (saisine 2001-SA-0126) afin d'élaborer les bases scientifiques pour la formulation des repères de consommations alimentaires. Plusieurs guides alimentaires du PNNS avaient été édités à partir des éléments scientifiques fournis par l'Afssa.

Les repères actuels du PNNS portent sur différents groupes d'aliments (fruits et légumes, féculents, etc.) et sur l'activité physique, avec des déclinaisons pour des populations spécifiques (personnes âgées, enfants, adolescents, femmes enceintes et allaitantes).

L'évolution des données scientifiques au cours des dix dernières années a rendu nécessaire une révision de ces repères de consommations alimentaires et plus généralement celle du socle scientifique permettant d'asseoir les objectifs de santé publique en nutrition.

Ainsi, le PNNS 2011-2015 prévoit l'actualisation des repères tant alimentaires que concernant l'activité physique (action n°11.1). Cette action s'inscrit dans la mesure n°4 visant à développer des actions d'information et d'éducation nutritionnelles. Par ailleurs, l'actualisation des recommandations nutritionnelles (sous la dénomination d'Apports Nutritionnels Conseillés) ainsi que les évaluations relatives aux bénéfices et risques liés à la consommation de certains groupes d'aliments avaient conduit l'Anses à inscrire, dès 2011, la révision des repères de consommations alimentaires dans son programme de travail.

## 1.2 Demandes formulées par la Direction Générale de la Santé

La demande formulée par la DGS concerne particulièrement les points suivants :

- 1) Proposer une nouvelle formulation des repères du PNNS, y compris ceux concernant l'activité physique, sur la base des nouveaux apports nutritionnels conseillés (ANC), des données de consommation des études INCA (enquête individuelle nationale des consommations alimentaires), de la composition des aliments (avec les données de la table Ciqual et données de l'Oqali) et des références internationales disponibles.
- 2) Clarifier la position de certains aliments au sein des catégories actuellement utilisées dans les repères en tenant compte de leur qualité nutritionnelle mais également de leur perception par les consommateurs. Notamment, il est demandé de préciser les groupes auxquels appartiennent les fruits secs et oléagineux, le maïs doux (qui peut selon les critères considérés être classé parmi les légumes ou les céréales) et les produits transformés.
- 3) Quantifier la notion de portion, s'il est utile de la préciser dans les nouvelles formulations des repères.

### 1.3 Modalités de traitement et organisation de l'expertise

L'Anses a confié l'instruction de cette saisine au groupe de travail « Actualisation des repères du PNNS : révision des repères de consommations alimentaires », rattaché au comité d'experts spécialisé « Nutrition humaine » et au CES « Evaluation des Risques Chimiques liés à l'Alimentation ».

Les travaux d'expertise du groupe de travail ont été soumis régulièrement aux CES (tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques). Les travaux rendus par le groupe de travail tiennent compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres des CES.

Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

La saisine est traitée au sein de la Direction de l'évaluation des risques (DER). L'Unité d'évaluation des risques liés à la nutrition (UERN) assure la coordination scientifique du groupe de travail. En raison de la transversalité de l'expertise, d'autres unités de la DER apportent leur contribution :

- Unité « Evaluation des risques liés aux aliments »
- Unité « Méthodologie et études »
- Unité « Observatoire des aliments »
- Unité « Phyto-pharmacovigilance et observatoire des résidus de pesticides ».

#### 1.3.1 Objectifs du groupe de travail

Au regard de la demande formulée par la DGS, l'objectif du groupe de travail est de proposer le fonds scientifique nécessaire à l'élaboration des repères de consommations alimentaires pour la population adulte.

La démarche mise en place tient compte de la nécessité de limiter le risque nutritionnel, c'est-à-dire de couvrir les besoins nutritionnels et limiter le risque de maladies chroniques non transmissibles, et de limiter le risque vis-à-vis des contaminants chimiques<sup>3</sup> apportés par l'alimentation, tout en prenant en compte les habitudes alimentaires afin de faciliter le suivi des repères.

Les choix alimentaires sont sous l'influence d'une multitude de facteurs (dont l'état de santé, la qualité des aliments, la variété de l'offre alimentaire, l'environnement, le goût, la praticité, la culture, les croyances, l'accessibilité financière) et le poids respectif de chacun d'eux varie d'un individu à l'autre, dans l'espace et dans le temps. Au-delà du socle scientifique, il est donc primordial que les repères de consommations alimentaires qui seront proposés *in fine* aux consommateurs tiennent compte de toutes les données objectives liées à ces facteurs. Ainsi, les habitudes et les préférences alimentaires actuelles des consommateurs français seront intégrées à chaque fois que possible.

---

<sup>3</sup> Par la suite, les contaminants chimiques seront désignés sous le terme contaminants.

### 1.3.2 Approche et organisation de l'expertise

#### Approche retenue

Les précédents repères de consommations alimentaires ont été fondés sur l'analyse des types d'alimentation existants dans la population française. Les apports nutritionnels ont été estimés pour chacun des types d'alimentation observés et mis en regard des références nutritionnelles, ce qui a permis d'identifier celui permettant la meilleure couverture des besoins en nutriments ainsi que les nutriments limitant dans chacun des types d'alimentation. Avec cette méthode, l'adéquation des apports nutritionnels est estimée *a posteriori* sur un nombre restreint de types d'alimentation, ceux observés dans la population au moment de la réalisation des enquêtes de consommation. Si la préexistence du type d'alimentation retenu peut être considérée comme un avantage pour sa généralisation à l'ensemble de la population, cette approche ne permet pas de garantir l'adéquation des apports nutritionnels vis-à-vis de l'ensemble des repères de consommations alimentaires. Par ailleurs, l'évolution des comportements alimentaires rend nécessaire une actualisation régulière des types d'alimentation.

Aussi, le groupe de travail s'est orienté vers une approche considérant les besoins nutritionnels *a priori* pour la population française, cherchant ainsi à définir un type d'alimentation possiblement différent des types observés.

#### Questions traitées et découpage thématique

Une organisation en sous-groupes de travail parallèles a été adoptée afin de tenir compte d'une triple contrainte : appliquer les règles de déontologie (cf. 1.4), mettre en œuvre une grande diversité de compétences spécifiques indispensables à l'évaluation et optimiser la conduite de l'expertise. Un groupe de suivi, composé d'experts disposant de compétences transversales, a permis d'assurer la synthèse, la cohérence et la validité scientifique de l'expertise et d'être garant des travaux auprès du CES « Nutrition humaine ».

Pour l'établissement de repères de consommations alimentaires, l'EFSA préconise la réalisation de plusieurs volets d'expertise, qui doivent être adaptés aux spécificités de la population du pays considéré (notamment en termes de prévalence de maladies et de situation nutritionnelle) (EFSA 2010a), et visant à :

- caractériser les relations entre la consommation de certains aliments et les risques de maladies chroniques non transmissibles ;
- identifier les nutriments présentant un intérêt de santé publique (c'est-à-dire les nutriments pour lesquels il existe des risques d'insuffisance ou d'excès d'apports) ;
- identifier les aliments et groupes d'aliments vecteurs des nutriments d'intérêt et participant à la couverture des besoins ;
- caractériser les habitudes alimentaires de la population.

Pour cela, des groupes de travail thématiques ont été constitués adoptant des approches complémentaires selon plusieurs entrées : au niveau des nutriments, au niveau des aliments et au niveau du comportement alimentaire.



## i. Travaux thématiques portant sur les nutriments

### • **Groupe thématique 1 : Identification des références nutritionnelles**

Les objectifs de ce groupe thématique étaient :

- d'identifier les types de références nutritionnelles disponibles : besoin nutritionnel moyen, références nutritionnelles pour la population (anciennement nommées apports nutritionnels conseillés), apports satisfaisants, etc. ;
- de définir les références nutritionnelles à utiliser dans l'établissement des repères de consommations alimentaires pour la population française. Ces valeurs concernent les vitamines et minéraux et l'eau. Les macronutriments énergétiques (lipides et acides gras, protéines et acides aminés, glucides et osides, fibres) sont traités par un groupe de travail distinct, intitulé « équilibre entre les macronutriments ».

### • **Groupe thématique 2 : Biodisponibilité des micronutriments**

Les objectifs de ce groupe thématique étaient :

- d'étudier la biodisponibilité des nutriments en fonction de la matrice alimentaire dans laquelle ils sont présents, de leur forme chimique et du régime alimentaire global des individus ;
- le cas échéant, de pondérer les teneurs des aliments en nutriments en cas de biodisponibilité accrue ou limitée.

### • **Groupe thématique 3 : Nutriments d'intérêt pour les différents groupes de la population**

Les objectifs de ce groupe thématique étaient :

- de caractériser la situation nutritionnelle de la population, c'est-à-dire d'identifier les nutriments pour lesquels il existe des insuffisances ou des excès d'apports par rapport aux références nutritionnelles ;
- de caractériser le statut nutritionnel de la population à partir de mesures directes de biomarqueurs quand les données sont disponibles.

## ii. Travaux thématiques portant sur les aliments

### • **Groupe thématique 4 : Relations entre les groupes alimentaires et le risque de maladies chroniques**

L'objectif de ce groupe thématique était de confirmer ou non les liens entre les apports alimentaires (à l'échelle de groupes d'aliments) et le risque de maladies chroniques non transmissibles, sur la base des nouvelles données disponibles.

### • **Groupe thématique 5 : Catégorisation des aliments, définition des tailles de portions**

Les objectifs de ce groupe thématique étaient :

- de proposer une méthode de catégorisation des aliments qui serait utilisée pour l'expression des repères de consommations alimentaires.
- de définir des tailles de portions les plus représentatives possibles de celles des consommateurs français.

## iii. Cohérence globale de l'expertise

### • **Groupe de suivi :**

L'objectif de ce groupe de suivi était de veiller à l'articulation et à la cohérence des expertises réalisées par les différents groupes thématiques. Il a régulièrement suivi et

commenté les travaux réalisés, donnant lieu aux ajustements nécessaires au sein des thématiques.

Cette cohérence a également été assurée par le CES Nutrition humaine, lors des présentations régulières des méthodes de travail et de l'avancée des travaux.

### Auditions de personnalités compétentes et des parties prenantes

En plus des contributions scientifiques identifiées en début d'expertise, le groupe de travail a ponctuellement fait appel à des compétences spécifiques à chaque fois que nécessaire afin d'enrichir la discussion et tirer parti d'expériences ayant eu lieu dans d'autres pays. Ces contributions ont été réalisées sous forme d'auditions.

Plus précisément, nos questionnements ont porté sur le recueil de données dans des groupes de population (comme la population végétarienne<sup>4</sup>), sur les recherches conduites par les industriels sur leurs produits, sur les études relatives à la perception des repères par les consommateurs, sur la méthodologie adoptée pour évaluer la qualité de l'étude et la force de la preuve dans différents pays européens, et sur des travaux d'optimisation de rations par programmation linéaire.

Sur ces objectifs, ont été auditionnés : des personnalités scientifiques (ayant participé au projet Eurreca ou à des travaux d'optimisation à l'Inra), l'Institut national de l'alimentation de l'Université technique du Danemark (qui a travaillé récemment sur la problématique des repères de consommations alimentaires), l'Association française des diététiciens nutritionnistes (AFDN), des sociétés savantes (la société française de nutrition, SFN), ainsi que des industriels (en partenariat avec l'ANIA) et des associations de consommateurs (véganes, UFC-Que Choisir,...).

L'objectif de ces auditions est de consulter le plus largement possible les parties prenantes afin de faire remonter des informations de terrain et de formuler des questions spécifiques susceptibles de faire l'objet d'analyse par le collectif d'experts.

Ces auditions ont permis de faire progresser les réflexions du groupe de travail au sujet de la mise en œuvre de l'outil d'optimisation (voir partie ci-dessous), des comportements alimentaires, des typologies alimentaires, de la composition nutritionnelle de certains aliments et des moyens d'expression des quantités d'aliments consommées.

### Développement d'un outil d'optimisation des consommations alimentaires

Un outil informatique d'optimisation des consommations alimentaires a été développé. Il propose des combinaisons d'aliments qui permettent de répondre aux objectifs fixés, c'est-à-dire la couverture des besoins nutritionnels dans leur ensemble, la prévention des maladies chroniques non transmissibles et la minimisation des expositions aux contaminants de l'alimentation, tout en restant dans une gamme d'apports relativement proches des consommations actuelles.

Le développement de cet outil a été confié à un prestataire extérieur<sup>5</sup> spécialisé dans la modélisation mathématique de telles problématiques d'optimisation, sur la base d'un premier modèle préliminaire développé en interne.

Un groupe thématique « suivi de l'outil d'optimisation » a été constitué pour l'encadrement et le suivi de ces travaux. Il a été sollicité pour discuter les approches, valider le jeu de

---

<sup>4</sup> Les repères de consommations alimentaires pour cette population seront proposés ultérieurement

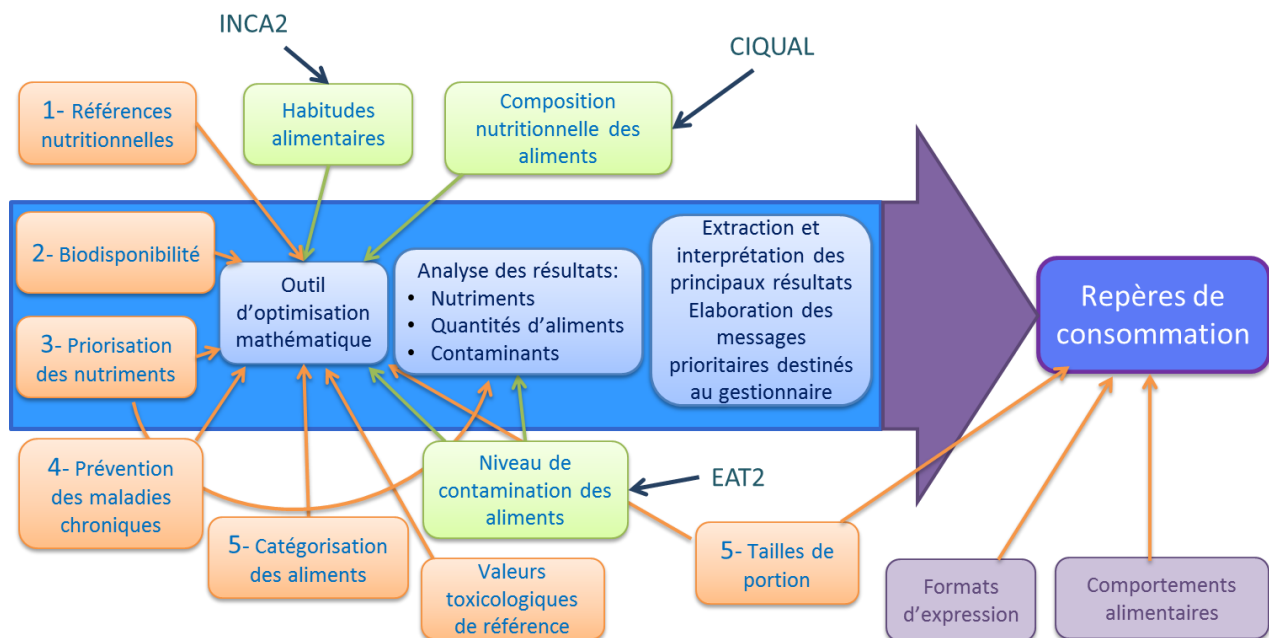
<sup>5</sup> Eurodécision (Versailles)

contraintes et les critères d'optimisation utilisés dans l'outil, pour suivre les étapes du travail d'optimisation ainsi que pour l'interprétation des solutions.

### Articulation de ces travaux pour la formulation des repères

D'autres éléments sont à prendre en compte pour la formulation des repères de consommations alimentaires. Notamment, afin de s'assurer de la bonne compréhension des repères, il convient d'identifier les moyens d'expression les plus clairs possibles pour exprimer les quantités d'aliments recommandées (comme par exemple la part de l'assiette, la poignée de main, le grammage) ainsi que les référentiels temporels les plus adaptés (c'est-à-dire définir s'il est plus compréhensible d'exprimer les repères par repas, journée ou semaine). Par ailleurs, les rythmes alimentaires, la structuration des repas et les contextes de consommation peuvent également influencer la santé. L'analyse de ces éléments pourrait compléter de manière intéressante le fonds scientifique présenté dans le présent avis.

La Figure 1 ci-dessous représente l'articulation de l'ensemble des travaux menés ou envisagés (dans le cas de l'étude des formats d'expression et des comportements alimentaires) par l'Agence pour l'élaboration des repères de consommations alimentaires.



**Figure 1. Articulation des travaux envisagée**

Les cadres verts représentent les données issues d'études (INCA2, EAT2) et de bases de données (CIQUAL) ; les cadres orange représentent les axes de réflexion du groupe de travail, les cadres bleus représentent les étapes du processus d'optimisation mathématique et son interprétation, les cadres violets représentent des éléments descriptifs et contextuels de la prise alimentaire à prendre en compte pour la formulation des repères de consommations alimentaires.

### 1.3.3 Modalités de restitution des travaux

Le présent rapport a pour objectif de présenter la démarche et les résultats d'optimisation qui permettront d'élaborer les repères de consommations alimentaires proposés pour la population des hommes et femmes adultes. Plus précisément, ces résultats concernent d'une part les hommes de 18 à 64 ans et d'autre part les femmes adultes non ménopausées (18 à 54 ans), pour tenir compte de leurs besoins physiologiques différents. Ces travaux d'optimisation pourront être déclinés par la suite pour différents groupes de population

(enfants et adolescent(e)s, personnes âgées, etc.). D'autres populations pourront être également étudiées, définies non pas sur la base de critères physiologiques (âge, sexe, etc.) mais à partir de comportements alimentaires (par exemple, préférences ou évictions de certains aliments, etc.).

Ce rapport rassemble ainsi, pour les hommes et les femmes adultes, les éléments scientifiques utiles à l'élaboration des repères auprès de la population. Seules des synthèses des méthodes de travail et des argumentaires sont ainsi présentées ici.

Compte tenu de l'étendue des travaux réalisés, ce rapport présente les conclusions des groupes thématiques qui ont directement participé à l'élaboration de la démarche et à la construction des résultats préliminaires. Il s'agit des travaux des groupes thématiques n°1, 4 et des travaux du groupe thématique 5 portant sur la catégorisation des aliments et la définition des tailles de portion, ainsi que les travaux du groupe « suivi de l'outil d'optimisation » (cf. chapitres correspondants).

En ce qui concerne les travaux du groupe thématique n°2 (*Biodisponibilité des micronutriments*), l'analyse des données réalisée n'a pas permis d'introduire des coefficients de biodisponibilité des nutriments en fonction de leur forme chimique, de la matrice qui les contient ou encore du régime alimentaire qui puissent être utilisés lors de l'optimisation. Bien souvent, les données ont été jugées trop parcellaires pour permettre de modifier les coefficients de biodisponibilité (par exemple, la biodisponibilité du calcium a été documentée dans de rares études qui portent sur un faible nombre d'aliments, pas toujours consommés en France, et aucune règle générale n'a pu être dégagée des quelques données rassemblées). Dans d'autres cas, les différences de biodisponibilité mises en évidence n'ont pas pu être traduites dans les travaux d'optimisation du fait du manque de données de composition (par exemple, bien que les phytates diminuent la biodisponibilité du zinc, il n'a pas été possible d'introduire un coefficient de biodisponibilité du zinc, compte tenu de l'absence de données de composition en phytates). Ainsi, la définition du besoin nutritionnel est estimée en considérant sa biodisponibilité globale dans les régimes couramment consommés par la population occidentale.

Les travaux du groupe thématique n°3 ont porté sur l'estimation des risques d'insuffisance ou d'excès d'apports nutritionnels pour la population française, dans le but de réfléchir sur la pertinence de favoriser prioritairement la couverture de certains nutriments. Ces estimations sont disponibles dans les avis de l'Anses pour les vitamines et minéraux (Anses 2015b) et pour les acides gras (Anses 2015a), à partir des données de l'étude INCA2 (Afssa 2009). Après une analyse de la validité des biomarqueurs du statut nutritionnel et de leurs méthodes de mesure, les prévalences de statut nutritionnel inadéquat ont été évaluées à partir de plusieurs études, dont l'Etude Nationale Nutrition Santé, ENNS (InVS 2006). La prise en compte de ces deux types de données (données d'apports nutritionnels et biomarqueurs du statut nutritionnel) a permis d'identifier plus précisément les nutriments pour lesquels il existe des risques patents d'insuffisance ou d'excès. Ces travaux ont donc permis de rendre compte de la situation nutritionnelle de différentes populations et pourront servir de base pour l'élaboration de mesures de santé publique spécifiques. Néanmoins, ils n'ont pas été utilisés directement lors des travaux d'optimisation car il a été choisi de considérer tous les nutriments de manière égale. En effet, il a été postulé que les repères de consommations alimentaires proposés devraient permettre de couvrir les besoins pour tous les nutriments, quel que soit le statut nutritionnel actuel de la population pour chacun des nutriments.

Les travaux conduits donnent lieu au présent rapport de synthèse et à l'avis correspondant (Anses 2017b). Ce rapport est complété par des documents spécifiques et thématiques :

- Avis relatif à la révision des références nutritionnelles en vitamines et minéraux pour la population générale adulte (thématique 1) (Anses 2017a) ;
- Rapport relatif à l'étude des relations entre consommation de groupes d'aliments et risque de maladies chroniques non transmissibles (thématique 4) (Anses 2017d) ;

- Rapport sur la contribution des macronutriments à l'apport énergétique (Anses 2017e) ;
- Avis (Anses 2017c) et rapport relatifs à l'établissement de recommandations d'apport en sucres ;
- Rapport relatif aux recommandations d'apports en fibres (Anses 2017f).

#### 1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts.

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont rendues publiques *via* le site internet de l'Anses ([www.anses.fr](http://www.anses.fr)).

L'adoption du présent rapport n'a pas fait l'objet de point de vue divergent à l'exception de la référence nutritionnelle pour la vitamine C chez les femmes et pour le magnésium (**Annexe 2**).

## 2 Définir les références nutritionnelles

### 2.1 Distinction des différents types de références nutritionnelles

Les définitions des termes utilisés en nutrition ont varié selon les auteurs et au cours du temps. Concernant le « besoin nutritionnel », la définition est, par principe, très large : **le besoin nutritionnel est la quantité minimale d'un nutriment devant être consommée par un individu pour sa bonne santé.** Cette définition est dans l'esprit de celle de la FAO (WHO/FAO 2004) ou de l'Afssa (Afssa 2001), mais sa formulation simple et la référence au terme large de « santé » permet d'intégrer l'ensemble des rôles dans une perspective de nutrition optimale : cela recouvre les rôles classiques dévolus aux nutriments, relatifs à leur essentialité, leur utilisation métabolique, mais aussi leurs répercussions physiologiques, ou encore leurs implications éventuelles dans des phénomènes physiopathologiques à long terme. Cette définition est conforme aux autres définitions larges qui ont pu être proposées, notamment par l'OMS (WHO/FAO 2003), qui a défini le besoin nutritionnel (d'un micronutriment) comme « le niveau d'apport qui satisfait un critère d'adéquation, diminuant ainsi le risque d'insuffisance ou d'excès d'apport ».

L'évaluation pratique dépend aussi de la méthode utilisée, avec deux approches assez disjointes : l'approche expérimentale, consistant à affecter à des individus des niveaux d'apports pour étudier les répercussions sur les critères d'adéquation, et l'approche observationnelle (aussi qualifiée d'« épidémiologique ») qui consiste en une observation en situation réelle des relations entre apport et satisfaction du critère.

Ainsi, les termes relatifs aux références nutritionnelles, c'est-à-dire le Besoin nutritionnel moyen (BNM), la Référence nutritionnelle de population (RNP), l'Apport satisfaisant (AS) sont essentiellement définis par les approches qui sont mises en œuvre. Sont également utilisés des Intervalles de référence (IR) et des Limites supérieures de sécurité (LSS). Pour ces termes, sont proposées les définitions et les démarches suivantes :

**Besoin nutritionnel moyen (BNM) : c'est le besoin moyen au sein de la population, tel qu'estimé à partir de données individuelles d'apport en relation avec un critère d'adéquation nutritionnelle lors d'études expérimentales.**

Ces données sont souvent obtenues sur un nombre faible d'individus. Les études expérimentales sont conduites à plusieurs niveaux d'apports. Les critères utilisés sont souvent des critères de bilan en nutriment, ou de renouvellement métabolique, de modification de l'état des réserves, ou des marqueurs des fonctions associées au nutriment lors d'études de déplétion-réplétion. Dans certaines situations physiologiques (croissance, grossesse), le besoin peut être calculé par la méthode factorielle sur la base des critères précédemment décrits et en tenant compte de composantes supplémentaires liées à ces situations.

**Référence nutritionnelle de population (RNP) : c'est l'apport qui couvre le besoin de presque toute la population considérée, tel qu'estimé à partir des données expérimentales.**

La RNP est calculée à partir de l'estimation des paramètres de la distribution du besoin. Le plus souvent la RNP est estimée à partir du BNM auquel on ajoute deux écart-types, pour déterminer ainsi l'apport qui couvre le besoin de 97,5 % de la population. Par exemple, pour un écart-type de 15 %, la RNP vaut 1,3 fois le BNM.

Cette définition est consensuelle dans le monde. Elle correspond à celle de l'ancien terme « apport nutritionnel conseillé », ANC, qui était également utilisé par extension pour différents types de références nutritionnelles. Dans un souci de clarté, le terme d'ANC a été



abandonné au profit de RNP et de deux nouveaux types de références nutritionnelles : l'apport satisfaisant et l'intervalle de référence.

**L'Apport satisfaisant (AS) est défini comme l'apport moyen d'une population ou d'un sous-groupe pour lesquels le statut nutritionnel est jugé satisfaisant.**

L'AS est la référence nutritionnelle retenue :

- quand le BNM et donc la RNP ne peuvent pas être estimés faute de données suffisantes, ce qui correspond à la définition de l'«adequate intake (AI)» ;
- ou quand la valeur de RNP peut être estimée mais n'est pas jugée satisfaisante au regard d'observations de population à long terme établissant que cette RNP ne permet pas de satisfaire des critères de santé qui seraient plus pertinents que les critères utilisés pour estimer le BNM. Ainsi, contrairement à l'AI, l'AS n'est pas seulement envisagé comme substitut de la RNP dans le cas où on ne pourrait pas le calculer. Cette définition tient compte aussi du fait qu'on dispose de plus en plus de données concernant les relations entre l'apport et la modulation du risque de pathologie à long terme.

Les données utilisées pour estimer le statut nutritionnel sont souvent obtenues par des études d'observation mais proviennent parfois d'études expérimentales. Les critères peuvent relever de critères cliniques (par ex. la vitesse de croissance), métaboliques (par ex. la concentration normale ou souhaitable de nutriments ou de métabolites indicateurs), ou physiologiques (par ex. les potentiels évoqués visuels) et peuvent prendre en compte directement ou indirectement le risque de pathologie à long terme.

**L'Intervalle de référence (IR) est défini comme un intervalle d'apports considérés comme satisfaisants pour le maintien de la population en bonne santé.**

Il s'agit d'une référence nutritionnelle spécifique aux macronutriments énergétiques, exprimée en pourcentage de l'apport énergétique total.

**La Limite supérieure de sécurité (LSS) se définit comme l'apport journalier chronique maximal d'une vitamine ou d'un minéral considéré comme peu susceptible de présenter un risque d'effets indésirables sur la santé de toute la population.**

Cette limite est estimée par une évaluation des risques, c'est-à-dire une identification puis une caractérisation du risque (WHO/FAO 1995, IOM 1998b, 2000b, EFSA 2000).

## 2.2 Identification des références nutritionnelles en vitamines et minéraux

### 2.2.1 Contexte

Par le passé, les notions de référence nutritionnelle et valeurs de repères de consommations alimentaires ont été confondues en nutrition. A présent, la plupart des agences et organismes chargés de définir des références nutritionnelles séparent ces deux notions et distinguent ainsi deux étapes, formalisées par l'EFSA (EFSA 2010a) :

- l'établissement de références nutritionnelles, considérant uniquement les relations entre la consommation d'un nutriment et la santé ;
- l'établissement des objectifs nutritionnels et des repères de consommations alimentaires qui découlent de ces références nutritionnelles, pour une population donnée dans un contexte donné. Ces repères de consommations alimentaires doivent prendre en compte de façon explicite d'autres critères tels que la faisabilité,

les habitudes alimentaires, les considérations socioéconomiques ou environnementales.

En France, les références nutritionnelles pour les vitamines et minéraux utilisées à ce jour sont celles disponibles dans l'ouvrage de 2001 sur les apports nutritionnels conseillés (Afssa 2001). Cependant, de nombreuses données ont été publiées depuis lors et une mise à jour était absolument nécessaire.

## 2.2.2 Objectifs

Les objectifs de ce travail sont :

- d'identifier les références nutritionnelles disponibles dans les différentes agences et organismes chargés de les définir et de les caractériser ;
- de définir les références nutritionnelles à utiliser dans l'établissement des repères de consommations alimentaires pour la population française, notamment dans l'étape d'optimisation.

## 2.2.3 Démarche générale

Il a été choisi de mettre en regard, de manière systématique, les valeurs de référence pour les vitamines et minéraux proposées par les rapports et avis internationaux issus des organismes suivants :

- Organisation Mondiale de la Santé (WHO/FAO 2004, WHO 2012a, b) ;
- European Food Safety Agency (avis publiés depuis 2013) ;
- Institute of Medicine<sup>6</sup> (IOM 2001, 2000b, 1998b) ;
- the Nordic Council of Ministers (NCM 2014) ;
- Coopération Allemagne – Autriche - Suisse (D-A-CH 2015) ;
- Australian National Health and Medical Research Council - New Zealand Ministry of Health (NHMRC-MoH 2006).

Ces rapports ont été choisis car issus d'instances internationales (OMS, EFSA, NCM, D-A-CH, NHMRC-MoH) ou nationales (IOM) concernant des populations suivant un régime de type occidental et récemment publiés.

Cependant, l'Efsa a entrepris depuis 2010 une réévaluation complète des références nutritionnelles. En conséquence, l'Anses a choisi de prendre en considération en priorité les valeurs de référence proposées par l'Efsa, en les adaptant si besoin et sur des considérations explicites, aux conditions précises concernant la population française. Seuls les avis de l'Efsa publiés ou à défaut ceux mis en consultation publique avant le 1<sup>er</sup> juillet 2015 ont été considérés ici. Pour fixer les références nutritionnelles, l'arbre de décision présenté ci-dessous a été suivi :

### ✓ Existence d'une évaluation par l'Efsa :

- **Le Panel Efsa propose un BNM et une RNP** : la valeur, après analyse de la démarche suivie par l'Efsa et mise en regard de la situation française, peut être endossée sauf si des objections fortes sont soulevées, auquel cas un nouvel argumentaire est développé pour appuyer la proposition de révision de la valeur proposée par l'Efsa ;
- **Le Panel Efsa propose un AS** :

---

<sup>6</sup> Le 15 mars 2016, l'IOM a changé de nom et s'appelle désormais l'HMD (Health and Medicine Division).

- ✓ sur la base de données de marqueurs ou d'études épidémiologiques : la valeur, après analyse de la démarche suivie par l'Efsa et mise en regard de la situation française, peut être retenue ;
- ✓ sur la base d'une moyenne de consommation observée au niveau européen. Dans ce cas, le principe et la démarche suivie sont pris en compte mais seule est retenue une valeur issue de la moyenne de consommation française<sup>7</sup> (hors consommation de compléments alimentaires) pour chaque population, incluant les possibles sous-déclarants ;
- ✓ Absence d'évaluation par l'Efsa : le choix de la référence nutritionnelle se fait à partir des références nutritionnelles des différents rapports et avis cités ci-dessus, au cas par cas, avec l'appui, au besoin, de nouvelles données bibliographiques.

En ce qui concerne les valeurs de référence relatives aux excès d'apport, les LSS fixées au niveau européen par le Scientific Committee on Food (SCF), endossées par l'EFSA en 2006 et actualisées dans les avis de l'Efsa sur chaque vitamine et minéral publiés depuis 2013.

#### 2.2.4 Limites du travail

Le groupe de travail a focalisé dans un premier temps sa réflexion sur la population adulte, à partir de 18 ans. Les populations spécifiques (les personnes âgées, enfants, femmes enceintes et allaitantes, ainsi que les personnes à apport faible en produits d'origine animale, végétariens) seront considérées dans un second temps.

Par ailleurs, le travail présenté ici ne concerne que les vitamines et minéraux dont les références nutritionnelles ont été intégrées comme contraintes dans l'outil d'optimisation des consommations alimentaires. Sont ainsi exclus les minéraux et vitamines pour lesquels nous ne disposons pas de données de composition, c'est-à-dire la vitamine B8, le chrome, le molybdène, et la vitamine K. Le  $\beta$ -carotène n'a pas été introduit en tant que tel dans l'outil d'optimisation mais a été comptabilisé en équivalent rétinol et inclus aux apports totaux en vitamine A. La mise à jour des références nutritionnelles pour ces derniers suivra ultérieurement.

Enfin, si la révision des références nutritionnelles a été commandée par le besoin de les utiliser pour établir des repères de consommation, ce travail de définition des références nutritionnelles a été réalisé de manière indépendante. Ainsi, l'utilisation de ces références nutritionnelles dans l'outil d'optimisation des consommations alimentaires sera détaillée dans la partie 5.4.2.

#### 2.2.5 Références nutritionnelles retenues

##### La vitamine A

Le terme vitamine A regroupe le rétinol libre et estérifié présent dans l'alimentation ainsi que ses métabolites produits dans l'organisme et responsables de son activité biologique (rétinol et acides rétinoïques) ainsi que les caroténoïdes pro-vitaminiques ( $\beta$ -carotène,  $\alpha$ -carotène et  $\beta$ -cryptoxanthine). Afin de tenir compte de la conversion incomplète des caroténoïdes pro-vitaminiques en rétinol, l'activité vitaminique de ces composés est exprimée en équivalent rétinol (ER) selon les formules suivantes :

$$1 \mu\text{g rétinol} = 1 \mu\text{g ER}$$

---

<sup>7</sup> Données issues de l'étude INCA2 pour la population des hommes de 18 à 64 ans et des femmes de 18 à 54 ans (ref INCA2)

1 µg β-carotène = 1/12 µg ER

Ce coefficient de 1/12 correspond à une valeur moyenne proposée par l'IOM pour un régime de type occidental et une population avec des réserves satisfaisantes en vitamine A (IOM 2001).

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 1)*

L'Afssa (2001) a estimé le BNM sur la base des résultats d'une étude de déplétion-réplétion (Hume and Krebs 1949) ainsi que sur les résultats du suivi d'une dose traçante de vitamine A (Sauberlich *et al.* 1974). Une référence populationnelle de 800 µg ER/j a été proposée en tenant compte d'un coefficient de variation inter-individuelle de 15 % et en arrondissant à la centaine supérieure.

Le D-A-CH a proposé un BNM de 600 µg ER/j en considérant les résultats d'études expérimentales et l'application d'un coefficient de variation de 30 %, ce qui conduit à une RNP de 1000 µg ER/j (D-A-CH 2015).

L'IOM a estimé le BNM comme l'apport permettant le maintien des réserves hépatiques minimales adéquates en rétinol (20 µg/g de foie) (Olson 1987), calculé sur la base d'études estimant les quantités totales de rétinol par dilution isotopique chez des sujets sains. A partir de ce besoin moyen estimé à 625 µg ER/j pour un homme de 76 kg et 500 µg/j pour une femme de 61 kg, les références populationnelles ont été proposées sur la base d'un coefficient de variation du besoin de 20 % (IOM 2001). Cette même démarche est reprise par l'Australie et la Nouvelle-Zélande (NHMRC-MoH 2006) ainsi que par les pays nordiques lors de la mise à jour des NNR en 2012 (NCM 2014).

L'OMS a fixé un besoin moyen c'est-à-dire un apport journalier nécessaire pour prévenir la xérophtalmie, à 4-5 µg/kg de poids corporel, soit 300 µg ER/j pour les hommes et 270 µg ER/j pour les femmes, sur la base de l'étude de (Sauberlich *et al.* 1974). Un apport recommandé de 500 µg ER/j pour les femmes et de 600 µg ER/j pour les hommes est proposé sur la base de l'approche d'Olson (Olson 1987) et en considérant un coefficient de variation de 20 % (WHO/FAO 2004).

L'Efsa a utilisé la même approche que l'IOM pour estimer le BNM en vitamine A, mais en appliquant les poids médians européens calculés pour des hommes et femmes ayant un indice de masse corporelle (IMC) de 22 kg.m<sup>-2</sup> (EFSA 2015d). En appliquant un coefficient de variation du besoin de 15 %, les références nutritionnelles pour la population proposées par l'Efsa sont de 750 µg/j chez l'homme et 650 µg/j chez la femme.

**Tableau 1. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine A (µg ER/j)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA (2015)	IOM <sup>a</sup> (2001)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
âge	20-65	+ de 19	+ de 18	19-+70	19-65	+ de 18	19-65
BNM	600	600	570	625	625	600	ND
Référence populationnelle	800	1000	750	900	900	900	600*
<b>Femmes</b>							
âge	20-54	19-50	+ de 18	19-50	19-50	+ de 18	19-50
BNM	600	600	490	500	500	500	ND
Référence populationnelle	800	800	650	700	700	700	500*

<sup>a</sup> Exprimé en µg d'équivalent d'activité rétinolique (RAE)

\*Apport satisfaisant

ND : non défini

*Conclusion*

La démarche de l'Efsa a été adoptée. Ainsi, les références nutritionnelles retenues sont rappelées ci-dessous :

- Hommes de +18 ans :  
BNM : 570 µg ER/j  
RNP : 750 µg ER/j
- Femmes de +18 ans :  
BNM : 490 µg ER/j  
RNP : 650 µg ER/j

En ce qui concerne les risques d'excès d'apports, l'Efsa confirme la limite supérieure de sécurité de 3 mg/j fixé par le SCF (EFSA 2006), essentiellement pour des considérations d'effets hépatotoxiques et tératogènes (EFSA 2015d).

## La vitamine B1

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 2)*

En 2001, l'Afssa a considéré un faisceau d'arguments, cliniques, épidémiologiques et biologiques pour proposer un apport recommandé en vitamine B1 de 0,14 mg/MJ chez l'homme et la femme.

Les recommandations des pays nordiques (NCM 2014) sont les mêmes que celles de 2004. Ils ont estimé qu'il n'y avait pas d'études justifiant une révision des recommandations. Ils font référence à des études indiquant une normalisation de l'excrétion urinaire de thiamine et des coefficients d'activité transcétolase érythrocytaire à des niveaux d'apports de 0,07-0,08 mg/MJ (0,30-0,33 mg/1000 kcal).

L'IOM fonde son estimation du BNM sur une étude de déplétion/réplétion, montrant qu'un apport de 1 mg/j (0,07 mg/MJ) est suffisant pour couvrir le besoin sur la base de l'excrétion urinaire de thiamine et du maintien d'une activité transcétolase érythrocytaire normale chez l'homme (Sauberlich *et al.* 1979, IOM 1998a). L'OMS (WHO/FAO 2004) quant à elle base ses recommandations sur une autre étude de déplétion/réplétion où seule l'activité transcétolase érythrocytaire était considérée (Anderson and Nicol 1986).

Les pays germanophones (D-A-CH 2015) s'appuient sur des études de bilan pour fixer leurs références nutritionnelles. Ils distinguent la population masculine en deux sous-groupes : les adultes de moins de 25 ans et ceux de plus de 25 ans.

**Tableau 2. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine B1 (mg/j sauf indication contraire)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA	IOM (1998)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
âge	20-65	19-25 25-65	+ de 18	19-70	19-65	18-74	19-65
BNM	ND	ND	-	1,0	1,0	0,10 mg/MJ Soit 1,2 <sup>#</sup>	ND
Référence populationnelle	0,14 mg/MJ Soit 1,5 <sup>+</sup>	1,3* 1,2*	-	1,2	1,2	0,12 mg/MJ Soit 1,4 <sup>#</sup>	1,2*
<b>Femmes</b>							
âge	20-54	+ de 19	+ de 18	19-50	19-50	18-74	19-50
BNM	ND	ND	-	0,9	0,9	0,10 mg/MJ Soit 0,9 <sup>#</sup>	ND
Référence populationnelle	0,14 mg/MJ Soit 1,2 <sup>+</sup>	1,0*	-	1,1	1,1	0,12 mg/MJ Soit 1,1 <sup>#</sup>	1,1*

\* Apport satisfaisant

# Estimation sur la base d'un besoin énergétique compris entre 11 et 11,7 MJ pour les hommes et entre 8,8 et 9,4 MJ pour les femmes, selon les tranches d'âges (18-30 ans et 31-60 ans) et pour un NAP = 1,6.

+ Estimation à titre indicatif sur la base d'un apport énergétique de 2600 kcal (10,9 MJ) pour les hommes et 2100 kcal (8,8 MJ) pour les femmes, d'après l'estimation des besoins énergétiques dans la population INCA2.

ND : non défini

### Conclusion

En l'absence de valeurs de référence proposées par l'EFSA et compte tenu du caractère similaire des valeurs proposées par les différentes instances considérées, les valeurs de référence relatives à l'apport énergétique telles que proposées en 2001 par l'Afssa sont retenues et rappelées ci-dessous :

- Hommes de +18 ans :  
AS: 0,14 mg/MJ/j soit 1,5 mg/j
- Femmes de +18 ans :  
AS: 0,14 mg/MJ/j soit 1,2 mg/j

Compte tenu des données disponibles et de la faible toxicité observée à forte dose, aucune limite de sécurité pour la vitamine B1 n'a pu être établie par l'EFSA (2006).

### La vitamine B2

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 3)*

Les besoins et apports recommandés en vitamine B2 (riboflavine) sont souvent rapportés à l'énergie ingérée, en raison du rôle de cette vitamine dans le métabolisme énergétique.

L'Afssa, en 2001, a considéré que les données disponibles ne permettaient pas de proposer un BNM pour la vitamine B2. L'ANC proposé reprend la recommandation plus ancienne et l'ajuste à l'apport énergétique recommandé en 2001.

Dans les recommandations des pays nordiques (NCM 2014), le BNM avait été estimé à 0,12 mg/MJ sur la base d'études évaluant le statut en riboflavine par la mesure de son excrétion urinaire et par la mesure de l'activation de la glutathion réductase érythrocytaire (EGR) par la riboflavine. Le BNM a été fixé à 0,12 mg/MJ et la RNP à 0,14 mg/MJ.

L'IOM a également utilisé des études examinant ces deux critères pour proposer un besoin moyen de 1,1 mg/j chez l'homme et 0,9 mg/j chez la femme, avec les références qui en dérivent pour la population (IOM 1998a). Ces estimations ont été reprises intégralement par l'Australie et la Nouvelle-Zélande (NHMRC-MoH 2006).

**Tableau 3. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine B2 (mg/j sauf indication contraire)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA	IOM (1998)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
âge	20-65	19-51 + de 51	+ de 18	19-+70	19-65	+ de 18	19-65
BNM	ND	ND	-	1,1	1,1	0,12 mg/MJ Soit 1,4	ND
Référence populationnelle	0,17 mg/MJ Soit 1,8* <sup>+</sup>	0,14 mg/MJ* Soit entre 1,4 et 1,3	-	1,3	1,3	0,14 mg/MJ Soit 1,7 <sup>#</sup>	1,3*
<b>Femmes</b>							
âge	20-54	19-51 + de 51	+ de 18	19-50	19-50	+ 18	19-50
BNM	ND	ND	-	0,9	0,9	0,12 mg/MJ	ND
Référence populationnelle	0,17 mg/MJ Soit 1,5* <sup>+</sup>	0,14 mg/MJ* Soit entre 1,1 et 1,0	-	1,1	1,1	0,14 mg/MJ Soit 1,3 <sup>#</sup>	1,1*

\* Apport satisfaisant



# ou bien pour un NAP observé dans la population égal à 1,6, entre 1,5 et 1,6 mg/j pour les hommes dont le besoin énergétique est compris entre 11 et 11,7 MJ et entre 1,2 et 1,4 mg/j pour les femmes dont le besoin énergétique est compris entre 8,8 et 9,4 MJ, selon les tranches d'âges (18-30 ans et 31-60 ans).

+ Estimation à titre indicatif sur la base d'un apport énergétique de 2600 kcal (10,9 MJ) pour les hommes et 2100 kcal (8,8 MJ) pour les femmes, d'après l'estimation des besoins énergétiques dans la population INCA2.

ND : non défini

Les pays germanophones (D-A-CH, 2015) fondent leurs recommandations uniquement sur la mesure de l'activation de l'EGR. Ils ont proposé des valeurs sur la base d'un niveau d'activité physique (NAP) de 1,4 et d'un apport énergétique variant de 1700 à 1900 kcal selon les tranches d'âge pour les femmes et compris entre 2200 et 2400 kcal selon les tranches d'âge pour les hommes. Une approche similaire fondée sur la mesure de l'activation de l'EGR a été utilisée par l'OMS (WHO/FAO 2004).

### Conclusion

En l'absence de valeurs de référence proposées par l'EFSA et compte tenu du caractère très similaire des valeurs proposées par les différentes instances considérées, l'estimation relative à l'apport énergétique proposée en 2001 par l'Afssa est retenue et rappelée ci-dessous:

➤ Hommes de +18 ans :

AS: 0,17 mg/MJ/j soit 1,8 mg/j

➤ Femmes de +18 ans :

AS: 0,17 mg/MJ/j soit 1,5 mg/j

Compte tenu des données disponibles et de la faible toxicité observée à forte dose, aucune limite supérieure de sécurité pour la vitamine B2 n'a pu être proposée par l'EFSA (2006).

### La vitamine B3

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 4)*

La vitamine B3 regroupe l'acide nicotinique et le nicotinamide (niacine préformée provenant de l'alimentation). Elle peut être synthétisée par le foie à partir du tryptophane. On exprime l'apport en vitamine B3 en équivalent niacine (EN) à partir des teneurs en niacine préformée (1 mg niacine = 1 mg EN) et en tryptophane (1 mg EN = 60 mg tryptophane) des aliments. Du fait du rôle de la vitamine B3 dans le métabolisme énergétique et protéique, les besoins et recommandations sont fréquemment exprimés en mg EN/MJ.

En 2001, l'estimation des besoins en vitamine B3 par l'Afssa s'est appuyée sur les résultats d'études de déplétion-réplétion chez l'homme sain évaluant les apports minimaux en niacine préformée ou en tryptophane permettant de prévenir l'apparition d'une carence (pellagre) ou de restaurer une excrétion urinaire normale de deux métabolites méthylés du nicotinamide. Le BNM a été fixé à 1,08 mg/MJ et l'apport recommandé à 1,2 mg/MJ.

L'IOM a considéré que l'excrétion urinaire de N-méthylnicotinamide (NMN) était le meilleur marqueur pour définir le BNM. Les résultats de quatre études expérimentales suggèrent qu'une excrétion urinaire de NMN de 1 mg/j reflète un niveau d'apport en EN supérieur à celui entraînant l'apparition d'une carence. Cet apport estimé à 1,3 mg EN/MJ (ou 11,6 mg EN/j chez l'homme) correspond au BNM à partir duquel a été dérivée une recommandation nutritionnelle pour la population (IOM 1998a). Un raisonnement similaire a été appliqué par l'OMS (2004), le D-A-CH (2015) et le NCM (2014).

Selon l'Efsa, il n'y a pas de signe de déficience en niacine chez les sujets dont le régime contient au moins approximativement 1 mg EN/MJ sans fournir moins de 8,4 MJ/j (2000 kcal/j) (EFSA 2014f). Des régimes fournissant au moins 1,3 mg EN/MJ/j se sont avérés suffisants pour prévenir une déplétion et maintenir les réserves corporelles de niacine, comme indiqué par la brutale augmentation de l'excrétion des métabolites de la niacine au-dessus de ce niveau d'ingestion. Cette valeur de 1,3 mg EN/MJ/j a été retenue comme BNM

et la référence nutritionnelle pour la population établie sur la base d'un coefficient de variation du besoin de 10 %.

**Tableau 4. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine B3 (mg EN/MJ)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA (2014)	IOM (2002)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
<i>âge</i>	<i>20-65</i>	<i>19 – 65</i>	<i>+ de 18</i>	<i>19-70</i>	<i>19-65</i>	<i>+ de 18</i>	<i>19-65</i>
<i>BNM</i>	1,08	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	ND
<i>Référence populationnelle</i>	1,2	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,3**
<b>Femmes</b>							
<i>âge</i>	<i>20-54</i>	<i>19-65</i>	<i>+ de 18</i>	<i>19-50</i>	<i>19-50</i>	<i>+ 18</i>	<i>19-50</i>
<i>BNM</i>	1,08	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	ND
<i>Référence populationnelle</i>	1,2	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,3**

\*\* Apport inférieur de sécurité

ND : Non défini

EN : Equivalent niacine (1 mg niacine = 1 mg NE = 60 mg de tryptophane)

### Conclusion

Le GT a choisi de retenir les références nutritionnelles rapportées à l'énergie fixées par l'Efsa, qui sont du même ordre de grandeur que celles proposées par les autres organisations. A titre indicatif, une estimation en valeur absolue a été calculée sur la base d'un apport énergétique total de 2600 kcal (10,9 MJ) pour les hommes et 2100 kcal (8,8 MJ) pour les femmes, d'après l'estimation des besoins énergétiques dans la population INCA2 et est présentée ci-dessous:

➤ Hommes de +18 ans :

BNM : 1,3 mg EN/MJ, soit 14,4 mg/j

RNP : 1,6 mg EN/MJ, soit 17,4 mg/j

➤ Femmes de +18 ans :

BNM : 1,3 mg EN /MJ, soit 11,4 mg/j

RNP : 1,6 mg EN /MJ, soit 14 mg/j

Pour l'Efsa, la limite supérieure de sécurité pour l'acide nicotinique libre est de 10 mg/j et la LSS pour le nicotinamide est de 900 mg/j pour les adultes (EFSA 2014f). Ces valeurs étaient celles adoptées par l'Efsa en 2006. Il est à noter que ces deux formes d'apports ne sont pas distinguées dans les tables de composition nutritionnelle. Cela soulève la question de l'opportunité de proposer une distinction dans les tables de composition.

### La vitamine B5

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 5)*

A ce jour, toutes les agences nationales et internationales ont conclu que les données étaient insuffisantes pour établir un BNM pour la vitamine B5. En 2001, l'Afssa avait fixé l'ANC, en le déterminant comme un AS, à 5 mg/j chez l'adulte, sur la base de l'apport moyen de la population nord-américaine réputée en bonne santé (Tarr *et al.* 1981).

L'apport satisfaisant proposé par l'IOM (IOM 1998a) et repris par l'OMS a été fixé d'après les mêmes observations (WHO/FAO 2004).

Le D-A-CH (2015) et le NHMRC (2006) s'appuient également sur des consommations observées pour proposer un apport satisfaisant.

Le NCM a considéré que les éléments étaient insuffisants pour retenir une valeur (NCM 2014).

Dans son avis de 2014, l'Efsa estime qu'il n'y a pas de biomarqueurs adéquats pour définir un BNM et propose un AS pour tous les groupes de population, basé sur la moyenne des consommations observées dans différentes enquêtes nationales de consommation réalisées dans l'UE, en l'absence de données suggérant que cet apport pourrait être insuffisant. Cette consommation moyenne varie selon les pays de 3,2 à 5,3 mg/j et de 4,0 à 6,8 mg/j chez les femmes et les hommes de moins de 65 ans, respectivement (EFSA 2014g).

**Tableau 5. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine B5 (mg/j)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA (2014)	IOM (2002)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
<i>âge</i>	20-65	+ de 19	+ de 18	19-70	19-65	+ de 18	19-65
<i>BNM</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Référence populationnelle*</i>	5	6	5	5	6	ND	5
<b>Femmes</b>							
<i>âge</i>	20-54	19-50	+ de 18	19-50	19-50	+ 18	19-50
<i>BNM</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Référence populationnelle*</i>	5	6	5	5	4	ND	5

\* Apport satisfaisant

ND : Non défini

### Conclusion

La démarche de l'EFSA est retenue et un apport satisfaisant est défini à partir de la valeur moyenne de la consommation de la population française (étude INCA2) hors compléments alimentaires, à savoir:

- Hommes de +18 ans :  
AS : 5,8 mg/j
- Femmes de +18 ans :  
AS : 4,7 mg/j

Compte tenu des données disponibles, l'EFSA n'a pas proposé de limite supérieure de sécurité pour la vitamine B5 (EFSA 2014g). Des apports excédant très largement les niveaux de consommation généralement observés ne semblent pas poser de problème de sécurité pour la population (EFSA, 2006).

### La vitamine B6

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 6)*

Pour établir ses ANC, l'Afssa s'est appuyée sur la concentration plasmatique du phosphate de pyridoxal (PLP) qui apparaît comme le meilleur indicateur du statut en vitamine B6. L'Afssa a retenu un seuil de concentration plasmatique de 30 nmol/L proposé par Leklem (Leklem 1990) et correspondant à un risque extrêmement faible de présenter une carence. A partir des données de l'étude SU.VI.MAX, une référence nutritionnelle a été calculée sur la base des apports permettant d'atteindre ce seuil de 30 nmol/L et compte tenu de la variabilité du besoin.

L'IOM en 1998 a fixé le BNM d'après l'apport permettant de maintenir une concentration plasmatique en PLP au moins égale à 20 nmol/L dans des études de déplétion-réplétion, considérant que les études ne rapportent pas d'effet clinique délétère pour des

concentrations inférieures à 15 nmol/L. Ceci explique des besoins et recommandations un peu plus bas que ceux proposés par l'Afssa.

Les valeurs proposées par l'OMS (2004) et le NCM (2014) s'appuient également sur ces résultats.

**Tableau 6. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine B6 (mg/j)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA	IOM (1998)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
âge	20-65	19-65		19-50 50-70	19-50 51-70	18-60	19-50 + de 50
BNM	ND	-	-	1,1 1,4	1,1 1,4	1,3	-
Référence populationnelle*	1,8*	1,5	-	1,3 1,7	1,3 1,7	1,5	1,3* 1,7*
<b>Femmes</b>							
âge	20-54	19-65		19-50 50-70	19-50 51-70	18-60	19-50 + de 50
BNM	ND	-	-	1,1 1,3	1,1 1,3	1,1	-
Référence populationnelle*	1,5*	1,2	-	1,3 1,5	1,3 1,5	1,2	1,3* 1,5*

\*Apport satisfaisant  
ND : Non défini

### Conclusion

La valeur définie par l'Afssa en 2001, proche des valeurs proposées par l'IOM et les autres agences a été retenue. Le fait que la valeur est légèrement supérieure pourrait correspondre à la satisfaction d'autres critères qui n'ont pas été directement pris en compte, comme une limitation de sa contribution à l'augmentation de l'homocystéinémie et du possible risque associé.

L'apport satisfaisant est rappelé ci-dessous :

- Hommes de +18 ans :  
AS : 1,8 mg/j
- Femmes de +18 ans :  
AS : 1,5 mg/j

Compte tenu des données disponibles, l'Efsa a considéré a proposé une limite maximale de consommation pour les adultes à 25 mg/j (EFSA 2006).

### La vitamine B9

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 7).*

L'acide folique est plus stable que les folates et présente une meilleure biodisponibilité, qui peut atteindre 85 %, tandis que celle des folates naturels est de l'ordre de 50 %.

Pour tenir compte de cette différence de biodisponibilité, la notion d'équivalents folates alimentaires (EFA) est utilisée. Ainsi, 1 µg d'EFA équivaut à 1 µg de folates alimentaires et à 0,6 µg d'acide folique.

Le D-A-CH (2015) a considéré qu'un apport quotidien de 200 µg EFA était suffisant pour atteindre au moins des concentrations plasmatiques et érythrocytaires en folates de 10 et 340 nmol/L respectivement, jugées satisfaisantes. Considérant que les méthodes de

dosages sous-estiment les teneurs en folates des aliments, le BNM a été fixé à 220 µg/j, et la RNP à 300 µg/j sur la base d'un coefficient de variation du besoin de 15 %.

L'IOM s'est appuyé sur les concentrations de deux marqueurs biologiques, les folates plasmatiques et l'homocystéinémie, pour fixer un BNM sur la base d'études d'intervention ayant caractérisé la relation entre apport en folates et ces marqueurs (IOM 1998a). Ce BNM a été fixé à 320 µg/j et la référence pour la population à 400 µg/j en tenant compte d'un coefficient de variation du besoin estimé à 10 %.

Cette démarche et les valeurs de référence qui en découlent ont été reprises intégralement par l'OMS (2004) et le NHMRC (2006).

Le NCM a estimé un BNM de 200 µg/j sur la base d'études montrant qu'un tel niveau d'apport permettait de maintenir la concentration plasmatique en folates au-dessus de 6,8 nmol/L et une homocystéinémie inférieure à 12 µmol/L. La référence populationnelle a été fixée à 300 µg/j (NCM 2014).

En 2001, l'Afssa n'a pas fixé de BNM pour les folates mais a proposé une référence pour la population (apport satisfaisant) sur la base des données issues de la cohorte SU.VI.MAX montrant que des apports de folates supérieurs ou égaux à 330 µg/j chez les hommes et 276 µg/j chez les femmes étaient associés à une homocystéinémie inférieure à 10 µmol/L. Pour la population féminine en âge de procréer, la recommandation a été portée à 300 µg/j, pour tenir en partie compte de la nécessité d'une prévention précoce des anomalies de fermeture du tube neural.

En 2014, l'Efsa a proposé un BNM pour les folates sur la base d'une étude de déplétion-réplétion montrant qu'un apport de 250 µg/j EFA est suffisant pour maintenir un statut adéquat objectif par une concentration plasmatique en folates supérieure ou égale à 10 nmol/L chez 50 % des individus (EFSA 2014d). Un coefficient de variation du besoin de 15 % a été utilisé pour proposer une référence populationnelle à 330 µg/j EFA.

**Tableau 7. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine B9 (µg EFA/j)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA (2014)	IOM (1998)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
<i>âge</i>	20-65	+ de 19	+ de 18	19-+70	19-65	+ de 18	19-65
<i>BNM</i>	ND	220	250	320	320	200 µg folates	320
<i>Référence populationnelle</i>	330 µg folates*	300	330	400	400	300 µg folates	400
<b>Femmes</b>							
<i>âge</i>	20-54	19-50	+ de 18	19-50	19-50	+ 18	19-50
<i>BNM</i>	ND	220	250	320	320	200 µg folates	320
<i>Référence populationnelle</i>	300 µg folates*	300	330	400	400	300 µg folates	400

\* Apport satisfaisant

ND : Non défini

#### Conclusion

Les valeurs proposées par l'EFSA (2014) sont retenues :

➤ Hommes et femmes de +18 ans :

BNM : 250 µg/j EFA

RNP : 330 µg/j EFA

Pour les femmes en période périconceptionnelle (huit semaines avant et huit semaines après la conception), la nécessité d'un apport supplémentaire permettant d'atteindre 400 µg/j EFA pour réduire le risque d'anomalie de fermeture du tube neural est retenue.

L'Efsa (2014) confirme la limite de sécurité proposée par le SCF (EFSA 2006), à savoir 1 mg/j chez l'adulte, ne concerne que l'acide folique, forme synthétique de la vitamine B9 utilisée dans l'enrichissement et les compléments alimentaires. Le Panel Efsa a considéré qu'il n'existait pas de risque associé à la consommation élevée de folates, forme naturelle de la vitamine B9. En ce qui concerne les données de composition nutritionnelle des aliments, il convient alors de bien s'assurer de la source de la vitamine B9.

## La vitamine B12

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 8)*

En 2001, l'Afssa a proposé un BNM de 2 µg/j et une RNP de 2,4 µg/j, sur la base de pertes estimées à 0,8 µg/j, d'une biodisponibilité de 40 % et d'un coefficient de variation du besoin de 10 %.

Les NNR ont fondé l'estimation du BNM sur des études montrant que des injections intramusculaires quotidiennes de 0,5 à 1,0 µg de cobalamine sont suffisantes pour normaliser les paramètres hématologiques de la plupart des sujets souffrant d'anémie pernicieuse – une maladie induite par une carence en vitamine B12 – et en considérant une biodisponibilité orale de 50 %.

La plupart des autres agences nationales et internationales a fondé leurs recommandations sur les liens entre apports et marqueurs biologiques et sur la prévention des altérations hématologiques induites par une carence en vitamine B12. Le BNM proposé par l'IOM (2 µg/j) correspond ainsi à l'apport minimal nécessaire au maintien de la cobalamine et de l'acide méthylmalonique (MMA) plasmatiques au-dessus et en deçà, respectivement, des seuils considérés satisfaisants. Ce BNM correspond également à l'apport théorique nécessaire pour prévenir la réapparition d'anomalies hématologiques chez des sujets souffrant d'une anémie de Biermer. L'OMS (2004) et le NHMRC (2006) ont adopté le raisonnement et les valeurs de références proposés par l'IOM (1998).

L'Efsa a considéré que l'approche basée sur une combinaison de quatre biomarqueurs du statut en vitamine B12, c'est-à-dire, les concentrations plasmatiques en cobalamine, holo-transcobalamine (holoTC), MMA et homocystéine, est l'approche la plus appropriée pour définir des recommandations nutritionnelles pour la vitamine B12 (EFSA 2015b). Elle estime qu'il existe des preuves suffisantes pour conclure que des apports supérieurs ou égaux à 4 µg/j sont associés d'une part à des concentrations d'holoTC et de cobalamine comprises dans les intervalles de référence définis pour les sujets sains, et d'autre part à des concentrations de MMA et d'homocystéine inférieures aux valeurs maximales proposées chez l'adulte, ce qui indique un statut adéquat en cobalamine.



**Tableau 8. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine B12 (µg/j)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA (2015)	IOM (1998)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
<i>Age</i>	20-65	+ de 19	+ de 18	19-70	19-65	+ de 18	19-65
<i>BNM</i>	2	2	ND	2	2	1,4	2
<i>Référence populationnelle</i>	2,4	3	4*	2,4	2,4	2	2,4
<b>Femmes</b>							
<i>Age</i>	20-54	19-50	+ de 18	19-50	19-50	+ de 18	19-50
<i>BNM</i>	2	2	ND	2	2	1,4	2
<i>Référence populationnelle</i>	2,4	3	4*	2,4	2,4	2	2,4

\* Apport satisfaisant

ND : Non défini

### Conclusion

On estime ici qu'aucun des marqueurs de l'activité métabolique de la cobalamine n'est à lui seul suffisant pour refléter l'ensemble des fonctions métaboliques de la cobalamine et rejoint donc la démarche suivie par l'EFSA, basée sur la prise en compte de 4 biomarqueurs et reprend à son compte l'apport satisfaisant proposé par l'EFSA chez les hommes et les femmes, à savoir :

- Hommes et femmes de +18 ans :  
AS : 4 µg/j

L'Efsa considère qu'il n'existe pas de limite supérieure de sécurité d'apport alimentaire ; du fait de l'absence de toxicité et notamment de carcinogénicité aux doses considérées (EFSA 2015b).

### La vitamine C

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 9)*

L'établissement des recommandations en vitamine C a longtemps reposé sur les apports observés considérés comme adéquats dans des populations occidentales en bonne santé. Lors d'études de déplétion-réplétion conduites à la fin du siècle dernier, il a été observé que la concentration plasmatique de vitamine C atteignait un plateau pour des apports relativement modérés de vitamine C. Cela a conduit l'Afssa à utiliser ce paramètre comme marqueur de la couverture des besoins. Pour établir les ANC en 2001, les données d'observation issues de l'enquête SU.VI.MAX et faisant le lien entre apport et concentration plasmatique de vitamine C chez environ 6 000 sujets adultes sains (femmes de 35 à 60 ans et hommes de 40 à 60 ans), à l'inclusion, ont été utilisées et ont conduit à retenir un ANC de 110 mg/j pour les adultes des deux sexes.

L'IOM (IOM 2000a) et les D-A-CH (2015) ont utilisé les données des études de déplétion-réplétion et proposé des recommandations comprises entre 75 et 100 mg/j.

Les pays nordiques ont estimé que pour atteindre le seuil de 32 µg/L de vitamine C plasmatique, à partir duquel le risque de morbidité et mortalité cardiovasculaire et par cancer était diminué, un apport de 60 mg/j pour les hommes et de 50 mg/j pour les femmes était nécessaire (NCM 2014).

L'OMS (2004) a proposé ses recommandations sur la base d'un stock corporel de vitamine C de 900 mg, à mi-chemin entre la saturation tissulaire et le stock associé à l'apparition d'un risque de scorbut, une absorption de 85 % et des pertes de 2,9 % par jour.

Elles sont de 45 mg chez l'homme et la femme. Le besoin moyen a été fixé comme l'apport intermédiaire entre la recommandation et l'apport minimal suffisant pour prévenir le risque de scorbut (10 mg/j).

L'Efsa a réévalué récemment les références nutritionnelles pour la vitamine C (EFSA 2013b). L'établissement du besoin prend en compte des observations montrant une diminution de l'absorption avec l'augmentation de la dose ingérée, une forte augmentation de l'excrétion urinaire au-delà d'un apport de 50 mg/j et l'obtention d'un plateau pour la concentration plasmatique en vitamine C et pour son catabolisme pour des apports croissants. Sur la base de ces éléments métaboliques, le besoin a été fixé chez l'homme à 90 mg/j et la référence nutritionnelle pour la population à 110 mg/j, ce qui rejoint les chiffres proposés par l'Afssa (2001). Chez la femme, l'Efsa a proposé un besoin et une référence pour la population plus faible (95 mg/j), considérant que le plateau de concentration plasmatique était obtenu pour un apport légèrement plus faible que chez l'homme (EFSA 2013b).

**Tableau 9. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine C (mg/j)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA (2013a)	IOM (2000)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
<i>âge</i>	<i>18-75</i>	<i>+ de 19</i>	<i>+ de 18</i>	<i>+ de 19</i>	<i>+ de 19</i>	<i>+ de 18</i>	<i>+ de 19</i>
<i>BNM</i>	85	82	90	75	30	60	25-30
<i>Référence populationnelle</i>	110	100	110	90	45	75	45
<b>Femmes</b>							
<i>âge</i>	<i>18-75</i>	<i>+ de 19</i>	<i>+ de 18</i>	<i>+ de 19</i>	<i>+ de 19</i>	<i>+ de 18</i>	<i>+ de 19</i>
<i>BNM</i>	85	82	80	60	30	50	25-30
<i>Référence populationnelle</i>	110	100	95	75	45	75	45

### Conclusion

L'approche retenue par l'Efsa de simplement dériver la référence nutritionnelle pour la population féminine de celle proposée pour l'homme n'est pas satisfaisante. Les données issues de l'étude SU.VI.MAX et portant sur un effectif important montrent en effet un plateau de concentration plasmatique plus élevé chez la femme que chez l'homme (respectivement  $64 \pm 1 \mu\text{mol/L}$  et  $56 \mu\text{mol/L} \pm 3 \mu\text{mol/L}$ ). Dans ces conditions, il a été considéré que les besoins et recommandations pour la population féminine française devaient prendre en compte la nécessité d'atteindre cette valeur plus élevée, et non celle retenue pour la population masculine. Pour ces raisons, il a été décidé de maintenir les mêmes valeurs de BNM et RNP chez l'homme et la femme. Cette décision a donné lieu au sein du Comité d'experts spécialisé en nutrition de l'Anses à deux avis minoritaires, défendant les valeurs nutritionnelles de références proposées par l'Efsa (**Annexe 2**). Les valeurs nutritionnelles de référence retenues sont les suivantes :

- Hommes et femmes de +18 ans :  
BNM : 90 mg/j  
RNP : 110 mg/j

L'Efsa confirme sa position publiée en 2006 et estime que les données sont insuffisantes pour proposer une limite de sécurité pour la vitamine C (EFSA 2013b).

## La vitamine D

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 10)*

La vitamine D occupe une place à part parmi les vitamines car son apport est assuré à la fois par l'alimentation et par une production endogène qui résulte de l'exposition aux UVB (rayonnement solaire).

En France, les besoins en vitamine D ont été estimés à partir des apports quotidiens minimaux de vitamine D nécessaires pour prévenir ou corriger une carence clinique et/ou biologique en vitamine D chez l'enfant et l'adulte, soit 10 à 15 µg (400-600 UI) par jour. Le marqueur biologique du statut en vitamine D utilisé a été la concentration en 25-hydroxy-cholécalciférol (25-OH-D3), qui constitue la forme de réserve. Cependant, bien que le seuil biologique correspondant à une carence ait été fixé à 30 nmol/L, il n'existe pas de seuil correspondant à un statut satisfaisant, voire optimal. En 2001, la discussion sur la fixation de l'ANC a en effet essentiellement porté sur la détermination de la quantité de vitamine D devant être apportée par l'alimentation, dans la mesure où une exposition solaire satisfaisante suffirait théoriquement à couvrir les besoins. Il a été considéré que la position précédente (Dupin *et al.* 1992) proposant la valeur de 10 µg/j (afin de couvrir les besoins des individus ne s'exposant pas au soleil) pouvait être excessive pour les sujets ayant une exposition solaire « suffisante » voire importante ; de ce fait, la valeur de 5 µg/j a finalement été proposée.

L'IOM a estimé que les mesures de 25-OH-D3 sérique sont un bon reflet de l'apport alimentaire et de la synthèse cutanée dans le sens où elles permettent d'étudier les relations entre la consommation ou l'exposition solaire et les pathologies (IOM 2011). L'institut a donc déterminé la concentration seuil en 25-OH-D3 à partir de laquelle les fonctions biologiques de la vitamine D sont correctement assurées puis il a estimé l'apport alimentaire qui permet d'atteindre cette valeur seuil. L'IOM a considéré que la fonction principale de la vitamine D chez l'adulte était le maintien d'une densité minérale osseuse et que l'absorption intestinale de calcium était maximale pour des concentrations en 25-OH-D3 comprises entre 30 et 50 nmol/L. L'IOM a retenu une concentration médiane de 40 nmol/L de 25-OH-D3 comme valeur cible pour la fixation du BNM et observé que cette concentration pouvait être atteinte pour un apport de 10 µg/j, sur la base d'études d'observation faisant le lien entre l'apport en vitamine D et la concentration plasmatique en 25-OH-D3 chez des populations ayant une exposition solaire minimale (Scandinavie, Antarctique). La référence pour une population peu exposée au soleil a été fixée comme l'apport nécessaire pour atteindre la borne supérieure de l'intervalle de la concentration cible de 25-OH-D3, soit 50 nmol/L. Cette référence populationnelle est de 15 µg/j.

Les recommandations nordiques (NCM 2014) ont fixé la concentration plasmatique en 25-OH-D3 à atteindre sur la base de données faisant le lien entre cette concentration et le statut minéral osseux, le risque de rachitisme et celui d'ostéomalacie. Ils ont considéré comme optimale une valeur de 50 nmol/L. Il est suggéré qu'un apport de 7,2 µg/j maintiendrait le taux sérique moyen en hiver autour de 50 nmol/L. Toutefois, il existe une grande variabilité interindividuelle dépendant en partie du taux sérique basal. Il a été mis en évidence que les apports nécessaires pour atteindre une concentration sérique suffisante en 25-OH-D3 durant la période hivernale chez 95 % des sujets sont compris entre 9 et 12 µg/j. L'ensemble de ces résultats ont conduit le NCM à proposer un BNM de 7,5 µg/j et une RNP de 10 µg/j. Cette valeur tient compte d'une certaine contribution à la concentration sérique de la synthèse endogène découlant des activités réalisées en extérieur pendant la période estivale (de la fin du printemps au début de l'automne), tout en considérant que certains groupes notamment ceux à peau plus foncée pourraient nécessiter des doses plus élevées.

Les pays germanophones (D-A-CH, 2015) ont estimé que pour atteindre une concentration sérique en 25-OH-D3 d'au moins 50 nmol/L, l'apport en vitamine D au travers des aliments habituels ne suffit pas et que la différence doit être compensée par la synthèse endogène. Ils

recommandent une exposition régulière au soleil pour garantir un apport suffisant en vitamine D sans qu'il soit nécessaire de recourir à la consommation d'un complément vitaminique.

L'OMS (2004) a estimé l'apport alimentaire nécessaire pour maintenir une concentration plasmatique de 25-OH-D3 supérieure à 27 nmol/L, permettant de conserver une bonne santé osseuse selon des tranches d'âge différentes (avant et après 50 ans).

Le NHMRC (2006) a retenu également le seuil de 27 nmol/L pour estimer l'apport satisfaisant nécessaire pour atteindre ce seuil plasmatique.

**Tableau 10. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine D ( $\mu\text{g}/\text{j}$ )**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA <sup>8</sup>	IOM (2011)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
<i>âge</i>	19-74	+ de 19		+ de 19	19-50 51-70	18-75	19-50 51-65
<i>BNM</i>	ND	ND	-	10	ND	7,5	ND
<i>Référence populationnelle</i>	5* 10* en cas de non exposition	20* en cas de non exposition	15 <sup>*6</sup>	15	5* 10*	10	5* 10*
<b>Femmes</b>							
<i>âge</i>	19-74	+ de 19		+ de 19	19-50 51-70	18-75	19-50
<i>BNM</i>	ND	ND	-	10	ND	7,5	ND
<i>Référence populationnelle</i>	5* 10* en cas de non exposition	20* en cas de non exposition	15 <sup>*6</sup>	15	5* 10*	10	5* 10*

\*Apport satisfaisant

### Conclusion

L'évaluation des références nutritionnelles par l'EFSA concernant la vitamine D n'a pas encore été publiée. Le GT a considéré que la démarche de l'IOM était pertinente et propose de retenir la valeur de la RNP de l'IOM fixée pour les sujets non exposés, que l'on extrapole à la population générale car ces valeurs sont bien inférieures à la LSS. Cette valeur permet de couvrir les besoins de la grande majorité de la population. Ainsi, les références nutritionnelles suivantes sont retenues :

- Hommes et femmes de +18 ans :  
BNM : 10  $\mu\text{g}/\text{j}$   
RNP : 15  $\mu\text{g}/\text{j}$

Une modification de la limite supérieure de sécurité a été publiée en 2012, celle-ci passant de 50 à 100  $\mu\text{g}/\text{j}$  (EFSA 2012b).

<sup>8</sup> L'EFSA a mis en consultation son avis sur les références nutritionnelles en vitamine D en février 2016. L'Agence européenne propose un apport satisfaisant de 15  $\mu\text{g}$  (EFSA 2016).

## La vitamine E

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 11)*

L'ANC proposé en 2001 par l'Afssa reprenait la recommandation émise en 1992 par Dupin *et al.* fondée sur la consommation moyenne observée dans la population (12 mg/j), en l'absence de données permettant d'estimer un BNM.

Les pays nordiques (NCM 2014) ont proposé un besoin en vitamine E sur la base d'un ratio vitamine E/acide gras polyinsaturés (AGPI) dans l'alimentation égal à 0,4, jugé suffisant pour prévenir la peroxydation lipidique, en considérant un apport moyen en AGPI dans la population scandinave correspondant à 5 % de l'apport énergétique total. Dans ces conditions, le BNM et l'apport recommandé sont de 6 et 10 mg pour les hommes et 5 et 8 mg pour les femmes, respectivement.

L'IOM s'est appuyé sur les résultats d'études *in vitro* montrant qu'une concentration plasmatique d' $\alpha$ -tocophérol inférieure à 12  $\mu\text{mol/L}$  était associée à une hémolyse induite par le peroxyde d'hydrogène supérieure à 12 %, valeur considérée comme normale (IOM 2000a). Sur la base d'études d'intervention, l'IOM a considéré qu'un apport de 12 mg/j au moins était nécessaire pour atteindre cette concentration plasmatique. Le besoin a donc été fixé à 12 mg/j sans distinction de sexe, et la référence pour la population à 15 mg/j en tenant compte d'un coefficient de variation du besoin de 10 %.

L'Efsa a considéré que d'une part, la quantité d' $\alpha$ -tocophérol nécessaire à la prévention de la peroxydabilité des AGPI variait selon leur degré d'insaturation et que d'autre part, l'apport en AGPI variait sensiblement selon les pays européens (EFSA 2015e). Pour ces raisons, la consommation d'AGPI ne pouvait pas servir de base à la fixation d'un apport satisfaisant en vitamine E. De même, l'Efsa a considéré qu'il n'était pas possible de fixer un apport satisfaisant sur la base des apports en nutriments agissant de façon synergique avec la vitamine E pour lutter contre le stress oxydant, comme la vitamine C, le sélénium, la niacine et la vitamine K. Les liens entre l'apport en vitamine E et les marqueurs biologiques (c'est-à-dire la concentration plasmatique de vitamine E, l'excrétion urinaire de métabolites de la vitamine E ou de marqueurs de la peroxydation lipidique comme les F2-isoprostanes, l'hémolyse liée à la peroxydation membranaire) n'ont pas été jugés suffisamment caractérisés pour l'établissement d'un BNM. En conséquence, l'Efsa a proposé un apport satisfaisant de 13 mg/j pour les hommes et 11 mg/j pour les femmes sur la base de l'apport moyen constaté dans un ensemble d'enquêtes nationales de consommation, considérant qu'il n'existait pas d'indices suggérant que l'apport en vitamine E était insuffisant dans la population européenne.

**Tableau 11. Bilan des références nutritionnelles pour la vitamine E (mg/j)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA (2015)	IOM (2000)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
âge	20-65	- 25 ans +25 ans	+ de 18	19-+70	19-65	+ de 18	19-65
BNM	ND	ND	ND	12	ND	6	10 <sup>a</sup>
Référence populationnelle	12*	15* 14*	13*	15	10*	10	ND
<b>Femmes</b>							
âge	20-54	19-65	+ de 18	19-50	19-50	+ 18	19-50
BNM	ND	ND	ND	12	ND	5	7,5 <sup>a</sup>
Référence populationnelle	12*	12*	11*	15	7*	8	ND

\* Apport satisfaisant

<sup>a</sup> Données insuffisantes pour une RNP, il s'agit ici de la « best estimates requirements<sup>9</sup> »)

ND : Non défini

### Conclusion

La démarche de l'Efsa a été suivie et un apport satisfaisant a été adopté sur la base de la valeur moyenne de la consommation de la population française, hors produits enrichis et compléments alimentaires (telle qu'estimée dans l'étude INCA 2) et du constat d'absence d'éléments susceptibles de traduire une déficience d'apport en vitamine E dans cette population. Cet apport moyen est un peu plus faible que celui rapporté par l'Efsa. Ainsi, les références nutritionnelles suivantes sont retenues :

- Hommes de +18 ans :  
AS : 10,5 mg/j
- Femmes de +18 ans  
AS : 9,9 mg/j

En s'appuyant sur des études de coagulation chez l'homme qui n'ont montré aucun effet sur le temps de saignement jusqu'à une supplémentation de 537 mg/j, en appliquant à cette dose un facteur de sécurité de 2 et en arrondissant à la centaine supérieure, l'Efsa reprend ses conclusions 2006 et propose une LSS de 300 mg/j (d'équivalent d' $\alpha$ -tocophérol) (EFSA 2015e).

### Le calcium

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 12)*

Dans l'ouvrage de l'Afssa fixant les ANC en 2001, le besoin nutritionnel en calcium a été estimé par une approche factorielle. Le besoin net d'entretien, correspondant aux pertes urinaires, fécales et sudorales en situation d'apport très faible, est égal à 260 mg/j pour un homme adulte. Une absorption fractionnaire de 38 % a été retenue, pour un apport raisonnablement faible de calcium (environ 500 mg/j, avec peu de produits laitiers), conduisant à un besoin nutritionnel moyen de 690 mg/j et une référence populationnelle de 900 mg/j. Chez les femmes le besoin est majoré après la ménopause.

En 2011, l'IOM a estimé un besoin moyen en calcium en s'appuyant sur un ensemble d'études de bilan. Entre 19 et 50 ans, un bilan nul est obtenu pour un apport de 740 mg/j,

<sup>9</sup> meilleure estimation du besoin



arrondi à 800 mg/j pour le besoin moyen. La référence populationnelle a été fixée à 1000 mg/j d'après le 97,5<sup>ème</sup> centile des études de bilan. L'IOM a estimé qu'après 50 ans, le besoin moyen n'était pas modifié chez les hommes mais a proposé d'augmenter la recommandation de 200 mg/j pour la population féminine, pour limiter la baisse de densité minérale osseuse (IOM 2011).

Les recommandations proposées par le NHMRC (2006), les NCM (2014) et D-A-CH (2015) sont proches de celles proposées par l'IOM (2011) et l'Afssa (2001). Elles s'appuient également sur les résultats d'études de bilan.

L'OMS a proposé deux jeux de besoins et de recommandations d'apport calcique pour tenir compte de la variabilité des contextes nutritionnels (WHO/FAO 2004). Les valeurs les plus hautes correspondent aux recommandations pour la population occidentale, tandis que les valeurs basses sont destinées aux populations ayant de faibles apports en protéines animales (moins de 40 g/j) et donc en protéines de façon générale, et dont les pertes urinaires en calcium sont de ce fait plus faibles.

En 2015, l'Efsa a appuyé son estimation du besoin chez les individus âgés de 25 ans et plus, dont la croissance osseuse est achevée, sur les mêmes études de bilan que celles prises en compte par l'IOM. L'Efsa a tenu compte de pertes cutanées estimées à 40 mg/j et négligées dans ces études pour proposer un besoin moyen de 750 mg/j. L'apport recommandé est estimé d'après le 97,5<sup>ème</sup> centile des apports permettant d'obtenir un bilan nul, soit 950 mg/j. Chez les jeunes adultes (18-25 ans) dont la croissance n'est pas achevée, le besoin moyen a été estimé comme la moyenne des besoins des adultes de 25 ans et plus, et des adolescents de 15 à 17 ans, soit 860 mg/j. Aucune recommandation spécifique n'est faite pour les femmes après la ménopause (EFSA 2015f).

**Tableau 12. Bilan des références nutritionnelles pour le calcium (mg/j)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA (2015)	IOM (2001)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
<i>Age</i>	20-65	18-19 + de 19	18-24 + de 24	19-50 51-70	19-70	18-20 + de 21	19-65
<i>BNM</i>	690	1000 741	860 750	800 800	840	- 500	600-840 <sup>£</sup>
<i>Référence populationnelle</i>	900	1200 1000	1000 950	1000 1000	1000	900 800	750-1000 <sup>£</sup>
<b>Femmes</b>							
<i>Age</i>	20-55	18-19 + de 19	18-24 + de 24	19-50 51-70	19-50 + de 51	18-20 + de 21	19-50 + de 50
<i>BNM</i>	690	1000 741	860 750	800 1000	840 1100	- 500	600-840 <sup>£</sup> 750-1100 <sup>£</sup>
<i>Référence populationnelle</i>	900	1200 1000	1000 950	1000 1200	1000 1300	900 800	670-1000 <sup>£</sup> 800-1300 <sup>£</sup>

<sup>£</sup> La 1<sup>ère</sup> valeur correspond aux besoins ou recommandations pour des apports en protéines animales < 40 g/j. La seconde valeur correspond aux recommandations pour un régime occidental

### Conclusion

Le groupe de travail endosse les recommandations les plus récentes proposées par l'EFSA pour la population adulte, à savoir :

- Hommes et femmes adulte de – 24 ans :  
BNM : 860 mg/j  
RNP : 1000 Mg/j

➤ Hommes et femmes adulte de + 24 ans :

BNM : 750 mg/j

RNP: 950 mg/j

Une limite supérieure de sécurité de 2500 mg/j a été proposée en 2006 par l'Efsa sur la base de nombreuses études d'intervention de longue durée (alimentation et compléments alimentaires) dans lesquelles aucun effet délétère n'a été rapporté pour des apports de 2500 mg/j. L'avis de l'Efsa ne remet pas en cause cette valeur (EFSA 2015f).

Le cuivre

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 13)*

Il n'existe pas de consensus entre les différentes agences quant à l'estimation des besoins en cuivre et la fixation des recommandations. En 2001, l'Afssa a estimé le besoin nutritionnel en cuivre chez le sujet adulte par la méthode factorielle, en tenant compte de pertes obligatoires estimées à 400-500 µg/j et d'une absorption fractionnaire de 30 %. Un coefficient de variation de 15 % du besoin a été retenu pour proposer, après approximation, une RNP de 2,0 mg/j chez l'homme. Une RNP de 1,5 mg/j en a été déduite chez la femme sur la base du rapport de masses corporelles entre les hommes et les femmes.

Chez l'adulte, l'IOM a établi un besoin nutritionnel en cuivre de 0,7 mg/j chez l'homme et la femme en s'appuyant sur la variation de marqueur du statut cuprique (cuivre sérique, cæruloplasmine, superoxyde dismutase (SOD) érythrocytaire) lors d'études de déplétion/réplétion (IOM 2001). Les recommandations dérivées de ce besoin sont de 0,9 mg/j. Ces valeurs ont été reprises sans modification par les NCM (2014).

En 2006, le NHMRC a considéré que les données disponibles étaient insuffisantes pour permettre d'établir un besoin nutritionnel en cuivre et a proposé une recommandation basée sur un apport observé de 1,2 mg/j chez les femmes et 1,7 mg/j chez les hommes.

Récemment, le D-A-CH a proposé un besoin nutritionnel moyen de 1,0 mg/j chez l'homme et la femme et un apport recommandé de 1,5 mg/j (D-A-CH 2015).

**Tableau 13. Bilan des références nutritionnelles pour le cuivre (mg/j)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA <sup>10</sup>	IOM (2001)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
âge	20-50 51-65	+ de 19		19-+70	19-65	+ de 18	
BNM	- <sup>a</sup>	-	-	0,7	ND	0,7	-
Référence populationnelle	2,0 1,5	1,0-1,5*	1,6 <sup>*/</sup>	0,9	1,7*	0,9	-
<b>Femmes</b>							
âge	+ de 20	+ de 19		19-50	19-50	+ de 18	
BNM	- <sup>a</sup>	-	-	0,7	ND	0,7	-
Référence populationnelle	1,5	1,0-1,5*	1,3 <sup>*/</sup>	0,9	1,2*	0,9	-

\* Apport satisfaisant

<sup>a</sup> Le BNM estimé en 2001 se situe entre 1,35 et 1,65 mg/j.

<sup>10</sup> Au moment de la validation de ce présent rapport par le CES, l'avis de l'Efsa était en consultation. Cet avis a été publié le 21 octobre 2015 (EFSA 2014e). L'Efsa propose un apport satisfaisant de 1,6 mg pour les hommes et de 1,3 mg pour les femmes.

## Conclusion

En l'état actuel, il n'existe pas de consensus concernant la fixation d'un besoin moyen et l'établissement de recommandation en cuivre. Les valeurs initialement proposées par l'Afssa s'appuient sur une perte totale de 400 à 500 µg/j et sur un coefficient d'absorption fractionnaire de 30 %. Ce dernier semble faible au regard d'estimations plus récentes et plus fiables suggérant une absorption fractionnaire proche de 50 % (Harvey, Dainty, *et al.* 2005, Harvey *et al.* 2003, Harvey *et al.* 2002). L'application d'un tel coefficient semble plus pertinente. Il aboutit à définir des recommandations plus proches de celles proposées par les autres agences. Au 1<sup>er</sup> juillet 2015, l'Efsa n'avait pas mis en consultation son avis sur les références nutritionnelles pour le cuivre, les valeurs de références suivantes sont donc retenues :

- Hommes adulte + 18 ans :  
BNM : 1,0 mg/j  
RNP : 1,3 mg/j
- Femmes adulte + 18 ans :  
BNM : 0,8 mg/j  
RNP : 1,0 mg/j

La consommation chronique de cuivre à dose élevée peut entraîner des atteintes hépatiques sévères. L'Efsa propose comme une limite supérieure de sécurité de 5 mg/j (Efsa, 2006), établie à partir d'une dose sans effet délétère de 10 mg/j issue d'une étude de supplémentation à long terme chez l'homme et en retenant un facteur d'incertitude de 2 pour tenir compte de l'effectif limité de cette étude.

## Le fer

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 14)*

Le besoin nutritionnel en fer est généralement défini comme l'apport minimal permettant d'équilibrer l'ensemble des pertes chez des sujets sans réserves martiales (c'est-à-dire une ferritinémie > 15 µg/L) (IOM 2001, Afssa 2001). Il a été évalué par toutes les instances nationales ou internationales en divisant les pertes obligatoires par l'absorption fractionnaire. Cette approche est justifiée par le fait que les pertes en fer ne sont pas régulées, l'homéostasie étant assurée par l'ajustement du niveau d'absorption fractionnaire selon l'état des réserves.

Les références nutritionnelles proposées par l'IOM en 2001 reposent sur une biodisponibilité du fer de 18 %, estimée en tenant compte d'une proportion de 10 % de fer hémique dans l'alimentation et d'une absorption fractionnaire chez des sujets sans réserve estimée à 16,8 % et 25 % pour le fer métallique et hémique, respectivement. La distribution des pertes obligatoires a été estimée par simulation de Monte-Carlo, sur la base de pertes hors saignements menstruels estimées à 14 µg/kg/j, de pertes menstruelles égales à 0,51 et 2,32 mg/j au 50<sup>ème</sup> et 97,5<sup>ème</sup> centile respectivement, et de la distribution des poids corporels observée dans la population des Etats-Unis. Les recommandations proposées pour les femmes après la ménopause sont les mêmes que celles destinées à la population masculine.

Ce raisonnement et les valeurs qui en découlent ont été repris intégralement par le NHMRC en 2006.

L'Afssa (2001) et les pays nordiques (2014) ont utilisés un coefficient d'absorption fractionnaire un peu plus faible (15 %) pour proposer leurs valeurs de références. Pour les femmes en âge de procréer, la recommandation nutritionnelle proposée dans les NCM correspond au besoin estimé au 90<sup>ème</sup> centile, et non au 97,5<sup>ème</sup> centile.

L'OMS (2004) dans ses estimations a tenu compte de la diversité des contextes alimentaires et proposé un intervalle de recommandations, les valeurs hautes correspondant à des régimes très pauvres en viande et poisson, riches en constituants interférant avec l'absorption du fer (phytates et tannins) et pour lesquels l'absorption fractionnaire du fer est proche de 6 % tandis que les valeurs basses correspondent au contexte occidental avec une forte biodisponibilité du fer alimentaire. Les valeurs basses de la fourchette de recommandations proposées par l'OMS sont très proches des valeurs proposées par les autres autorités de santé.

Récemment, l'Efsa a proposé des valeurs de références qui s'appuient sur une modélisation des pertes obligatoires en fer calculées pour vingt-huit hommes et vingt femmes menstruées et extraites d'une étude réalisée par Hunt (Hunt 2003). Les pertes obligatoires aux 50<sup>ème</sup>, 95<sup>ème</sup> et 97,5<sup>ème</sup> centiles ont été estimées respectivement à 0,95, 1,61 et 1,72 mg/j chez l'homme et à 1,34, 2,80 et 3,13 mg/j chez la femme menstruée. Des coefficients d'absorption intestinale de 16 % pour les hommes et 18 % pour les femmes – correspondant à des estimations pour des sujets ayant une ferritinémie de 30 µg/L (Dainty *et al.* 2014) – ont été appliqués pour calculer le besoin nutritionnel médian (pour un sujet dont les pertes sont au 50<sup>ème</sup> centile de la distribution) et la référence nutritionnelle pour la population (pour un sujet dont les pertes sont au 97,5<sup>ème</sup> centile de la distribution pour les hommes et au 95<sup>ème</sup> centile pour les femmes). Le nombre de femmes ménopausées incluses dans l'étude de Hunt étant insuffisant pour permettre une modélisation des pertes, l'Efsa propose de retenir pour cette sous-population les RNP masculines (EFSA 2015g).

**Tableau 14. Bilan des références nutritionnelles pour le fer (mg/j)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA (2015)	IOM (2001)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
<i>âge</i>	20-65	+ de 19	+ de 18	19-70	19-65	+ de 18	19-65
<i>BNM</i>	7	ND	6	6	6	7	7 à 21 selon biodisponibilité du fer alimentaire
<i>Référence populationnelle</i>	9	10	11	8	8	9	9,1 à 27,4 selon biodisponibilité du fer alimentaire
<b>Femmes</b>							
<i>âge</i>	20-54 /	19-50 + de 50	+ de 18	19-50	19-50	+ 18	19-50
<i>BNM</i>	9	ND	7	8	8	10	9,7 à 29 selon biodisponibilité du fer alimentaire
<i>Référence populationnelle</i>	16	15 10	16	18	18	15	19,6 à 58,8 selon biodisponibilité du fer alimentaire

ND : Non défini

### Conclusion

Les références nutritionnelles proposées par l'Efsa (2015) ont été obtenues par une approche différente de celles mises en œuvre par les autorités nationales et les autres autorités internationales à ce jour, et s'appuie sur une modélisation complexe des pertes obligatoires estimées sur un échantillon restreint (vingt-huit hommes et vingt femmes menstruées) et non sur une simulation à l'échelle de la population. Bien que les caractéristiques de cet échantillon, en termes de corpulence et mode de vie, ne soient pas représentatives de la population française, les références nutritionnelles proposées par l'Efsa sont très proches de celles proposées par l'Afssa ou l'IOM en 2001.

Cependant, le caractère fortement biaisé de la distribution des besoins en fer chez les femmes menstruées conduit à une référence populationnelle (besoin au 95<sup>ème</sup> centile) égale à plus du double du besoin nutritionnel moyen. Cette distribution est la conséquence directe de celle des saignements menstruels, dont le volume varie très largement au sein de la population âgée de 18 à 55 ans, du fait de facteurs génétiques liés à l'hémostase, de l'âge et du mode de contraception. L'utilisation d'une contraception hormonale conduit ainsi à une réduction importante des pertes menstruelles, le recours à un dispositif intra-utérin conduisant inversement le plus souvent à une augmentation des saignements. Pour ces raisons, le groupe de travail a considéré que la recommandation populationnelle unique proposée par l'Efsa, et antérieurement par l'IOM et l'Afssa, était difficilement utilisable en l'état et a choisi de proposer deux niveaux de recommandations destinés respectivement aux femmes ayant des pertes menstruelles faibles ou modérées - en particulier aux femmes sous contraception hormonale - et aux femmes ayant des pertes menstruelles importantes.

Pour ce faire, le groupe de travail a considéré la distribution des pertes menstruelles en fer rapportée dans une étude réalisée chez quatre-vingt-dix femmes britanniques âgées de 20 à 45 ans et dont les pratiques contraceptives sont représentatives de celles observées dans la population française (35% d'utilisatrices d'une contraception hormonale et 5% d'un dispositif intra-utérin). Cette étude montre une distribution des pertes menstruelles en fer suivant une loi exponentielle avec une médiane à 0,28 mg/j, avec un 80<sup>ème</sup> centile à 0,70 mg/j et un 95<sup>ème</sup> centile à 1,50 mg/j (Harvey, Armah, *et al.* 2005). Combinées aux pertes basales et en considérant le coefficient d'absorption fractionnaire de 18% retenu par l'Efsa, cette distribution des pertes menstruelles aboutit à une estimation du besoin nutritionnel médian égale à 7 mg/j, à un besoin nutritionnel au 95<sup>ème</sup> centile de 16 mg/j, correspondant à la recommandation populationnelle proposée par l'Efsa, et à un besoin nutritionnel au 80<sup>ème</sup> centile de 11 mg/j. Cette dernière valeur correspond par ailleurs à l'estimation du besoin nutritionnel au 80<sup>ème</sup> centile de la population de femmes menstruées estimé par l'IOM en 2001. En conséquence, les valeurs suivantes ont été retenues:

- Hommes  
BNM : 6 mg/j  
RNP : 11 mg
- Femmes menstruées  
BNM : 7 mg/j  
RNP pour des femmes ayant des pertes menstruelles faibles ou normales (80% de la population) : 11 mg/j  
RNP pour les femmes ayant des pertes menstruelles élevées : 16 mg/j correspondant à la référence populationnelle proposée par l'EFSA

En 2006, l'Efsa a estimé que les manifestations gastro-intestinales indésirables – nausées, constipation, inconfort épigastrique – rapportées après une prise aiguë et en dehors des repas de 50 à 60 mg fer ne permettaient pas de proposer une limite supérieure de sécurité pour le fer présent dans l'alimentation. En 2015, l'Efsa ne remet pas en question son évaluation de la LSS (EFSA 2015g).

## L'iode

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 15)*

L'OMS en 2004 a fixé un apport satisfaisant à 150 µg/j pour les hommes et les femmes adultes, correspondant à une iodurie médiane supérieure ou égale à 100 µg/L et une concentration plasmatique supérieure ou égale à 1 µg/L, seuils au-dessous desquels on observe une augmentation du risque de goitre et une altération possible de la synthèse d'hormones thyroïdiennes.

Du fait d'apports iodés insuffisants dans certaines régions et dans certaines catégories de la population en Allemagne et en Autriche et considérant d'autres paramètres tels que la teneur



en iode des aliments et de l'eau, le D-A-CH a décidé de retenir la valeur de 200 µg/j pour les populations allemandes et autrichiennes mais a choisi de retenir la valeur de l'OMS de 150 µg/j pour la population suisse, en raison d'un meilleur statut en iode et de l'existence d'un programme d'enrichissement du sel mis en place depuis plusieurs décennies (D-A-CH 2015).

En 2004, les pays nordiques ont fixé un BNM à 100 µg/j chez les hommes et les femmes, correspondant à un plateau de concentration en iode dans la glande thyroïdienne et au turnover de l'iode chez les sujets sans thyroïde. Une référence populationnelle de 150 µg/j en a été déduite, en incluant une marge de sécurité pour les composés goitrogènes dans l'alimentation. Cette valeur a été maintenue par les NCM dans leur révision de 2014.

En 2001, l'IOM s'est fondé sur les données des mesures de bilan, de renouvellement de l'iode thyroïdien chez des sujets ayant une fonction thyroïdienne normale et sur la mesure de l'excrétion urinaire d'iode pour estimer le besoin moyen. Celui-ci a été fixé à 95 µg/j pour les adultes, sans distinction de sexe. Un coefficient de variation de 20 % a été choisi pour estimer la référence populationnelle à 150 µg/j.

En 2001, l'Afssa a retenu cette recommandation de 150 µg/j pour l'homme et la femme, proposée par Delange (Delange 1993) pour la population européenne.

En 2006, le NHMRC a défini un BNM sur les mêmes bases que l'IOM en tenant compte en outre d'une étude néo-zélandaise associant l'excrétion urinaire d'iode et le volume thyroïdien. L'ensemble des résultats aboutissent à une couverture du besoin moyen pour des apports compris entre 85 et 100 µg/j. La référence nutritionnelle pour la population a été fixée à 150 µg/j sur la base d'un coefficient de variation du besoin estimé à 20 % et après arrondissement à la dizaine supérieure pour prendre en compte l'influence des composés goitrogènes naturels présents dans l'environnement.

Plus récemment, l'Efsa a considéré que les études de bilan ne permettaient pas de fixer des recommandations pour l'iode (EFSA 2014e). Elle a estimé que la taille de la thyroïde constituait un biomarqueur intégratif de long terme de la couverture du besoin iodé. Un apport satisfaisant a été défini à partir d'une large étude épidémiologique européenne portant sur des enfants, indiquant que la prévalence du goitre était la plus faible pour des concentrations urinaires d'iode supérieures à 100 µg/L. En l'absence de données similaires dans les autres populations, l'Efsa a appliqué cette limite à l'adulte. Prenant en compte la diurèse moyenne et un coefficient d'absorption de 92 %, un apport satisfaisant de 150 µg/j a été fixé chez l'adulte.

**Tableau 15. Bilan des références nutritionnelles pour l'iode (µg/j)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA (2014)	IOM (2001)	NHMRC (2006)	NCM (2004)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
âge	+ de 18	19-50 + de 51	+ de 18	+ de 19	+ de 19	+ de 18	+ de 13
BNM	ND	ND	ND	95	100	100	ND
Référence populationnelle	150*	200* 180*	150*	150	150	150	150*
<b>Femmes</b>							
âge	+ de 18	19-50 + de 51	+ de 18	+ de 19	+ de 19	+ de 18	+ de 13
BNM	ND	ND	ND	95	100	100	ND
Référence populationnelle	150*	200* 180*	150*	150	150	150	150*

\*Apport satisfaisant



## Conclusion

Le groupe de travail propose de retenir les valeurs de l'EFSA, identiques à celle définie par l'Afssa en 2001, à savoir :

- Hommes et femmes de +18 ans :  
AS : 150 µg/j

Les limites de sécurité établies par le SCF ont été endossées par l'EFSA en 2006. La valeur de 500 µg/j chez l'adulte adoptée par l'Afssa a été considérée comme pertinente pour éviter le développement d'hyperthyroïdie dans les pays qui ont une longue histoire d'insuffisance d'apport iodé. Dans son avis de 2014, l'EFSA confirme la LSS de 600 µg/j (EFSA 2014e).

## Le magnésium

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 16)*

Il n'existe pas de marqueur biologique validé du statut en magnésium qui puisse être utilisé pour estimer le besoin nutritionnel. Un BNM a été déterminé par l'IOM (1997), l'Afssa (2001) et le NHMRC (2006) en s'appuyant sur les résultats d'études de bilan. Chez les sujets de 19 à 30 ans, l'IOM a établi un BNM de 330 et 225 mg/j chez l'homme et la femme, conduisant à des apports recommandés de 400 et 310 mg/j respectivement. Le constat de bilans plus fréquemment négatifs chez les sujets de plus de 30 ans, qui pourraient être dus à des apports plus importants en fibres non-fermentescibles, a conduit l'IOM à proposer des valeurs de référence légèrement plus élevées pour la tranche d'âges 31-70 ans. Les propositions de l'IOM ont été reprises intégralement par le NHMRC.

L'Afssa ne propose, quant à elle, qu'un seul jeu de valeurs de référence pour chaque sexe et l'estimation du besoin moyen chez la femme est plus élevée que celui proposé par l'IOM.

L'OMS a estimé en 2001 que les données disponibles étaient trop limitées pour estimer le besoin nutritionnel en magnésium et a proposé une recommandation provisoire d'apport en magnésium qui s'appuie sur des études de bilan et des consommations observées : l'apport recommandé est de 0,10 mg/kcal/j soit 220 mg pour les femmes et 260 mg pour les hommes. Les recommandations récentes du NCM ne s'appuient pas sur une estimation précise du besoin.

L'Efsa cite dans son avis récemment mis en consultation (EFSA 2015h)<sup>11</sup>, un travail reprenant vingt-sept études de bilan regroupant 664 observations individuelles chez des hommes âgés de 28 ± 8 ans et des femmes de 51 ± 17 ans, pour des apports magnésiques compris entre 84 et 598 mg/j (Hunt and Johnson 2006). Cette étude rapporte un bilan magnésique équilibré chez 50 % des sujets pour un apport de 165 mg/j, avec un 97,5<sup>ème</sup> centile à 237 mg/j. Par ailleurs, un nombre croissant d'études prospectives de grande ampleur rapportent une association positive entre l'apport de magnésium et la réduction du risque de diabète, d'hypertension artérielle et d'accident vasculaire cérébral. Ainsi, selon une méta-analyse récente regroupant treize études longitudinales rassemblant 536 000 sujets, une réduction de 14 % (RR = 0,86 [0,84-0,89]) du risque de diabète serait associée à chaque augmentation de 100 mg/j de l'apport en magnésium (Dong *et al.* 2011). Dans ces études, les apports élevés sont en moyenne proche de 390 mg/j mais l'Efsa a considéré que sur la base de ces études il était impossible de fixer un seuil au-dessous duquel le risque de diabète ne diminuait plus. Sur la base de l'ensemble de ces études, l'Efsa a considéré qu'il était impossible de fixer un BNM et a proposé un AS basé sur des apports moyens observés dans plusieurs pays européens.

---

<sup>11</sup> Avis publié le 28 juillet 2015 soit après la publication du présent rapport par le CES Nutrition humaine.

**Tableau 16. Bilan des références nutritionnelles pour le magnésium (mg/j)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA (2015)	IOM (1997)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
<i>Age</i>	20-65	- de 24 + de 24	18-24 > 24	19-30 > 31	19-30 > 31	12-20 >21	19-65 > 65
<i>BNM</i>	350 Soit 5 mg/kg pc	ND	ND	330 350	330 350	ND	ND
<i>Référence populationnelle</i>	420	400* 350*	350*	400 420	400 420	350*	260*
<b>Femmes</b>							
<i>Age</i>	20-55	- de 24 + de 24	18-24 > 24	19-30 > 31	19-30 > 31	18-20 >21	19-50 > 50
<i>BNM</i>	300 Soit 5 mg/kg pc	ND	ND	225 265	255 265	ND	ND
<i>Référence populationnelle</i>	360	350* 300*	300*	310 320	310 320	280*	220*

\* Apport satisfaisant

ND : Non défini

Sur la base des résultats de la méta-analyse de Dong et al. (2011), il est considéré que les recommandations proposées par l'Afssa en 2001 sont plus protectrices que celles proposées par l'EFSA car elles permettent de tenir compte d'un moindre risque de diabète de type 2, même si des incertitudes persistent sur la caractérisation de la relation entre l'apport en magnésium et le risque.

Ainsi, aucun BNM n'est fixé mais il est choisi de maintenir ces recommandations sous la forme d'apport satisfaisant :

- Homme :
- AS : 420 mg/j
- Femme :
- AS : 360 mg/j

L'Efsa confirme la LSS de 250 mg/j proposée en 2006 qui s'applique au magnésium dissociable (sulfate, chlorure, lactate...) et à l'oxyde de magnésium consommé sous forme de compléments alimentaires ou ajouté aux boissons et aliments, sur la base d'études montrant l'absence d'effet secondaire gastro-intestinal (diarrhée) à ce niveau d'apport supplémentaire (EFSA 2015h).

## Le manganèse

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 17)*

La plupart des agences, le D-A-CH (2015), l'IOM (2001), NHMRC (2006) ont établi des références nutritionnelles sur la base des apports médians observés dans une population considérée en bonne santé.

L'Afssa en 2001 a considéré que le besoin se situait entre 1 et 2,5 mg/j mais n'a pas été en mesure de proposer une valeur de référence.

L'Efsa a considéré en 2013 que dans les fourchettes d'apports usuels, les biomarqueurs potentiels actuellement utilisés pour définir le statut en manganèse (concentration sérique ou cellulaire, activités enzymatiques) étaient trop peu sensibles pour servir de critères à la fixation des valeurs de référence pour le manganèse. Il y a trop peu d'études épidémiologiques sur le lien entre l'apport ou les marqueurs du statut en manganèse et les

conséquences sur la santé pour qu'elles puissent être utilisées pour fixer des valeurs de référence (EFSA 2013a).

De nombreuses études de bilan manganique ont été publiées : il apparaît que des bilans équilibrés ou positifs sont constamment retrouvés au-delà d'un apport de 2,5 mg/j, montrant que ce bilan peut s'équilibrer dans une large gamme d'apports.

Ainsi, l'Efsa a considéré que l'apport moyen se situe vers 3 mg/j dans une majorité d'enquêtes alimentaires conduites au niveau européen et a conclu que cette valeur constituait un apport satisfaisant pour la population européenne.

**Tableau 17. Bilan des références nutritionnelles pour le manganèse (mg/j)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2013)	EFSA (2013)	IOM (2001)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
âge	+ de 18	+ de 15	+ de 18	+ de 19	+ de 19		
BNM	1-2,5	ND	ND	ND	ND	-	-
Référence populationnelle	ND	2-5*	3*	2,3*	5,5*	-	-
<b>Femmes</b>							
âge	+ de 18	+ de 15	+ de 18	+ de 19	+ de 19		
BNM	1-2,5	ND	ND	ND	ND	-	-
Référence populationnelle	ND	2-5*	3*	1,8*	5*	-	-

\*Apport satisfaisant, ND : Non défini

### Conclusion

La démarche de l'EFSA est suivie et il est décidé d'adopter comme apport satisfaisant la valeur moyenne de la consommation de la population française (étude INCA 2) considérant qu'il n'y a aucune indication de déficience en manganèse dans cette population. Cet apport moyen est un peu plus faible que celui rapporté par l'EFSA. Ainsi, les références nutritionnelles suivantes sont retenues :

- Hommes de +18 ans :  
AS : 2,8 mg/j
- Femmes de +18 ans  
AS : 2,5 mg/j

L'Efsa confirme que les études menées chez l'animal n'ont pas permis d'identifier une NOAEL, et compte tenu des données limitées chez l'homme, il n'est pas possible de proposer une limite de sécurité pour le manganèse (EFSA 2013a).

### Le phosphore

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (Tableau 18)*

Chez l'adulte, le besoin nutritionnel moyen en phosphore a été déterminé par la méthode factorielle, à partir de la quantité de phosphore absorbée nécessaire au maintien d'une phosphorémie au niveau de la limite basse des valeurs normales, et en retenant une absorption fractionnaire de 65 %. Sur cette base, le besoin nutritionnel a été fixé de façon consensuelle par la plupart des agences à 580 mg/j chez l'homme et chez la femme. Les références populationnelles diffèrent selon le choix du coefficient de variation appliqué : il a été fixé à 10 % par l'IOM, 15 % par l'Afssa et 35 % par le NHMRC. La valeur de 35 % dérive des quantités de phosphore devant être ingérées pour faire passer la phosphorémie de la

borne inférieure des valeurs considérées comme normales (0,87 mmol/L) à la médiane (1,00 mmol/L) tandis que les valeurs de 10 et 15 % correspondent aux coefficients de variation généralement admis pour les besoins nutritionnels.

Les recommandations du NCM ont été fixées sur la base d'un rapport molaire idéal P/Ca = 1, conduisant du fait des différences de masse atomique à des valeurs de référence pour le phosphore égales au 2/3 de celles proposées par le calcium.

Considérant que le calcium et le phosphore sont en proportion équimolaire dans l'organisme, l'Efsa a également basé ses valeurs de référence sur celles proposées pour le calcium (EFSA 2015c). Cette agence propose un apport satisfaisant de 700 mg/j calculé à partir de la référence populationnelle pour le calcium de 950 mg/j et du rapport des masses atomiques du phosphore et du calcium (P/Ca = 0,775), en arrondissant le résultat final (738 mg/j) à la centaine inférieure pour tenir compte d'une biodisponibilité supérieure du phosphore par rapport au calcium.

**Tableau 18. Bilan des références nutritionnelles pour le phosphore (mg/j)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2013)	EFSA (2014)	IOM (2001)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS
<b>Hommes</b>							
âge	20-65	+ de 19	+ de 18	19-70	+ de 19	18-20 >21	
BNM	580	ND	ND	580	580	-	-
Référence populationnelle	750	700*	700*	700	1000	700 600	-
<b>Femmes</b>							
âge	20-65	+ de 19	+ de 18	19-70	+ de 19	18-20 >21	
BNM	580	ND	ND	580	580	-	-
Référence populationnelle	750	700*	700*	700	1000	700 600	-

\* Apport satisfaisant, ND : Non défini

### Conclusion

Il est proposé de retenir la valeur de référence proposée par l'EFSA, proche de la référence populationnelle fixée en 2001 et égale à la référence populationnelle proposée par l'IOM.

En conséquence, les valeurs de référence retenues ici pour la population adulte sont les suivantes :

- Hommes et femmes de 20 à 65 ans  
AS : 700 mg/j

En 2006, l'EFSA a considéré que les troubles gastro-intestinaux observés chez quelques individus consommant des compléments à base de phosphore (>750 mg/j) ne permettaient pas de proposer une limite de sécurité pour toutes les formes de phosphore. En 2015, l'EFSA confirme qu'aucune LSS ne peut être proposée pour cet élément (EFSA 2015c).

## Le potassium

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus* **Tableau 19)**

En 2001, l'Afssa n'a pas proposé de recommandation pour le potassium et a considéré que les apports usuels observés dans les pays occidentaux (entre 60 et 150 mmol soit 2340 à 5850 mg par 24 h) pourraient constituer un apport satisfaisant.

L'IOM (2001) a proposé un apport satisfaisant en potassium de 4700 mg/j qui permette de limiter les élévations de pression artérielle associées à des apports sodiques élevés et qui réduise les risques de calculs rénaux et de perte minérale osseuse.

Le NHMRC (2006) a également proposé un apport satisfaisant, fixé à 3800 mg/j, qui correspond à l'apport médian en potassium dans l'enquête nationale de consommation.

Les références populationnelles du NCM (2014) reposent principalement sur des considérations relatives à la pression artérielle.

L'OMS a fixé la valeur de référence pour le potassium par rapport à la valeur maximale proposée pour le sodium fixé à 2000 mg afin de respecter un rapport molaire Na/K égal à 1 (WHO 2012a).

**Tableau 19. Bilan des références nutritionnelles pour le potassium (mg/j)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2013)	EFSA	IOM (2001)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2012)
<b>Hommes</b>							
âge	+ de 18	+ de 15	+ de 18	+ de 19	+ de 19	+ de 18	+ de 18
BNM	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND
Référence populationnelle	ND	2000	-	4700*	3800*	3500	3510 <sup>§</sup>
<b>Femmes</b>							
âge	+ de 18	+ de 15	+ de 18	+ de 19	+ de 19	+ de 18	+ de 18
BNM	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND
Référence populationnelle	ND	2000	-	4700*	2800*	3100	3510 <sup>§</sup>

\* Apport satisfaisant

<sup>§</sup> Sur la base d'un apport en sodium de 2000 mg, pour maintenir un rapport molaire Na/K =1

ND : Non défini

### *Conclusion*

La démarche utilisée par l'OMS en 2012 est retenue. Il est proposé de retenir un ratio équimolaire de sodium et de potassium. Le choix d'une référence nutritionnelle pour le K est donc conditionné par l'apport en sodium.

L'EFSA (2006) a considéré que les données étaient insuffisantes pour proposer une limite de sécurité pour le potassium apporté naturellement par l'alimentation.

## Le sélénium

*Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus* (Tableau 20)

Comme la plupart des autres instances d'experts telles que l'IOM, l'OMS et le NHMRC, l'Afssa avait utilisé en 2001 la saturation de l'activité de la glutathion peroxydase plasmatique pour établir un ANC à 1 µg/kg de poids corporel, soit 70 µg/j. Il est suggéré que la sélénoprotéine P, qui permet de réguler l'homéostasie du sélénium et est indispensable à son transfert cellulaire, pourrait constituer un marqueur plus pertinent dont la maximisation permettrait de considérer que toutes les fonctions du sélénium sont alors assurées.

Ainsi le NCM (2014) et l'EFSA (2014) ont utilisé ce biomarqueur pour établir leur référence nutritionnelle. L'Efsa a toutefois considéré que les études portant sur la relation entre les apports alimentaires de sélénium et les concentrations plasmatiques de sélénoprotéine P étaient insuffisantes pour établir un BNM sur cette base mais permettaient de définir un apport satisfaisant, fixé à 70 µg/j pour les hommes et les femmes (EFSA 2014h). L'Efsa se fonde notamment sur des données d'apports de 50–60 µg/j considérés comme suffisants pour que la concentration en sélénoprotéine P atteigne un plateau, et sur des données sur des populations finlandaises, américaines et britanniques qui ont rapporté que des apports de plus de 100 µg/j permettaient d'atteindre ce plateau.

L'Efsa a également réalisé une revue des études d'observation et des études cliniques contrôlées avec répartition au hasard portant sur les relations entre les apports en sélénium et certains paramètres de santé. Cette revue n'a pas montré de bénéfice supplémentaire associé aux apports en sélénium supérieurs à celui nécessaire pour atteindre le plateau de concentration de sélénoprotéine P.

**Tableau 20. Bilan des références nutritionnelles pour le sélénium (µg/j, sauf indication contraire)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA (2014)	IOM (2000)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
âge	20-65	+ de 19	+ de 18	+ de 19	+ de 19	+ de 18	19-65
BNM	ND	ND	ND	45	60	ND	ND
Référence populationnelle	1 µg/kg/j	70*	70*	55	70	60*	34*
<b>Femmes</b>							
âge	20-54	+ de 19	+ de 18	+ de 19	+ de 19	+ de 18	19-65
BNM	ND	ND	ND	45	50	ND	ND
Référence populationnelle	1 µg/kg/j*	60*	70*	55	60	50*	26*

\*Apport satisfaisant

ND : Non défini

### Conclusion

Le groupe de travail reprend les conclusions de l'EFSA et adopte ainsi un apport satisfaisant très proche de la valeur déterminée par l'Afssa en 2001 :

➤ Hommes et femmes de 20 à 65 ans

AS : 70 µg/j

En 2006, l'Efsa a établi une limite de sécurité à 300 µg/j fondée sur une étude de cohorte de sujets atteints de sélénotoxicose ayant permis de dériver une dose sans effet de 850 µg/j et en lui appliquant un facteur d'incertitude de 3. En 2014, l'Efsa confirme cette LSS (EFSA 2014h).

### Le sodium

Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (**Tableau 21**)

L'homéostasie du sodium est étroitement contrôlée à travers l'activité de nombreux systèmes de transports régulés par différents systèmes hormonaux, notamment le système rénine-angiotensine-aldostérone. Le bilan sodique peut ainsi s'équilibrer à des niveaux d'apport très variables, si bien que l'élimination urinaire journalière de sodium (natriurèse de 24 h) est, en pratique médicale ou épidémiologique et pour les niveaux d'apport usuels, considérée comme un excellent reflet des apports alimentaires.



Certains organismes (Afssa, NCM, OMS, D-A-CH) ont fixé un besoin minimal aux alentours de 500 mg/j, sur la base de données de bilan. Aucun toutefois n'a jugé les données suffisantes pour permettre l'établissement d'un besoin nutritionnel moyen ou d'une référence nutritionnelle pour la population. Ces organismes ont proposé pour le sodium un apport satisfaisant (NHMRC), des limites maximales d'apport (OMS, NCM, IOM) ou encore des mesures de gestion (Afssa 2002) fondées le plus souvent sur la prévention d'un risque d'hypertension artérielle pour une partie de la population.

Seul le NHMRC (2006) a estimé un apport satisfaisant en s'appuyant sur ce besoin minimal, et l'a établi de manière à assurer un apport adéquat en d'autres nutriments. Il précise que cet apport satisfaisant n'est pas adapté aux personnes très actives comme les athlètes pratiquant des sports d'endurance ou les travailleurs de force exposés à des fortes températures qui ont donc des pertes sudorales plus élevées.

A ce jour, l'Efsa n'a pas mis en consultation la révision des références nutritionnelles pour le sodium.

**Tableau 21. Bilan des références nutritionnelles pour le sodium (mg/j)**

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA	IOM (2005)	IOM (2013)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2012)
<b>Hommes</b>								
âge	18-75	+ de 19	+ de 18	+ de 19	+ de 19	+ de 19	+ de 18	+ de 19
Besoin minimal	De 575 à 787	550	-	ND	ND	ND	575	200-500
BNM	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND
Référence populationnelle	ND	ND	-	1500	ND	460-920*	ND	ND
Limite d'apport tolérable	ND	ND	-	2300	ND	ND	2400*	2000*
<b>Femmes</b>								
âge	18-75	+ de 19	+ de 18	+ de 19	+ de 19	+ de 19	+ de 18	+ de 19
Besoin minimal	De 575 à 787	550	-	ND	ND	ND	575	200-500
BNM	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND
Référence populationnelle	ND	ND	-	1500*	ND	460-920*	ND	ND
Limite d'apport tolérable	ND	ND	-	2300	ND	ND	2400*	2000*

\*Apport satisfaisant

ND : Non défini

### Conclusion

L'OMS en 2012, le NCM en 2014 et l'IOM en 2005 ont fixé des limites maximales d'apport sur la base du risque d'hypertension. Ce critère intermédiaire est considéré comme un critère de substitution aux données de morbidité cardiovasculaire, sans que le lien direct entre apports de sodium et risque d'accident vasculaire cérébral (AVC) et d'accident coronariens ne soit clairement démontré. Cependant, l'OMS a considéré que la relation forte entre la pression artérielle et le risque de maladies cardiovasculaires prouvait de manière indirecte mais suffisante que la réduction des apports sodés pouvait réduire le risque de maladie cardiovasculaire (MCV) par le biais d'une diminution de la pression artérielle.

En 2013, l'IOM a remis en cause sa limite d'apport tolérable de 2300 mg/j, considérant que les résultats des études épidémiologiques portant sur le risque cardiovasculaire (et non pas sur un facteur intermédiaire comme l'hypertension) ne sont ni concordants ni suffisants pour

déterminer si un apport inférieur à ce seuil augmente ou réduit le risque de MCV ou la mortalité toute cause confondue.

Par ailleurs, la relation entre les apports sodés et la pression artérielle est un débat de longue date, déjà évoqué par l'Afssa en 2001. En effet, chez le sujet normotendu et *a priori* bien portant, le niveau de la pression artérielle ne dépend pas ou peu de la quantité de sel consommée, ce qui n'est pas le cas chez le sujet hypertendu et/ou sensible au sel (Afssa 2001). Des données récentes vont également dans ce sens (Mente *et al.* 2014).

En outre, une méta-analyse (Graudal *et al.* 2014) et deux études prospectives récentes rapportent une relation en U ou en J entre les apports sodés et le risque cardiovasculaire (Pfister *et al.* 2014, O'Donnell *et al.* 2014). Cependant la réalité de l'augmentation de risque aux faibles doses d'apport fait débat. En effet, dans l'étude de Pfister *et al.*, (2014), l'ajustement sur la présence de troubles cardiaques ou inflammatoires pré-existants ne rend plus significative l'élévation du risque de crise cardiaque pour les apports sodés faibles.

Etant donné les limites de ces études d'observation, notamment la causalité inverse, la revue Cochrane de 2014 s'appuie uniquement sur des essais d'intervention. Elle corrobore le rapport de l'IOM en concluant à une insuffisance de données pour confirmer un effet cliniquement pertinent de la réduction des apports sodés sur la mortalité cardiovasculaire chez les sujets normotendus ou hypertendus (Adler *et al.* 2014).

Les experts rejoignent la position de l'IOM (2013) et estiment que les données sont insuffisantes pour fixer une valeur de référence supérieure de type LSS, ou « inférieure » de type RNP ou AI. Ils soulignent toutefois, notamment au regard du lien entre les apports en sel et le risque d'hypertension et l'association positive entre l'hypertension et le risque de maladie cardiovasculaire, la nécessité de réaliser une analyse systématique approfondie de l'ensemble des études disponibles afin de déterminer une LSS.

## Le zinc

Etat des lieux des références nutritionnelles fixées par les organismes internationaux et nationaux retenus (**Tableau 22**)

En l'absence de marqueur du statut en zinc, le besoin nutritionnel en zinc a été établi par la plupart des agences nationales et internationales en utilisant une approche factorielle, et en retenant des coefficients d'absorption fractionnaire variables selon les contextes alimentaires. Un coefficient de 40 % a ainsi été retenu par les pays nordiques (NCM 2014) aboutissant à des apports et valeurs recommandées légèrement inférieures à celles proposées par l'IOM ou l'Afssa en 2001.

Les recommandations d'apport en zinc ont été récemment revues par l'Efsa. La quantité de zinc devant être absorbée pour compenser l'ensemble des pertes totales (besoin physiologique) a été estimée par régression, en tenant compte de la colinéarité entre l'absorption et les pertes fécales. Ce besoin est lié au poids corporel par l'équation suivante :

$$\text{Besoin physiologique (mg/j)} = 0,642 + 0,038 \times \text{poids}$$

L'absorption fractionnaire du zinc a été estimée en utilisant un modèle récemment développé et prenant en compte les quantités de zinc et de phytates ingérées. A partir de ces estimations, l'Efsa a proposé des estimations du besoin nutritionnel moyen et des références populationnelles pour les hommes et les femmes, en prenant en compte des poids au 50<sup>ème</sup> (58,1 et 68,1 kg respectivement) et au 97,5<sup>ème</sup> centile (68,1 et 79,4 kg respectivement), pour des individus ayant des IMC de 22, et des apports en phytates de 300, 600, 900 et 1200 mg/j. Les valeurs présentées dans le tableau 25 correspondent aux besoins et recommandations pour les apports minimaux et maximaux en phytates (EFSA 2014i).

Tableau 22. Bilan des références nutritionnelles pour le zinc (mg/j)

	Afssa (2001)	D-A-CH (2015)	EFSA (2014)	IOM (2001)	NHMRC (2006)	NCM (2014)	OMS (2004)
<b>Hommes</b>							
âge	20-65	+ de 19	+ de 18	+ de 19	+ de 19	+ de 18	+ de 19
<i>BNM</i>	-	7,5	7,5-12,7	9,4	12,0	6,4	-
<i>Référence populationnelle</i>	9-14 pour des régimes avec forte et faible biodisponibilité	10	9,4-16,3 selon l'apport en phytates (300-1200 mg/j)	11	14,0	8	4,2-7,0-14,0 pour des régimes avec forte, moyenne et faible biodisponibilité
<b>Femmes</b>							
âge	20-54	+ de 19	+ de 18	+ de 19	+ de 19	+ de 18	19-50
<i>BNM</i>	-	5,5	6,2-10,2	-	6,5	5,7	-
<i>Référence populationnelle</i>	7 – 12 pour des régimes avec forte et faible biodisponibilité	7	7,5-12,7 selon l'apport en phytates (300-1200 mg/j)	8	8,0	7	3,0-4,9-9,8 pour des régimes avec forte, moyenne et faible biodisponibilité

\* Apport satisfaisant

### Conclusion

Les conclusions de l'Efsa concernant les BNM et RNP d'apport en zinc sont retenues. Les niveaux de consommation de phytates dans la population française ne sont pas connus. Compte tenu des niveaux de consommation modérés de produits céréaliers complets et de légumineuses dans la population française, et de quelques données disponibles pour d'autres pays européens (Royaume-Uni, Italie, Suède, Italie), il ne semble pas raisonnable de retenir pour la population générale la valeur la plus haute de la fourchette proposée par l'Efsa et correspondant à une consommation de 1200 mg/j de phytates. Ces valeurs hautes pourraient être adaptées aux sous-populations très faibles ou non-consommatrices de produits animaux. Les poids médians et maximums utilisés pour ces estimations sont inférieurs aux poids médians utilisés pour les recommandations à la population française. Cependant, compte tenu du faible coefficient associé au poids dans l'équation servant au calcul des besoins, il n'est pas nécessaire de réviser les estimations faites par l'Efsa.

Dans ces conditions, les valeurs de référence sont donc les suivantes (pour des apports en phytates de 300 et 900 mg/j) :

- Homme :  
BNM : 7,5 – 11 mg/j  
RNP : 9,4 – 14 mg/j
- Femme :  
BNM : 6,2 – 8,9 mg/j  
RNP : 7,5 – 11,0 mg/j

En 2006, l'Efsa se fondant sur une série d'études réalisées dans des conditions d'apport très contrôlées et montrant une altération de marqueurs du statut en cuivre chez des sujets consommant 50 mg de zinc a proposé une limite de sécurité de 25 mg/j en retenant un facteur d'incertitude de 2 pour tenir compte du faible nombre d'individus inclus dans les études servant de base à l'établissement de la limite supérieure de sécurité. En 2014, l'Efsa a confirmé cette LSS (EFSA 2014i).

L'ensemble de ces références est récapitulé dans le **Tableau 23** pour les hommes et le **Tableau 25** pour les femmes.

**Tableau 23. Récapitulatif des références nutritionnelles pour les hommes adultes**

Nutriment	BNM	RNP	AS	Observations	Source	LSS <sup>12</sup>
Vitamine A (µg ER/j)	570	750			EFSA, 2015	3000
Vitamine B1 (mg)			0,14 mg/M J Soit 1,5 mg/j	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des marqueurs métaboliques	Afssa, 2001	ND
Vitamine B2 (mg)			0,17 mg/MJ Soit 1,8 mg/j	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des marqueurs métaboliques	Afssa, 2001	ND
Vitamine B3 (mg)	1,3 mg NE/MJ Soit 14,4 mg/j	1,6 mg NE/MJ Soit 17,4 mg/j			EFSA, 2014	10 (a. nicotinique) 900 (nicotinamide)
Vitamine B5 (mg)			5,8	Apport satisfaisant égal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2014 Adapté à la population française	ND
Vitamine B6 (mg)			1,8	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	Afssa, 2001	25
Vitamine B9 (µg EFA)	250	330			EFSA, 2014	1000 (a. folique)
Vitamine B12 (µg)			4	Apport satisfaisant issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2015	ND
Vitamine C (mg)	90	110			EFSA, 2013	ND
Vitamine D (µg)	10	15			IOM, 2011	50
Vitamine E (mg)			10,5	Apport satisfaisant Egal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2015 Adapté à la population française	300
Calcium (mg)	860 750	1000 950		Avant 25 ans Après 25 ans	EFSA, 2015	2500

<sup>12</sup> Les LSS proviennent des avis de l'Efsa de 2006 et actualisé dans les avis de l'Efsa sur chaque vitamine et minéral publié depuis 2013

Nutriment	BNM	RNP	AS	Observations	Source	LSS <sup>12</sup>
Cuivre (mg)	1	1,3			Afssa, 2001 adapté sur la base d'études récentes	5
Fer (mg)	6	11			EFSA, 2015	ND
Iode (µg)			150	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2014	600
Magnésium (mg)			420	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des données épidémiologiques	Afssa, 2001 adapté sur la base d'études récentes	ND
Manganèse (mg)			2,8	Apport satisfaisant Egal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2013 Adapté à la population française	ND
Phosphore (mg)			700	Apport satisfaisant Basé sur un rapport équimolaire Ca/P	EFSA, 2014	ND
Potassium (mg)				A déterminer sur la base d'un rapport équimolaire Na/K	OMS, 2012	ND
Sélénium (µg)			70	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2014	300
Sodium (mg)	-	-		Données disponibles non consensuelles	-	ND
Zinc (mg)	7,5 9,3 11	9,4 11,7 14		apport en phytates : 300 mg apport en phytates : 600 mg apport en phytates : 900 mg	EFSA, 2014	25

ND : non défini, les données disponibles n'ont pas permis de fixer une NOAEL<sup>13</sup> ou un seuil au-delà duquel une toxicité a été mise en évidence.

EFA : équivalent folate alimentaire

NE : équivalent niacine

<sup>13</sup> No Observed Adverse Effect Level : dose sans effet toxique

Tableau 24. Récapitulatif des références nutritionnelles pour les femmes adultes

Nutriment	BNM	RNP	AS	Observations	Source	LSS
Vitamine A (µg ER)	490	650			EFSA, 2015	3000
Vitamine B1 (mg)			0,14 mg/MJ Soit 1,2 mg/j	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des marqueurs métaboliques	Afssa, 2001	ND
Vitamine B2 (mg)			0,17 mg/MJ Soit 1,5 mg/j	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des marqueurs métaboliques	Afssa, 2001	ND
Vitamine B3 (mg)	1,3 mg EN/MJ Soit 11,4 mg/j	1,6 mg EN/MJ Soit 14 mg/j			EFSA, 2014	10 (a. nicotinique) 900 (nicotinamide)
Vitamine B5 (mg)			4,7	Apports satisfaisant Egal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2014 Adapté à la population française	ND
Vitamine B6 (mg)			1,5	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	Afssa, 2001	25
Vitamine B9 (EFA µg)	250	330			EFSA, 2014	1000 (a. folique)
Vitamine B12 (µg)			4	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2015	ND
Vitamine C (mg)	90	110			EFSA, 2013	ND
Vitamine D (µg)	10	15			IOM, 2011	50
Vitamine E (mg)			9,9	Apport satisfaisant Egal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2015 Adapté à la population française	300
Calcium (mg)	860 750	1000 950		Avant 25 ans Après 25 ans	EFSA, 2015	2500
Cuivre (mg)	0,8	1			Afssa, 2001 adapté sur la base d'études récentes	5
Fer (mg)	6	11 ou 16		selon utilisation d'une contraception hormonale	EFSA, 2015	ND
Iode (µg)			150	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2014	600
Magnésium (mg)			360	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à des données épidémiologiques	Afssa, 2001 adapté sur la base d'études récentes	ND



Nutriment	BNM	RNP	AS	Observations	Source	LSS
Manganèse (mg)			2,5	Apport satisfaisant Egal à la moyenne de consommation de la population française INCA2	EFSA, 2013 Adapté à la population française	ND
Phosphore (mg)			700	Apport satisfaisant Basé sur un rapport équimolaire Ca/P	EFSA, 2014	ND
Potassium (mg)				A déterminer sur la base d'un rapport équimolaire Na/K	OMS, 2012	ND
Sélénium (µg)			70	Apport satisfaisant Issu de données d'apports associées à un marqueur métabolique	EFSA, 2014	300
Sodium (mg)	-	-		Données disponibles non consensuelles	-	ND
Zinc (mg)	6,2 7,6 8.9	7,5 9,3 11		apport en phytates : 300 mg apport en phytates : 600 mg apport en phytates : 900 mg	EFSA, 2014	25

ND : non défini, les données disponibles n'ont pas permis de fixer une NOAEL<sup>14</sup> ou un seuil au-delà duquel une toxicité a été mise en évidence.

EFA : équivalent folate alimentaire

EN : équivalent niacine

## 2.2.6 Identification des références nutritionnelles pour les macronutriments énergétiques

Les références nutritionnelles pour les macronutriments énergétiques ont été définies par un GT dédié, dont la réflexion a porté d'une part sur l'équilibre entre les lipides, glucides et protéines et d'autre part sur l'élaboration de références nutritionnelles pour les glucides dont les sucres et les fibres. Ces travaux font l'objet de rapports spécifiques intitulés « Contribution des macronutriments à l'apport énergétique » (Anses 2017e) « établissement de recommandations d'apport en sucres » (Anses 2017c) et « recommandations d'apports en fibres » (Anses 2017f).

## 2.2.7 Identification d'une référence nutritionnelle pour l'eau

En 2010, l'EFSA a défini un apport satisfaisant en eau pour les hommes et femmes adultes de niveau d'activité physique modéré (NAP = 1,6) et vivant dans un milieu tempéré. Cet apport satisfaisant concerne toutes les sources d'eau, c'est-à-dire l'eau de boisson, l'eau présente dans les autres boissons et l'eau contenue dans les aliments.

L'EFSA estime que les données disponibles pour les adultes permettent de définir un apport satisfaisant, basé à la fois sur les apports observés et sur les données d'apports permettant d'atteindre une osmolarité urinaire adéquate de 500 mosm/L. L'apport satisfaisant est ainsi défini à 2 L/j pour les femmes et à 2,5 L/j pour les hommes (EFSA 2010b).

La partie 5.4.2 détaillera la méthode de prise en compte des nutriments dans l'outil d'optimisation.

<sup>14</sup> No Observed Adverse Effect Level : dose sans effet toxique

## 3 Prévenir les maladies chroniques non transmissibles

### 3.1 Objectif et démarche

L'objectif de ce travail était de caractériser, d'un point de vue épidémiologique, les relations entre les groupes alimentaires et le risque des principales maladies non transmissibles (maladies cardiovasculaires, diabète de type 2, surpoids/obésité, cancers du sein, de la prostate et colorectal, santé osseuse et santé mentale), afin de fournir des bases scientifiques à l'actualisation des repères de consommations alimentaires du PNNS.

Ce travail fait l'objet d'un rapport spécifique intitulé « Etude des relations entre consommation de groupes d'aliments et risque de maladies chroniques non transmissibles » (Anses 2017d). Ce chapitre constitue une synthèse de ces travaux.

De nombreux organismes ont réalisé ce type d'expertise auparavant et les travaux les plus récents ont servi de point de départ à la recherche bibliographique. Ainsi, après un examen des documents de consensus existants au niveau international (EFSA, OMS, etc.), le rapport du NHMRC portant sur la bibliographie disponible jusque fin 2009 (NHMRC 2011) a été choisi comme point de départ pour toutes les maladies sauf les cancers. Pour les cancers, le rapport du world cancer research found, WCRF publié en 2007 et ses mises à jour (*Continuous Update Project, CUP*) ont été sélectionnés (WCRF 2007, 2011). La recherche bibliographique a ainsi porté sur les années postérieures à ces expertises. Les travaux de l'OMS/CIRC ont été également examinés.

La majorité des travaux recensés provient d'études prospectives d'observation qui ne permettent pas en tant que telles de définir un lien de causalité mais seulement l'existence d'une association statistique entre le groupe d'aliment considéré et la maladie étudiée. En complément, les méta-analyses prises en compte dans cette expertise, permettent d'augmenter la précision et d'expliquer d'éventuelles contradictions apparentes résultant d'une hétérogénéité des études qui peut être résolue par une analyse en sous-groupes.

Le WCRF a défini quatre niveaux de preuve pour qualifier les relations, qui ont été adoptés par le groupe de travail :

- relations « *convaincantes* » : il existe plusieurs études de bonne qualité dont au moins 2 études prospectives indépendantes, sans hétérogénéité inexpliquée, avec une plausibilité biologique soutenue par des études expérimentales soit chez l'homme, soit dans des modèles animaux pertinents. Il existe un effet dose/réponse d'association non nécessairement linéaire si la non-linéarité est plausible biologiquement.
- relations « probables » : il existe 2 études prospectives indépendantes ou au moins 5 études cas-témoins de bonne qualité, sans hétérogénéité inexpliquée, et une plausibilité biologique de la relation.
- relations « limitées mais suggestives » : les données suggèrent une augmentation ou une réduction du risque mais sont insuffisantes pour conclure à une relation de causalité.
- relations « insuffisantes » : il n'y a pas suffisamment de données pour conclure.

Ne sont présentées ici que les relations dont le niveau de preuve est qualifié de « convaincant », « probable » et « limité mais suggestif ».

Par ailleurs, les maladies étudiées dans cette expertise se manifestant essentiellement avec l'avancée en âge, les études disponibles portent généralement sur des populations adultes, ce qui limite nos conclusions à ces seules populations.

L'analyse de l'ensemble des études a mis en évidence :

- des groupes d'aliments associés uniquement à l'augmentation du risque de maladies ;
- des groupes d'aliments associés uniquement à la diminution du risque de maladies ;
- des groupes d'aliments dont la consommation est à la fois associée à une diminution du risque de certaines maladies et à l'augmentation du risque d'autres maladies.

Les études considérées dans cette revue portent principalement sur des populations consommant des régimes de type occidental. Cependant, l'offre alimentaire, les modes de consommation et les prévalences de polymorphismes génétiques sont très variables d'un pays à l'autre, même au sein des pays dits occidentaux. Ainsi les facteurs de confusion peuvent varier selon le contexte, ce qui limite l'extrapolation des conclusions des études étrangères.

Les études considérées dans cette expertise sont des études épidémiologiques d'observation portant sur des groupes d'aliments, et non pas sur des nutriments ou micro-constituants. De ce fait, les variations de risque observées intègrent simultanément l'effet des nutriments, des micro-constituants, des éventuels contaminants et de la matrice alimentaire d'un groupe d'aliments donné. En outre, la majorité des études prospectives ont suivi des cohortes sur de nombreuses années, permettant d'estimer les relations à long terme entre la consommation d'aliments et l'incidence de maladies évoluant lentement. Néanmoins, les habitudes alimentaires et les compositions en nutriments et en contaminants évoluent dans le temps, ce qui limite la compréhension de ces relations.

Dans son analyse, le groupe de travail a porté une attention particulière aux quantités d'aliments associées aux diminutions ou aux augmentations de risques. Cependant, il s'est avéré discutable d'en extraire des recommandations quantifiées. En effet, les quantités associées à une variation du risque sont spécifiques de l'étude (caractéristiques de la population et de l'alimentation, méthode d'enquête alimentaire utilisée, évaluation discontinue par groupes de centiles ou continue par incrément...) et les risques sont toujours estimés de façon relative à un groupe de référence, groupe qui peut varier d'une étude à l'autre. Par ailleurs, certaines méta-analyses, bien qu'elles présentent l'avantage de « lisser » la variabilité inter-études, expriment les variations de risque par incrément de consommation (relation dose-effet) et non par référence à une valeur seuil. De plus, les relations entre groupes d'aliments consommés et niveaux de risques sont valables pour l'intervalle d'apports observés dans la population étudiée. L'extrapolation en dehors de ces limites est donc hasardeuse.

## 3.2 Synthèse des relations épidémiologiques

### 3.2.1 Relations entre consommation de groupes d'aliments et risque de maladies chroniques non transmissibles

La consommation de certains groupes d'aliments **augmente** le risque de certaines maladies chroniques. C'est le cas de la viande hors volaille, de la charcuterie et des boissons sucrées.

#### Viande hors volaille et charcuterie

Dans la plupart des études épidémiologiques et dans les documents d'expertise internationaux, le terme de « viande hors volaille » c'est-à-dire les viandes de bœuf, porc, veau, mouton, agneau, chèvre et cheval est regroupée sous le terme « red meat ». Pour éviter tout risque de confusion avec le terme « viande rouge » qui en français regroupe les viandes de bœuf, mouton, agneau et cheval, le terme « viande hors volaille » est utilisé dans ce document.

De la même façon il convient de préciser les limites associées au terme charcuterie. Les études épidémiologiques réalisées dans les pays anglo-saxons ne font pas référence à la seule charcuterie mais plus globalement à l'ensemble des viandes transformées. Cette appellation de « viande transformée » correspond à la viande qui a subi des procédés de transformation dans le but d'améliorer la conservation et/ou de développer les arômes, tels que la salaison, le séchage, la fermentation ou le fumage. A titre d'exemples on peut citer le jambon, les saucisses, le bacon, le corned-beef, le bœuf séché et les viandes en conserve. Dans le contexte français, les viandes transformées correspondent essentiellement aux charcuteries (jambon cuit ou cru, saucisses, saucisson, pâté, etc.). Ainsi, les conclusions relatives à la charcuterie sont extrapolées d'études portant sur un groupe d'aliments plus large, celui de la viande transformée. Les consommations de viande hors volaille et de viandes transformées (incluant la charcuterie) augmentent le risque de cancer colorectal avec un niveau de preuve convaincant et le risque de MCV et diabète de type 2 avec un niveau de preuve probable. En outre, la consommation de viande en général ou de viande hors volaille en particulier pourrait augmenter le risque de cancer du sein selon l'expression des récepteurs hormonaux aux œstrogènes (ER) et de cancer de la prostate, ainsi que le risque de prise de poids, avec toutefois un niveau de preuve « limité mais suggestif »<sup>15</sup>.

Pour les maladies pour lesquelles les niveaux de preuve sont jugés convaincants ou probables, les méta-analyses indiquent que pour chaque augmentation d'apport quotidien de viande hors volaille de 100 g, le risque de ces maladies augmente de 10 à 20 %. Pour les viandes transformées incluant la charcuterie, chaque augmentation de 50 g/j induit des augmentations de risque allant jusqu'à 50 %.

Ces données indiquent qu'il est nécessaire de limiter la consommation de viande hors volaille et de charcuterie, sans pouvoir précisément proposer de quantité maximale d'apport. Néanmoins, au regard de l'augmentation du risque engendrée par la consommation de viande hors volaille, il a été jugé nécessaire d'établir une limite maximale d'apport. Pour ce faire, les études épidémiologiques sur le cancer colorectal ont été considérées individuellement : la majorité d'entre elles rapporte une augmentation statistiquement significative du risque, par rapport à la classe de référence, dès 70 à 80 g/j de consommation. Cette valeur rejoint la limite maximale de consommation individuelle de 500 g par semaine de viande hors volaille proposée par le WCRF (WCRF 2011). En ce qui concerne les viandes transformées, l'analyse des études individuelles rapporte des

---

<sup>15</sup> La mise à jour du WCRF sur le cancer de l'estomac conclut également une augmentation du risque de ce cancer associée à la consommation de viande transformée, avec un niveau de preuve probable (WCRF 2016)

augmentations statistiquement significatives de risque à partir de 25 g/j. Ces augmentations étant élevées, et en l'absence de données concernant l'augmentation du risque pour des consommations plus faibles, il a été jugé nécessaire de limiter la consommation de charcuterie.

Il est par ailleurs recommandé de limiter la consommation de viandes cuites à haute température (barbecue, friture, etc.) et de varier les modes de cuisson (bouillie, rôtie, etc.).

Cette analyse du risque lié à la consommation de viande hors volaille est en accord avec celle de l'INCa (Institut National du Cancer) qui conclut à une augmentation du risque de cancer colorectal associée à la consommation de viande hors volaille avec un niveau de preuve « convaincant » (INCA 2014). Elle est également proche de celle du CIRC (Centre international de recherche sur le cancer) dont le but est de classer les composés carcinogènes. Le CIRC considère que la viande hors volaille est classée comme un carcinogène probable (groupe 2A) pour l'homme. Ce classement repose sur des preuves limitées (dues notamment à l'hétérogénéité relative des résultats) provenant d'études épidémiologiques montrant des associations positives entre la consommation de viande hors volaille et le développement du cancer colorectal. Ces éléments sont soutenues par des données d'ordre mécanistique (IARC 2015). C'est-à-dire qu'une association positive a été observée entre l'exposition à la consommation de viande hors volaille et le risque de cancer colorectal mais que d'autres explications pour ces observations (techniquement désignées par les termes de *hasard*, de *biais* ou de *facteurs de confusion*) ne peuvent être exclues. En ce qui concerne la viande transformée, l'INCa qualifie également la relation avec le risque de cancer colorectal de convaincante. De même, le CIRC classe la viande transformée comme un carcinogène pour l'homme (groupe 1). Ce classement repose sur des preuves convaincantes du lien causal entre la consommation de viande transformée et le cancer colorectal chez l'homme. Cette évaluation se fonde généralement sur des études épidémiologiques montrant le développement du cancer chez les personnes exposées. L'augmentation du risque de cancer colorectal est estimée à 18 % pour chaque consommation par pallier de 50 g/j de viandes transformées.

### Boissons sucrées

Le groupe des boissons sucrées comprend des boissons allant du soda contenant uniquement des sucres, à des jus de fruits 100 % pur jus, contenant des vitamines et des fibres, en passant par des nectars, intermédiaires en termes de qualité nutritionnelle. Les boissons incluses dans ce groupe varient selon les études. Ainsi, les méta-analyses ne permettent pas de distinguer notamment les sodas des jus de fruits.

La consommation de boissons sucrées augmente le risque de prise de poids avec un niveau de preuve convaincant : chaque verre de boisson sucrée supplémentaire par jour est associé à une prise de poids de l'ordre de 200 g/an.

Les risques de diabète de type 2 et de MCV sont également augmentés avec un niveau de preuve probable. La consommation quotidienne d'un verre est associée à une augmentation du risque de ces maladies de l'ordre de 20 % par rapport à une consommation nulle ou exceptionnelle (de l'ordre d'une fois par mois).

D'importantes augmentations de risque de prise de poids, de MCV et de diabète de type 2 sont observées avec la consommation d'un verre de boisson sucrée par jour, sans information plus fine en dessous de ce seuil. Ainsi, les données disponibles indiquent qu'il est nécessaire de limiter la consommation des boissons sucrées considérées dans leur globalité.

La consommation de certains groupes d'aliments **réduit** le risque de certaines maladies chroniques. C'est le cas des fruits et légumes et des produits céréaliers complets.

## Fruits et légumes

La consommation de fruits et légumes diminue le risque de MCV avec un niveau de preuve convaincant. Leur consommation est par ailleurs associée à une diminution du risque de cancer colorectal, de cancer du sein de statut ER négatif (ER-), ainsi que de diabète de type 2 et de prise de poids, avec un niveau de preuve « limité mais suggestif ».

Les repères internationaux, repris aux niveaux nationaux, préconisent la consommation quotidienne d'au moins 5 portions de 80 g de fruits et légumes. Pour les MCV, des bénéfices sont observés dès la consommation d'une portion quotidienne. Toute portion supplémentaire, diminue le risque de MCV d'environ 4 %. La consommation d'une plus grande variété de fruits et légumes de familles différentes contribuerait à la consommation d'une large variété de constituants d'intérêt dans la prévention des MCV.

## Produits céréaliers complets

La consommation de produits céréaliers complets diminue le risque de diabète de type 2, de MCV et de cancer colorectal avec un niveau de preuve probable.

Le risque de diabète de type 2 est diminué jusqu'à 25 % pour les consommations les plus élevées. Le risque de cancer colorectal diminue de 20 % pour chaque consommation supplémentaire de 90 g/j.

Sur la base de ces éléments, la consommation de produits céréaliers complets devrait être encouragée, sans qu'une quantité minimale n'ait été identifiée.

Enfin, la consommation de certains groupes d'aliments est associée au risque de plusieurs maladies, en le **réduisant** ou en **l'augmentant** selon la maladie considérée. C'est le cas des produits laitiers et du poisson. Ces relations peuvent également différer selon les modes de préparation.

Pour ces groupes alimentaires, il apparaît nécessaire de disposer de plus d'éléments pour qualifier le risque d'une part, le bénéfice d'autre part afin de permettre de conduire une analyse bénéfice/risque approfondie.

## Lait et produits laitiers

### *Lait*

La consommation de lait diminue le risque de cancer colorectal avec un niveau de preuve probable. L'analyse de la relation dose-effet a montré une relation non linéaire avec une réduction de risque plus prononcée, de l'ordre de 10 %, pour les consommations de lait au-delà de 200 g/j.

En revanche, en ce qui concerne les cancers de la prostate, les données suggèrent une augmentation du risque pour le lait à faible teneur en matière grasse (environ 1 %) ; une augmentation du risque de 6 % est rapportée pour chaque consommation supplémentaire de 200 g/j<sup>16</sup>, avec un niveau de preuve « limité mais suggestif », en l'absence d'association dans les stades avancés.

### *Produits laitiers*

---

<sup>16</sup> Sur la base de 6 études incluses dans la méta-analyse dose réponse du CUP de 2014 - hétérogénéité élevée de 67 % (WCRF 2014)



L'association entre la consommation de produits laitiers, globalement ou par type, et le risque de maladie est moins étayée, et plus difficile à étudier étant donnée notamment la diversité de ce groupe alimentaire. De plus, les types de produits inclus dans ce groupe, ainsi que leur composition nutritionnelle, diffèrent selon les pays (et donc selon les études).

Malgré ces limites, il apparaît que la consommation totale de produits laitiers (dont le lait) diminue probablement le risque de diabète de type 2, avec une diminution du risque de l'ordre de 5 à 10 % pour chaque augmentation de 400 g/j de produits laitiers. En ce qui concerne les types de produits laitiers, la relation semble mieux démontrée pour les yaourts, le fromage, et les produits laitiers à teneur réduite en matière grasse.

La consommation totale de produits laitiers pourrait par ailleurs diminuer le risque de MCV (réduction de risque de l'ordre de 10-20 % pour les plus forts consommateurs de divers produits laitiers) avec un niveau de preuve « limité mais suggestif ».

En revanche, la consommation totale de produits laitiers est associée à une augmentation du risque des cancers de la prostate (tout stade) (augmentation du risque de 7 % pour chaque augmentation de 400 g/j de produits laitiers et de 9 % pour chaque augmentation de 50 g/j de fromage) avec un niveau de preuve « limité mais suggestif ». Les données sont limitées en particulier car aucune association n'est mise en évidence lorsque les résultats sont analysés selon le stade du cancer.

En ce qui concerne le risque de fracture osseuse, le groupe de travail n'a pas permis de conclure quant aux potentielles relations entre la consommation totale de produits laitiers et le risque de fracture sur la base du petit nombre d'études disponibles publiées entre 2009 et 2013. Depuis cette analyse de la littérature, une étude (Michaelsson *et al.* 2014) a rapporté une augmentation du risque de fracture associée à la consommation de lait, uniquement chez les femmes. Compte tenu de ce résultat inhabituel, le CES « nutrition humaine » a mis à jour cette analyse de la littérature en juin 2016 afin de mettre en regard l'ensemble des données disponibles. Depuis fin 2013, quatre études prospectives (y compris celle de Michaelsson *et al.*) et une étude cas-témoins ont été publiées sur le sujet, pour la population adulte. Dans leur ensemble, ces études n'ont pas été conçues spécifiquement pour répondre à la question de l'effet de la consommation des produits laitiers sur le risque de fracture osseuse. Elles manquent de puissance statistique et sont hétérogènes en termes de protocole, de critère d'évaluation et de résultat. Aucune étude n'a retrouvé l'augmentation du risque rapportée dans l'étude de Michaelsson. En conclusion, les données sont insuffisantes pour tirer une conclusion relative au lien entre la consommation de produits laitiers (qu'il s'agisse de l'ensemble des produits laitiers ou de certains types) et le risque de fracture osseuse.

## Poisson

La consommation de poisson diminue le risque de MCV avec un niveau de preuve probable. Pour chaque consommation hebdomadaire supplémentaire, une diminution de mortalité par maladie coronarienne de 6 % a été rapportée. Pour deux consommations hebdomadaires supplémentaires, une réduction du risque d'AVC ischémiques et hémorragiques de 4 % a été rapportée.

Pour la démence, en l'absence de publications plus récentes, les conclusions du rapport du NHMRC australien (2011) selon lesquelles la consommation de poisson est associée à une réduction du risque de démence avec un niveau de preuve probable sont adoptées.

La consommation de poisson est associée à un risque plus élevé de diabète de type 2 dans les populations occidentales, de façon concordante dans les populations nord-américaines et de façon insuffisamment documentée dans les populations européennes. En revanche, elle est associée à une diminution du risque dans les populations asiatiques consommant le poisson cru ou cuit à faible température. Il est suggéré que le mode de préparation et de consommation influence ces relations. Ainsi, des études épidémiologiques supplémentaires

s'avèrent nécessaires pour mieux qualifier les relations entre la consommation de poisson et le risque de diabète de type 2, en prenant en compte le mode de conservation et de cuisson.

En outre, la consommation de poisson cuit à forte température, salé ou fumé serait associée à une augmentation du risque de cancer de la prostate, avec un niveau de preuve « limité mais suggestif ».

### 3.2.2 Les typologies alimentaires

Etant donné les interactions complexes entre les aliments, notamment les substitutions entre groupes alimentaires, l'analyse des liens entre l'alimentation et les maladies chroniques non transmissibles ne peut pas être restreinte à celle d'un nombre limité de groupes alimentaires. L'alimentation dans son ensemble doit être étudiée par les typologies alimentaires.

Ainsi, en complément des résultats précédents sur les groupes alimentaires considérés individuellement, il apparaît que les régimes de type occidental, caractérisés notamment par des consommations élevées de viande hors volaille et de viande transformée (par exemple la charcuterie), pomme de terre et produits céréaliers raffinés, produits laitiers entiers, beurre et pauvres en fruits et légumes, légumineuses, produits céréaliers complets et poissons, augmentent le risque de diabète de type 2 avec un niveau de preuve probable. En outre, les régimes de type occidental sont associés à une augmentation de risque de cancer du sein et du côlon avec un niveau de preuve « limité mais suggestif ».

Les régimes de type méditerranéen ou d'autres régimes de type « sain » et de type « prudent », caractérisés notamment par une forte consommation de légumes, fruits et fruits à coque, légumineuses, poissons et produits céréaliers complets, une consommation modérée d'alcool et de faibles consommations de viande hors volaille et de viandes transformées (par exemple la charcuterie) et de produits laitiers, diminuent le risque de maladies cardiovasculaires avec un niveau de preuve convaincant et sont associés à une diminution du risque de diabète de type 2, de cancer du sein et du cancer colorectal avec un niveau de preuve suggestif mais limité.

Les résultats issus de ces études sur les typologies alimentaires sont cohérents avec les résultats observés sur les groupes alimentaires individuels.

La partie 5.4.3 détaillera la méthode de prise en compte des relations épidémiologiques entre les groupes d'aliments et le risque de maladies dans l'outil d'optimisation.

## 4 Limiter les expositions aux contaminants

Les substances (contaminants et additifs alimentaires) considérées dans ce travail sont celles analysées dans la seconde étude française de l'alimentation totale (EAT2), ainsi que le bisphénol A (BPA), soit 445 substances dont certaines sommées, soit 325 substances ou groupes de substances (Anses 2011). Ces substances ont été considérées comme prioritaires du point de vue de la santé publique lors de la mise en place de l'EAT2. La méthode de sélection, toujours d'actualité, est décrite dans le rapport de l'EAT2.

L'évaluation des risques sanitaires encourus par la population repose sur la comparaison des estimations de l'exposition alimentaire à des valeurs de référence : dose journalière admissible (DJA) ou tolérable (DJT), dose hebdomadaire tolérable provisoire (DHTP), dose mensuelle tolérable provisoire (DMTP), etc. Ces valeurs de référence sont des valeurs maximales à ne pas atteindre. Elles sont couvertes par le terme plus générique de valeur de référence dans le présent rapport.

La sélection des valeurs de références s'est appuyée sur une analyse des valeurs de références établies par les principales instances scientifiques françaises, européennes ou internationales : Anses, EFSA, OMS, US-EPA, ATSDR, JECFA etc. La veille bibliographique a été réalisée jusqu'au premier semestre 2015. La valeur de référence jugée la plus pertinente a été identifiée par les experts dans le cadre de travaux spécifiques qui seront publiés prochainement (voir liste dans le **Tableau 30**, partie 5.4.5 et **Annexe 3**).

La partie 5.4.5 détaillera la méthode de prise en compte des contaminants dans l'outil d'optimisation.

## **5 Identifier les consommations alimentaires répondant aux enjeux nutritionnels, toxicologiques et prenant en compte les habitudes de consommation**

### **5.1 Objectif de la démarche**

Les repères de consommations alimentaires ont habituellement pour objectif de traduire les références nutritionnelles sous forme de combinaisons d'aliments. Cette traduction doit tenir compte de la nécessité de couvrir les besoins nutritionnels de différents groupes de population dans le but de promouvoir la santé et de réduire le risque de maladies, conformément aux recommandations de l'Efsa (EFSA 2010a). Le contexte actuel d'exposition aux contaminants requiert de chercher également à limiter le risque vis-à-vis des contaminants apportés par l'alimentation, dans le processus d'élaboration des recommandations. Ainsi cette approche plus globale s'apparente à une évaluation de type bénéfice-risque. Il s'agit de prendre en compte l'ensemble des données disponibles concernant les risques qu'ils soient liés aux apports en nutriments (apports supérieurs à la limite supérieure de sécurité, LSS) ou à l'exposition aux contaminants (niveau d'exposition supérieur à la valeur toxicologique de référence, VTR) et de les mettre en regard des bénéfices nutritionnels attendus (couverture des besoins et prévention des maladies).

La prévention du risque nutritionnel est le premier enjeu de la démarche d'optimisation des consommations alimentaires développée dans ce travail. Le risque nutritionnel se conçoit à deux niveaux : celui du nutriment, dont la consommation doit couvrir les besoins dans la population considérée et celui des groupes d'aliments, dont la consommation doit réduire le risque de maladies chroniques non transmissibles.

Les habitudes alimentaires sont également un élément important à prendre en considération dans la mesure où cela peut faciliter l'acceptation des repères de consommations alimentaires et leur mise en œuvre. Ce deuxième enjeu se traduit par l'inscription des niveaux optimisés de consommations d'aliments dans la gamme des apports observés dans la population française. Cependant, lorsque la couverture du besoin n'est pas réalisable dans les conditions d'apports observés, des variations peuvent être considérées dans la mesure où elles permettent de conserver une certaine acceptabilité *a priori* : par exemple, une substitution d'aliments de même usage est envisagée, comme la substitution du pain raffiné par du pain complet pour favoriser la couverture des besoins en fibres.

Enfin, le troisième enjeu consiste à prendre en compte les niveaux actuels de contamination des aliments dans le processus d'optimisation des consommations alimentaires pour limiter l'exposition aux contaminants, qu'ils fassent ou non l'objet d'une réglementation d'usage<sup>17</sup>.

Afin de pouvoir intégrer toutes ces informations dans une démarche systématique, un outil informatique d'optimisation des consommations alimentaires a été développé. Les solutions d'optimisation représentent des combinaisons de groupes d'aliments qui permettent de

---

<sup>17</sup> On distingue les substances naturellement présentes dans les aliments ou résultant d'une contamination d'origine environnementale (tels que les contaminants inorganiques et minéraux) des substances utilisées pour des raisons technologiques (telles que les additifs) ou agronomiques (telles que les pesticides) dont l'usage est réglementé.

répondre aux objectifs fixés, c'est-à-dire la couverture des besoins nutritionnels dans leur ensemble, la réduction du risque de maladies chroniques non transmissibles, la minimisation des expositions aux contaminants de l'alimentation, tout en restant dans une gamme d'apports relativement proches des consommations actuelles. Cette démarche novatrice tient tout d'abord compte *a priori* des contraintes nutritionnelles liées à la couverture des besoins et à la prévention des maladies et intègre de plus les risques liés aux contaminants chimiques.

Par ailleurs, les repères de consommations alimentaires étant destinés à des populations et non pas à des individus, une approche au niveau populationnel a été conduite. Ainsi l'outil d'optimisation a été paramétré de façon à ce que les apports en nutriments soient supérieurs ou égaux à la RNP ou à défaut à l'AS. Il s'agit d'une approche protectrice dans la mesure où ces apports permettent de couvrir le besoin nutritionnel de la quasi-totalité de la population.

## 5.2 Travailler sur les aliments ou sur des groupes d'aliments ?

### 5.2.1 Aliments ou groupes d'aliments ?

L'objectif *in fine* étant d'élaborer des repères de consommations alimentaires facilement communicables et donc synthétiques, il apparaît indispensable d'établir des repères pour un nombre restreint de catégories d'aliments, en laissant au consommateur la liberté de varier les aliments de son choix au sein d'une catégorie donnée.

Un essai d'optimisation de combinaison d'aliments a montré, outre l'absence de liberté du consommateur de choisir les aliments au sein d'une catégorie, que seul un petit nombre d'aliments était proposé pour chaque catégorie, ce qui est incompatible avec une alimentation variée, et que les quantités proposées (comme par exemple proposer pour les légumes 3 g de salsifis, 2 g de topinambours, 2 g de poireaux etc.) ne permettaient pas une interprétation facile en termes d'usage. C'est pourquoi l'outil a été conçu pour proposer des combinaisons de groupes d'aliments et non pas des combinaisons d'aliments.

Pour ce faire, un regroupement des aliments a été réalisé et est décrit dans la démarche présentée ci-dessous. Au sein de chaque groupe, les consommations réelles de chaque aliment ont été prises en compte, ce qui permet de s'assurer d'une meilleure représentativité des aliments contenus dans le sous-groupe et ainsi de la bonne cohérence entre les messages et leur application. Par exemple, le repère de consommation portant sur les fruits sera construit sur la base de la composition des fruits majoritairement consommés par la population dans l'étude INCA2, dont la pomme et la banane. A l'inverse, si le travail avait été réalisé sur les aliments pris individuellement, les regroupements opérés ultérieurement n'auraient probablement pas conduit à des groupes d'aliments qui soient représentatifs des habitudes de consommation.

Par ailleurs, une clarification du positionnement de certains aliments au sein des groupes actuellement utilisés dans les repères de consommation du PNNS avait été demandée à l'Anses, comme par exemple le positionnement du maïs doux au sein des légumes ou des féculents. Ce positionnement devait tenir compte de la qualité nutritionnelle des aliments mais également de leur image communément admise par le consommateur. Un travail de catégorisation des aliments a donc été entrepris dans ce contexte.

Dans cette approche, certains aliments n'ont pas été considérés. C'est le cas notamment des plats composés comme les plats cuisinés (paëlla, lasagne, tartes salées, etc.), les sandwiches (sandwich baguette, hamburgers, etc.), ou certains desserts (riz au lait, etc.). En effet, comme leur nom l'indique, ces produits sont constitués d'ingrédients appartenant à différents groupes alimentaires. De plus, ils se caractérisent par une très grande hétérogénéité de composition nutritionnelle intra- et inter-aliments.

Les boissons chaudes comme le thé et le café n'ont pas été considérées car leur composition se rapproche de celle de l'eau pour la majorité des nutriments et la composition spécifique de ces boissons en d'autres substances comme la caféine ou les polyphénols n'a pas été prise en compte car on ne disposait pas de données de composition pour tous les aliments pour l'ensemble de ces substances. Par ailleurs, le café et le thé contiennent des quantités très variables de caféine dont les effets indésirables sont nombreux (notamment anxiété, tachycardie, troubles du sommeil, migraines). Ainsi, du fait de la grande variabilité de sensibilité des individus à la caféine (Anses 2013) il n'a pas été jugé pertinent d'intégrer ces aliments dans l'optimisation.

Les boissons contenant des édulcorants et les eaux aromatisées ont été exclues de ce travail car elles représentaient peu d'aliments (6 aliments) avec une teneur en sucres variables. Les desserts et boissons à base de soja n'ont pas été considérés car ils représentaient très peu d'aliments (3 aliments) dans la nomenclature INCA2 (le marché de ces produits était encore peu développé au moment de la collecte des données de l'étude INCA2).

Enfin, il a été considéré que pour établir des recommandations relatives aux boissons alcoolisées, il serait nécessaire de mener une évaluation approfondie de l'ensemble de leurs effets, tant au niveau des maladies chroniques non transmissibles, qui n'ont pas toutes été étudiées ici, qu'au niveau du comportement (risques d'accidents et de violences) et de l'addiction. Aussi, les boissons alcoolisées n'ont pas été considérées dans ce travail.

## 5.2.2 Démarche de définition des groupes

Il existe de nombreux systèmes de catégorisation des aliments : par exemple, catégorisation botanique (racines, tubercules, graines, fruits), produits animaux/produits végétaux, produits terrestres/aquatiques) qui répondent à des objectifs et critères divers (comme le degré de contamination ou la composition en certains nutriments). L'objectif de la catégorisation ici réalisée est de constituer des familles d'aliments qui présentent une homogénéité de composition nutritionnelle, tout en tenant compte des usages de consommation des aliments par la population. L'identification de telles familles d'aliments, caractérisées par un profil nutritionnel spécifique, permet ensuite de proposer des repères de consommation pour les consommateurs et répond aussi à un objectif d'éducation nutritionnelle.

Pour actualiser la catégorisation des aliments, les groupes existants dans les repères de consommation développés en 2001 ont servi de point de départ. Il s'agit des groupes suivants :

- fruits et légumes ;
- pains, céréales, pommes de terre et légumes secs ;
- lait et produits laitiers (yaourts, fromages) ;
- viandes et volailles, produits de la pêche, œufs ;
- matières grasses ajoutées ;
- produits sucrés ;
- boissons.

Le groupe de travail disposait par ailleurs comme base de travail d'une liste de 1280 aliments, spécifiquement développée pour la seconde étude INCA2 (2006-2007) (Afssa 2009). Chaque aliment de cette nomenclature est associé à une composition nutritionnelle spécifique, en 35 nutriments. Certains aliments aujourd'hui présents sur le marché n'étaient alors pas ou très peu consommés et ne sont donc pas présents dans la liste d'aliments utilisée. Ces aliments n'ont donc pas fait l'objet d'une catégorisation (c'est le cas, par exemple, des produits à base de soja).

Seuls les aliments consommés en tant que tels ont été retenus dans la liste des aliments INCA2. Les ingrédients (gélatine, l'huile de paraffine, les édulcorants, la levure alimentaire,



les bouillons en cube, l'huile de poisson) n'ont pas été pris en compte. Les aliments concentrés vendus sous forme de poudre mais consommés sous une forme reconstituée (par exemple la soupe déshydratée ou le lait en poudre) n'ont pas été pris en compte pour la constitution des sous-groupes d'aliments et ont été intégrés par la suite au sous-groupe dans lequel se trouve l'aliment équivalent reconstitué (par exemple les soupes). Les substituts de repas et les aliments pour bébés n'ont pas été considérés du fait des populations spécifiques auxquelles ces aliments s'adressent. Les compléments alimentaires n'ont pas non plus été pris en compte dans cette approche.

La démarche de classification a consisté en plusieurs approches.

### Première approche : Analyse en composantes principales et classification ascendante hiérarchique appliquées aux aliments de la nomenclature INCA2

Dans une première approche exploratoire, des méthodes statistiques de classification ont été appliquées aux aliments de la nomenclature INCA2 pour les classer selon leur composition nutritionnelle (classification ascendante hiérarchique, CAH, couplée ou non à une analyse en composantes principales, ACP).

La classification ascendante hiérarchique a été réalisée sur la base des 14 nutriments suivants : le sodium, le calcium, le fer, l'iode, les protéines, l'amidon, les sucres et les fibres, les AGMI, les AGPI, les AGS, le bêta-carotène, la vitamine C et l'alcool. Ces nutriments ont été choisis sur la base de considérations de santé (par exemple le sucre ou le sodium) ou parce qu'ils sont caractéristiques d'un groupe d'aliments couramment utilisé en diététique (par exemple l'iode pour les produits de la mer ou l'amidon pour les féculents).

Il a été difficile d'obtenir des groupes homogènes, les regroupements d'aliments obtenus manquant de stabilité, probablement du fait d'un trop grand nombre de nutriments considérés ou de l'ubiquité des nutriments.

Pour résoudre ce problème, une analyse en composantes principales sur les 14 nutriments a été réalisée. Elle a permis de créer des axes factoriels résumant l'information contenue dans les 14 variables en un nombre réduit de variables synthétiques. Cinq axes factoriels ont été retenus : ils expliquaient 56 % de la variabilité totale. La classification ascendante hiérarchique a ensuite été refaite à partir de ces 5 facteurs. Elle a permis de mettre en évidence des regroupements d'aliments un peu plus robustes autour de 24 ou 25 classes.

Ces résultats n'ont cependant pas été retenus, car ils manquaient parfois de lisibilité et présentaient peu de cohérence en termes d'usages de consommation. Par exemple, une même classe regroupait des beurres, diverses sauces et des fruits à coque ; une autre classe regroupait des plats composés (pizzas, sandwiches, etc.), des légumineuses (pois chiches, haricots rouges, etc.) et des féculents (riz, pâtes, etc.) ; une autre encore regroupait des produits laitiers frais et des plats de viandes en sauce. Ainsi, il est apparu nécessaire d'ajouter des critères d'usages de consommation à cette approche basée sur des critères uniquement nutritionnels.

### Deuxième approche : Approche mixte combinant classification ascendante hiérarchique et usages de consommations

La première étape de cette approche a consisté en la précision des contours des groupes existants dans les repères actuels et en la création des sous-groupes d'aliments au sein des groupes établis (étape A). Dans une deuxième étape, les aliments de la nomenclature INCA2 ont été répartis au sein des sous-groupes créés (étape B).

## **A. Création de sous-groupes d'aliments et précision des contours de certains groupes des repères actuels**

La première étape a consisté en l'identification des sous-groupes d'aliments nutritionnellement cohérents à partir des groupes d'aliments des repères actuels du PNNS. Le positionnement de certains sous-groupes d'aliments peu identifiés dans les repères actuels a aussi été précisé ou révisé, pouvant donner lieu à de nouveaux groupes. Les nutriments pour lesquels des risques d'inadéquations d'apports (apports insuffisants ou apports excessifs) ont été identifiés (Anses 2015b) ont été considérés discriminants pour l'identification de sous-groupes. Il s'agit notamment des fibres, du sucre, du sel, des lipides totaux et de certains acides gras.

Les aliments classés dans chacun des sous-groupes seront précisés dans la partie B et dans le tableau récapitulatif final.

### ***Fruits et légumes***

Pour l'identification des sous-groupes rattachés à ce groupe, les fruits ont été distingués des légumes, du fait de leur teneur différente en sucres. De plus, certains résultats épidémiologiques distinguent les fruits et les légumes dans l'étude des relations entre leur consommation et le risque de maladies chroniques non transmissibles (notamment pour les maladies cardiovasculaires et certains cancers) (rapport en cours de publication).

De même, une distinction a été réalisée entre les fruits secs et les fruits frais, du fait de leurs teneurs différentes en sucres.

Une classification ascendante hiérarchique a été réalisée sur les fruits transformés, c'est-à-dire sur les jus de fruits, les nectars, les fruits au sirop et les compotes, sur la base de leurs teneurs en sucres et en fibres. Cette méthode statistique a suggéré la création de deux classes, la première regroupant tous les jus de fruits ainsi que quelques nectars (nectar de cocktail de fruits et nectar d'orange) et la seconde classe regroupant les fruits cuits (fruits au sirop et compotes) et les nectars de poire et d'abricot. La seconde classe se caractérise par des teneurs en sucres et en fibres nettement supérieures à celles de la première classe. La première classe a donné lieu au sous-groupe « Fruits transformés – Jus » et la seconde au sous-groupe « Fruits transformés – Fruits au sirop et compotes ».

De plus, les études épidémiologiques portant sur les boissons sucrées et le risque de surpoids ou d'obésité, ne font généralement pas la distinction entre les jus de fruits, nectars ou boissons de type soda (voir partie 0). Ainsi, le sous-groupe « fruits transformés – jus » a été incorporé au groupe des boissons et non plus au groupe des fruits et légumes comme c'était le cas dans la classification utilisée jusqu'alors dans le cadre du PNNS.

Il est nécessaire de noter que certains fruits transformés à teneur réduite en sucre (par exemple, les compotes sans sucres ajoutés ou les fruits au sirop léger), bien que faisant partie de l'offre du marché, ne sont pas concernés par cette classification car ils ne sont pas distingués des fruits transformés avec sucre ajouté dans la nomenclature INCA2 utilisée ici comme base de travail.

Enfin, les « oléagineux » (parfois aussi appelés fruits à coque) ont été orientés vers un sous-groupe spécifique compte tenu de leur composition nutritionnelle très différente des autres fruits, notamment de leur densité énergétique élevée et de leur teneur élevée en acides gras polyinsaturés (dont l'acide alpha-linolénique, ALA).

### ***Féculents***

Il a été estimé nécessaire de séparer le pain et les produits de panification (biscottes notamment) des autres féculents car leurs modalités de consommation diffèrent de celles des autres aliments du groupe. Ces produits contiennent également davantage de sodium que les autres féculents.

Les féculents complets ont été séparés des féculents raffinés compte tenu de leurs teneurs différentes en fibres.

Des sous-groupes nommés « Produits à base d'amidon, transformés gras/salés » et « Produits à base d'amidon, transformés sucrés/gras » ont été identifiés pour tenir compte de l'ajout de matières grasses, de sel ou de sucre lors de la fabrication ou de la préparation de certains aliments de ce groupe (comme les pommes de terre frites, les céréales du petit déjeuner, ou certains biscuits secs).

Les « Légumineuses » ont été extraites du groupe « Féculent » dans un groupe à part du fait de leur richesse en protéines et en fibres par rapport aux autres aliments de ce groupe.

### ***Viandes, volailles, poissons, œufs (VPO)***

Les différences de composition nutritionnelle que présentent les viandes hors volaille (c'est-à-dire la viande de bœuf, de veau, de porc, de mouton, d'agneau, de cheval et les abats), les volailles et les charcuteries, notamment en sel et en lipides, ont justifié la distinction de ces trois sous-groupes. Cette distinction est corroborée par les données épidémiologiques qui considèrent séparément ces produits pour l'étude des relations entre leur consommation et l'incidence des maladies chroniques non transmissibles (notamment le cancer colorectal, les MCV et le diabète de type 2) (voir partie 0).

Un sous-groupe pour les œufs a également été identifié.

Sur la base de travaux antérieurs de l'Agence (Afssa 2010b), une distinction entre les poissons gras et les autres poissons et produits de la mer est apparue pertinente et nécessaire, du fait de leur teneur plus élevée en AGPI oméga 3 mais aussi du fait de leur contamination plus élevée mais hétérogène (notamment en polychlorobiphényle, PCB, et dioxines). Un classement par ordre croissant des poissons et produits de la pêche sur la somme de leur teneur en EPA + DHA a fait apparaître un seuil à 1 g/100 g, permettant de les séparer en deux classes : teneurs en EPA + DHA supérieures (« Poissons gras ») ou inférieures (« Autres poissons »).

### ***Lait et produits laitiers***

Le lait et le fromage ont été identifiés comme deux sous-groupes, du fait de leurs modes de consommation différents et de leur composition nutritionnelle différente en lipides et en sel.

Par ailleurs, une classification ascendante hiérarchique a été réalisée sur les aliments présentant une base laitière (produits vendus aux rayons frais comme les entremets, les crèmes desserts, les yaourts, les fromages blancs ou les crèmes glacées), sur la base de leurs teneurs en sucres, lipides et calcium. La classification ascendante hiérarchique a suggéré la création de deux classes. La première classe était caractérisée par une teneur en sucres, et, dans une moindre mesure, en lipides inférieures relativement aux teneurs de la seconde classe. A l'inverse, elle était caractérisée par une teneur plus élevée en calcium. Cette classe correspondait quasiment exclusivement à des « Produits laitiers frais nature » sans sucres ajoutés, de type fromages blancs ou yaourts nature et a donné lieu à la création d'un sous-groupe. Compte tenu de l'hétérogénéité des produits présents dans la seconde classe (yaourt aux fruits, laits fermentés à boire, crèmes dessert, etc.), notamment en termes de teneurs en sucre, il a été décidé de la scinder en deux sous-groupes : les « Produits laitiers frais sucrés » et les « Desserts sucrés lactés » (seuils définis et présentés dans la partie suivante).

### ***Matières grasses ajoutées***

Une classification ascendante hiérarchique sur les matières grasses ajoutées a été réalisée sur la base des teneurs en lipides totaux, en ALA, en acide oléique et de la somme des teneurs en acides laurique, myristique et palmitique, (AGS athérogènes en cas d'excès). Elle

a suggéré la création de 4 classes. Les trois premières classes sont caractérisées par une teneur moyenne élevée en lipides :

- la première regroupe principalement les beurres et des matières grasses relativement riches en la somme des acides laurique, myristique et palmitique (telles que le saindoux ou les graisses d'oie et de canard) ;
- la seconde classe regroupe des huiles végétales et des margarines à teneur plus basse en AGS ;
- la troisième classe regroupe les huiles riches en ALA
- et la dernière classe est essentiellement composée de sauces et de crèmes fraîches.

Ces quatre classes ont ainsi donné lieu aux quatre sous-groupes nommés : « Beurres et beurres allégés », « Huiles végétales et margarines », « Huiles végétales riches en ALA », « Sauces, crèmes fraîches et condiments ».

### ***Produits sucrés ou sucrés et gras***

Ce groupe rassemble des aliments comme des biscuits, des gâteaux, des confiseries, des pâtisseries, la confiture et le miel, et des aliments dont les teneurs en sucres et/ou en lipides sont trop élevées pour appartenir à un autre sous-groupe (sur la base des seuils définis et présentés dans la partie suivante).

### ***Sel***

Un sous-groupe « Sel », ajouté aux aliments au moment de leur préparation ou de leur consommation, a également été considéré.

### ***Boissons***

Les « Eaux » ont été distinguées des « Boissons sucrées ». En ce qui concerne l'eau de boisson, une eau de composition moyenne a été considérée (correspondant à la composition moyenne des eaux de sources, eaux minérales et eau du robinet, pondérée par leurs niveaux de consommation).

Les boissons sucrées rassemblent essentiellement les sodas mais aussi des boissons aux fruits telles que les jus de fruits.

### ***Bilan***

**Trente-deux sous-groupes d'aliments ont ainsi été créés. Ils sont présentés dans le tableau récapitulatif final avec un rappel des considérations ayant conduit à leur identification.**

## **B. Répartition des aliments INCA2 dans les sous-groupes identifiés**

Les aliments de la nomenclature INCA2 ont été répartis dans les 32 sous-groupes identifiés.

Certains produits ont pu être orientés directement sur la base de la considération des scientifiques de l'Anses dans l'un de ces sous-groupes. Par exemple, l'aliment « Biscotte complète ou riche en fibres » a été directement orienté vers le sous-groupe « Pain et produits de panification complets ».

Pour d'autres aliments, les résultats des classifications ascendantes hiérarchiques décrites précédemment ont été directement transposés. C'est le cas pour la classification des fruits transformés (cf. partie précédente A.).

Pour d'autres aliments, il s'est avéré plus difficile d'identifier les sous-groupes vers lesquels les orienter. Par exemple, la question de l'orientation de certaines crèmes desserts vers les

« Desserts lactés sucrés » ou les « Produits sucrés ou sucrés et gras » s'est posée. De même, l'orientation de certains biscuits vers le groupe des « Produits à base d'amidon sucrés » ou des « Produits sucrés ou sucrés et gras » a posé question. Afin d'objectiver au mieux leur orientation dans un sous-groupe ou un autre sur la base de critères nutritionnels, des classifications ascendantes hiérarchiques ont été réalisées sur les aliments et les nutriments suivants :

- classification des aliments sucrés (notamment les biscuits, gâteaux, pâtisseries, céréales de petit-déjeuner, chocolat, confiseries) sur la base de leurs teneurs en sucres, amidon, lipides et fibres ;
- classification des aliments présentant une base laitière (produits vendus aux rayons frais comme les entremets, les crèmes desserts, les yaourts, les fromages blancs ou les crèmes glacées) sur la base de leurs teneurs en sucres, lipides et calcium.

Les résultats de ces classifications ascendantes hiérarchiques ont été pris en compte de la façon suivante dans la répartition des aliments au sein des 32 groupes. Le nombre de classes suggéré par les classifications ascendantes hiérarchiques n'a pas été retenu car les sous-groupes étaient prédéfinis selon les modalités présentées dans la partie précédente. Néanmoins, ces classifications ascendantes hiérarchiques ont permis de faire ressortir les critères nutritionnels les plus discriminants pour la classification des produits ainsi que les seuils à considérer pour décider de l'appartenance d'un produit à un sous-groupe. D'autres critères nutritionnels comme les critères du GEMRCN<sup>18</sup> pour la restauration collective (GEMRCN 2015) ont aussi été appliqués (notamment pour déterminer la teneur minimale en calcium à considérer pour caractériser les desserts sucrés lactés) pour orienter les aliments vers un sous-groupe ou un autre.

#### ***Répartition des aliments présentant une base laitière dans les sous-groupes du groupe « Produits laitiers »***

Le travail a consisté à répartir les aliments présentant une base laitière (produits vendus aux rayons frais comme les entremets, les crèmes desserts, les yaourts, les fromages blancs, les glaces, etc.) au sein des sous-groupes identifiés dans la partie précédente, c'est à-dire : les produits laitiers frais nature, les produits laitiers frais sucrés et les desserts sucrés lactés.

Les crèmes liquides et crèmes fraîches ont été écartées et directement orientées sur la base de leur usage de consommation dans le groupe « Sauces, crèmes fraîches et condiments ». De même, la crème chantilly a directement été orientée vers le groupe « Produits sucrés ou sucrés et gras » du fait de sa teneur élevée en lipides.

Les produits restant ont ensuite été discriminés sur la base de leur teneur en calcium. Le seuil utilisé dans les critères du GEMRCN pour la restauration collective a été utilisé pour cela : tous les produits contenant moins de 80 mg de calcium pour 100 g d'aliment ont été écartés et orientés vers le groupe « Produits sucrés ou sucrés et gras ».

Tous les produits considérés par la suite contiennent ainsi plus de 80 mg/100 g de calcium. Ils ont été répartis dans les sous-groupes identifiés en fonction de leur teneur en sucre (ce critère ressortait de façon prioritaire par rapport aux teneurs en lipides dans les résultats initiaux de la classification ascendante hiérarchique) :

Les « Produits laitiers frais nature » regroupent les produits non sucrés (sans sucre ajouté ni fruits). Ils se caractérisent par une teneur en sucres inférieure à 5 g/100 g et rassemblent notamment les yaourts, fromages blancs et petits suisses nature.

---

<sup>18</sup> Groupement d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition, guide pratique concernant la qualité nutritionnelle des repas servis en restauration collective sociale.



Les « Produits laitiers frais sucrés » regroupent les produits contenant des sucres ajoutés mais dont la teneur en sucres était inférieure à 15 g/100 g (ce seuil correspond à la teneur en sucres maximale observée pour un yaourt sucré aux fruits) : il s'agit notamment des yaourts sucrés et/ou aux fruits et des petits suisses aux fruits. Les produits édulcorés ont aussi été inclus dans ce groupe car certains d'entre eux contiennent des fruits ou parfois des sucres ajoutés.

Les « Desserts sucrés lactés » regroupent les produits contenant plus de 15 g de sucres pour 100 g : il s'agit notamment des crèmes desserts, des desserts gélifiés et des crèmes glacées.

### ***Répartition des aliments sucrés dans le sous-groupe « Produits à base d'amidon, transformés sucrés/gras » et le groupe « Produits sucrés ou sucrés et gras »***

Le travail a consisté en la répartition des aliments sucrés à base de céréales (biscuits, céréales de petit-déjeuner, gâteaux, etc.) dans ces deux sous-groupes à partir de leurs teneurs en sucre, en amidon et en lipides. Les seuils utilisés pour la répartition de ces produits ont été définis à partir d'une classification ascendante hiérarchique plus large réalisée sur les produits sucrés dans leur ensemble (biscuits, gâteaux, confiseries, céréales de petit-déjeuner, pâtisseries, viennoiseries, barres chocolatés, confitures, etc.). Celle-ci a permis de caractériser une classe d'aliments sucrés à base d'amidon présentant une teneur minimale en amidon de 30 g/100 g, une teneur en sucres inférieure à 45 g/100 g et une teneur en lipides inférieure à 18 g/100 g.

Ainsi, pour répartir les aliments sucrés à base de céréales entre les « Produits à base d'amidon, transformés sucrés/gras » et les « Produits sucrés ou sucrés et gras », les critères suivants ont été appliqués :

- Les aliments contenant moins de 30 g d'amidon pour 100 g ont été directement dirigés vers le groupe des « Produits sucrés ou sucrés et gras ». C'est le cas par exemple des viennoiseries, de certains gâteaux, biscuits et pâtisseries.
- Parmi les aliments contenant plus de 30 g d'amidon pour 100 g, les aliments présentant des teneurs en sucres ou en lipides élevées (respectivement supérieures à 45 g/100 g et à 18 g/100 g) ont été dirigés vers le groupe des « Produits sucrés ou sucrés et gras ». C'est le cas de certains biscuits (biscuits sablés par exemple).

Ainsi le sous-groupe « Produits à base d'amidon, transformés sucrés/gras » a finalement rassemblé des produits tels que les céréales de petit-déjeuner, les barres céréalières, ou certains biscuits secs, contenant plus de 30 g d'amidon et moins de 45 g de sucres ou moins de 18 g de lipides pour 100 g.

### **5.2.3 Liste des groupes**

Les méthodes de catégorisation utilisées ont ainsi permis en l'état de définir 32 sous-groupes. Ces sous-groupes rassemblent des aliments relativement homogènes en termes de composition nutritionnelle, notamment pour des nutriments présentant un intérêt de santé publique (c'est-à-dire dont les apports sont éloignés, par excès ou par défaut, des références nutritionnelles pour la population). De plus, ces sous-groupes conservent une cohérence en termes d'usages de consommation. Cependant, du fait de l'évolution rapide de l'offre alimentaire, certains produits aujourd'hui présents sur le marché, par exemple les produits à base de soja, n'ont pas pu être pris en compte pour la constitution des sous-groupes (voir 5.2.2).

L'optimisation des consommations alimentaires sera ainsi réalisée sur ces 32 sous-groupes décrits dans le **Tableau 25**.



Tableau 25. Synthèse des groupes et des sous-groupes constitués pour la catégorisation des aliments

Groupes des repères de consommation PNNS 2001	Récapitulatif des arguments pour l'identification d'un sous-groupe ou la création d'un groupe	Sous-groupes établis	Exemples d'aliments	Groupes actualisés
<b>Fruits et légumes</b>	Distinction fruits/légumes du fait des teneurs différentes en sucres Distinction fruits frais/fruits secs du fait des teneurs différentes en sucres Fruits transformés : séparation en deux sous-groupes suggérée par CAH Oléagineux considérés à part compte tenu de leur densité énergétique et de leur teneurs en acide alpha-linolénique	Fruits frais	Pommes, bananes, oranges	<b>Fruits et légumes</b>
		Fruits secs	Abricots secs, pruneaux	
		Fruits transformés : compotes et fruits cuits	Compotes, fruits au sirop	
		Légumes	Courgettes, carottes, tomates, haricots verts, maïs doux, petit-pois	
		Oléagineux	Noix, amandes	
<b>Féculents : Pains, céréales, pommes de terre et légumes secs</b>	Intérêt de distinguer le pain des autres féculents compte tenu de ses modalités de consommation différentes de celles des autres féculents Intérêt de séparer les féculents complets des féculents raffinés compte tenu des teneurs en fibres Identification des groupes « produits amidonnés transformés gras/salés ou gras/ sucrés pour tenir compte des ajouts de matières grasses, sel, sucre lors de la fabrication/préparation de certains aliments Légumineuses : Groupe identifié comme nécessitant une classification à part compte tenu de sa richesse en protéines et en fibres	Pain et produits de panification complets	Pain et biscottes complets	<b>Féculents</b>
		Pain et produits de panification raffinés	Pain et biscottes blancs	
		Produits à base d'amidon, transformés sucrés/gras	Céréales de petit-déjeuner	
		Produits à base d'amidon, transformés salés/gras	Frites, biscuits apéritifs	
		Autres féculents complets	Riz complet, blé complet	
		Autres féculents raffinés	Riz, pâtes, pomme de terre bouillies	
		Légumineuses	Haricots rouges, pois chiches, lentilles, fèves	<b>Légumineuses</b>
<b>Viandes et volailles, produits de la pêche, œufs</b>	Distinction entre viandes de boucherie, volailles, charcuteries, sur la base des données épidémiologiques et des différences de composition nutritionnelle Distinction des poissons gras des	Charcuterie	Saucisse, jambon, pâtés	<b>Viandes et charcuteries, produits de la pêche, œufs (VPO)</b>
		Œufs	Œufs	
		Poissons gras	Saumon, maquereau, sardine, hareng	

Groupes des repères de consommation PNNS 2001	Récapitulatif des arguments pour l'identification d'un sous-groupe ou la création d'un groupe	Sous-groupes établis	Exemples d'aliments	Groupes actualisés
	autres produits de la pêche (incluant les mollusques et crustacés) compte tenu des teneurs en acides gras n-3 et en contaminants	Autres poissons, mollusques et crustacés	Cabillaud, bar, dorade, moules, crevettes	
		Viande hors volaille	Bœuf, veau, porc, mouton, agneau, cheval, abats, gibier	
		Volailles	Poulet, canard	
<b>Lait et produits laitiers</b>	Distinction du lait, des fromages et de l'ensemble des desserts vendus aux rayons frais présentant une base laitière du fait de compositions nutritionnelles et de modes de consommation différents  Parmi les desserts vendus aux rayons frais présentant une base laitière : création de trois sous-groupes sur la base des teneurs en sucres, calcium et lipides	Desserts sucrés lactés	Crèmes dessert, crèmes glacées	<b>Lait et produits laitiers</b>
		Fromages	Fromages à pâte molle, à pâte pressée	
		Lait	Lait demi-écrémé, lait entier	
		Produits laitiers frais nature	Yaourts nature, fromages blancs	
		Produits laitiers frais sucrés	Yaourts sucrés	
<b>Matières grasses ajoutées</b>	Distinction de différents sous-groupes de matières grasses ajoutées à partir des résultats d'une CAH basée sur les teneurs en lipides totaux, acide alpha-linolénique, acide oléique et de la somme des teneurs en acides laurique, myristique et palmitique	Beurre et beurres allégés	Beurre	<b>Matières grasses ajoutées</b>
		Huiles végétales riches en ALA	Huile de colza, de noix	
		Huiles végétales pauvres en ALA et margarines	Huile de tournesol, huile d'olive	
		Sauces, crèmes fraîches et condiments	Mayonnaise, crème fraîche	
<b>Produits sucrés</b>	Tous les aliments qui excèdent 45 g/100 g de sucres et/ou 18 g/100 g de lipides sont inclus dans ce groupe.	Produits sucrés ou sucrés et gras	Confiture, viennoiseries, biscuits, pâtisseries	<b>Produits sucrés ou sucrés et gras</b>
<b>Boissons</b>	Distinction des eaux et des boissons sucrées sur la base des teneurs en sucres	Eau de boisson	Eau	<b>Eau</b>
		Boissons sucrées de type soda	Sodas, limonade	<b>Boissons sucrées</b>
		Jus de fruits	Jus d'orange	
<b>Sel</b>		Sel	Sel	<b>Sel</b>

## 5.3 Méthode d'optimisation

Comme décrit plus haut, l'objectif est de proposer des combinaisons d'aliments qui permettent de couvrir les besoins nutritionnels dans leur ensemble, en prenant en compte les expositions aux contaminants de l'alimentation, tout en prévenant les maladies chroniques non transmissibles, et en s'éloignant le moins possible des habitudes et préférences alimentaires actuelles.

### 5.3.1 Principe de l'outil utilisé

L'objectif était de calculer la consommation journalière  $X_g$  de chaque sous-groupe d'aliments  $g$  pour chacune des populations considérées, afin de couvrir les besoins nutritionnels, sans dépasser des limites maximales nutritionnelles ou toxicologiques, tout en restant dans une gamme d'apports observés dans la population.

Une programmation linéaire de modèles combinés a été utilisée afin de calculer la consommation optimale de chaque sous-groupe d'aliment. Il s'agit d'une recherche de solutions à un problème de décision combinatoire soumis à des contraintes, avec pour objectif de maximiser ou de minimiser une fonction d'évaluation dite fonction objectif.

Le programme d'analyse a été développé en langage C++ et utilise le solveur CPLEX d'IBM®. L'algorithme, fait appel à la méthode dite du « simplexe » (Dantzig 1963), qui a été utilisée auparavant pour l'élaboration de rations alimentaires. L'algorithme permet de déterminer une valeur cible par itérations successives sur une ou plusieurs variables, en tenant compte des contraintes imposées. L'algorithme va rechercher la solution optimale unique dans le domaine des possibles correspondant à un polyèdre à  $N$  dimensions défini par les contraintes. La solution étant un optimum, elle se situe nécessairement sur un sommet (Dantzig 1963) (voir **Figure 2**).

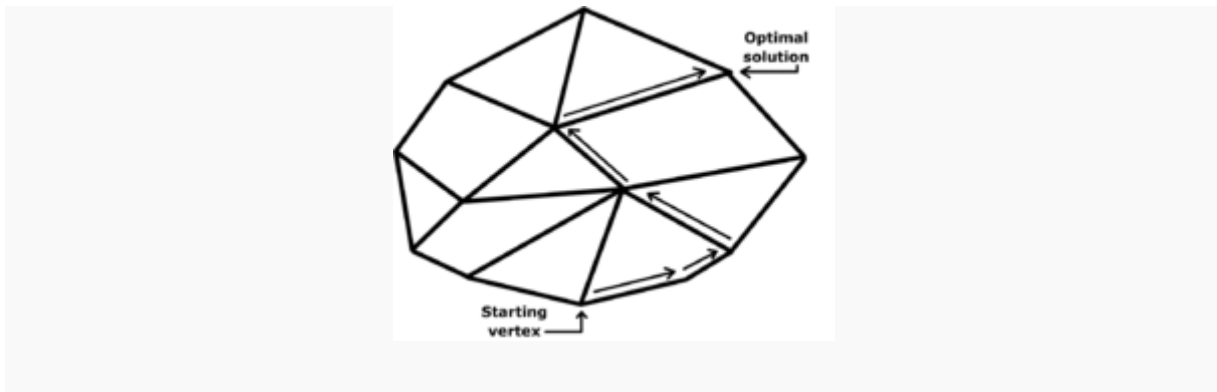


Figure 2. Illustration de l'algorithme du simplexe

Les contraintes nutritionnelles, celles liées aux habitudes de consommation ainsi que celles liées aux contaminants peuvent être intégrées à l'outil d'optimisation au moyen d'inéquations.

La fonction objectif correspond à la combinaison de plusieurs critères, traduisant les objectifs de ce travail : minimiser les écarts à la consommation actuelle, minimiser (ou maximiser) la consommation de certains sous-groupes d'aliments afin de prévenir les maladies non transmissibles (voir chapitre 3) et éventuellement minimiser l'exposition aux contaminants.

Deux critères supplémentaires peuvent être intégrés à l'outil d'optimisation dans un second temps : la minimisation de la violation des contraintes nutritionnelles et des contraintes toxicologiques. Ces critères permettent de rendre flexibles certaines contraintes, c'est-à-dire de permettre à l'outil d'optimisation de ne pas atteindre certaines valeurs cibles

nutritionnelles ou de dépasser certains repères toxicologiques, mais ils introduisent l'objectif de s'en éloigner le moins possible.

### 5.3.2 Définition mathématique des contraintes et critères

Comme indiqué plus haut, des contraintes sur les apports nutritionnels, les expositions aux contaminants et les consommations peuvent être définies au moyen d'inéquations. Il s'agit d'identifier, pour une population donnée, la consommation journalière  $X_g$  de chaque sous-groupe d'aliments  $g$ , qui permet de couvrir les besoins nutritionnels, sans dépasser des limites maximales.  $X_g$  étant une quantité consommée, la variable  $X_g$  est positive ou nulle.

Les apports nutritionnels sont calculés selon la formule :

$$A_i = \sum_{g=1}^{32} X_g \cdot C_{g,i}$$

Où :

- $A_i$  est l'apport moyen journalier en nutriment  $i$  ;
- $X_g$  est la consommation optimale théorique du sous-groupe d'aliments  $g$  ;
- $C_{g,i}$  est la concentration en nutriment  $i$  du sous-groupe d'aliments  $g$  (cf. chapitre 5.5.2) ;
- 32 est le nombre total de sous-groupes d'aliments inclus dans l'outil d'optimisation.

De la même façon, les expositions aux contaminants sont calculées selon la formule :

$$E_i = \frac{1}{PC} \sum_{g=1}^{32} X_g \cdot C_{g,i}$$

Où

- $E_i$  est l'exposition moyenne journalière au contaminant  $i$  ;
- PC est le poids corporel de la population considérée (cf. chapitre 5.4.1) ;
- $X_g$  est la consommation optimale théorique du sous-groupe d'aliments  $g$  ;
- $C_{g,i}$  est la concentration en contaminant  $i$  du sous-groupe d'aliments  $g$  (cf. chapitre 5.5.3) ;
- 32 est le nombre total de sous-groupes d'aliments inclus dans l'outil d'optimisation.

Les contraintes sur les apports nutritionnels et celle relative à l'énergie peuvent être incluses dans l'outil d'optimisation pour chaque population selon la formule :

$$A_i \geq \text{RNP, AS ou borne inférieure de l'intervalle de référence (dénommées par la suite contrainte nutritionnelle inférieure)}$$

$$\text{ou } A_i \leq \text{LSS ou borne supérieure de l'intervalle de référence (dénommées par la suite contrainte nutritionnelle supérieure)}$$

De la même façon, des contraintes sur les expositions aux contaminants peuvent être incluses pour chaque population selon la formule :

$$E_i \leq \text{VTR ou exposition à ne pas dépasser}$$

Par ailleurs, des contraintes sur les consommations  $X_g$  peuvent être ajoutées pour chaque population, par exemple pour tenir compte des niveaux de consommation existant, selon les formules (voir parties 5.4.3 et 5.4.4) :

$$X_g \geq \text{limite inférieure de consommation et } X_g \leq \text{limite supérieure de consommation}$$

Concernant les contraintes sur les apports en lipides totaux, en la somme des acides laurique, myristique et palmitique, en AGS totaux, en glucides totaux, et en protéines, les limites d'apports à atteindre ou à ne pas dépasser sont formulées en pourcentage de l'apport

énergétique total<sup>19</sup>. Ces limites ont donc été converties en kilocalories, sur la base de l'apport énergétique total résultant de l'optimisation (5.4.1).

La fonction objectif correspond à une combinaison de termes à minimiser (les écarts à la consommation moyenne, la consommation de certains sous-groupes d'aliments, éventuellement l'exposition aux contaminants) ou maximiser (la consommation d'autres sous-groupes d'aliments).

Afin de minimiser les écarts à la consommation, deux variables supplémentaires sont créées par sous-groupe d'aliments  $g$ , mesurant l'écart à la consommation moyenne : « EcartPositif( $g$ ) » et « EcartNegatif( $g$ ) ». Ces variables sont positives ou nulles. Afin de s'affranchir des différences d'échelle entre les consommations des différents sous-groupes, les écarts à la consommation moyenne sont rapportés à l'écart-type de la consommation moyenne (standardisation). Ainsi le terme à minimiser peut s'exprimer selon la formule suivante pour l'ensemble des sous-groupes d'aliments  $g$  :

$$\sum_g \left[ \frac{EcartPositif(g) + EcartNegatif(g)}{EcartTypeConso(g)} \right]$$

La consommation de certains sous-groupes peut être minimisée directement dans la fonction objectif. Afin de s'affranchir des différences d'échelle entre les consommations des différents sous-groupes, les consommations résultant de l'optimisation sont rapportées à la limite supérieure de consommation fixée. Ainsi le terme minimisé peut s'exprimer selon la formule suivante pour l'ensemble des sous-groupes d'aliments  $g$  :

$$\sum_g \left[ \frac{ConsoOptimale(g)}{Limite\supérieure\ de\ consommation(g)} \right]$$

La consommation de certains sous-groupes peut être maximisée en minimisant l'opposé de « ConsoOptimale ». Afin de s'affranchir des différences d'échelle entre les consommations des différents sous-groupes, les consommations résultant de l'optimisation sont également rapportées à la limite supérieure de consommation fixée. Ainsi le terme minimisé peut s'exprimer selon la formule suivante pour l'ensemble des sous-groupes d'aliments  $g$  :

$$\sum_g \left[ \frac{-ConsoOptimale(g)}{Limite\supérieure\ de\ consommation(g)} \right]$$

Les expositions aux contaminants peuvent être minimisées directement dans la fonction objectif. Afin de s'affranchir des différences d'échelle entre les expositions aux différentes substances, les expositions calculées à l'issue de l'optimisation (voir plus haut) sont rapportées à l'exposition maximale (ExpoMax) qui correspond soit à la VTR (ou contrainte toxicologique), soit dans le cas où il n'y a pas de contrainte toxicologique, l'exposition médiane estimée dans l'EAT2. Ainsi le terme minimisé peut s'exprimer selon la formule suivante pour chaque substance  $i$  :

<sup>19</sup> L'alcool ne faisant pas l'objet de recommandations dans ce présent document, la consommation de boissons alcoolisées n'est pas prise en compte dans ce travail d'optimisation. Ainsi, dans ce rapport l'AET correspond à l'apport énergétique sans alcool.

$$\sum_g \left[ \frac{Exposition(i)}{ExpoMax(i)} \right]$$

Comme indiqué plus haut, des critères de minimisation de la violation des contraintes peuvent être intégrés afin de rendre flexibles les contraintes nutritionnelles ou toxicologiques. Pour cela, des paramètres de flexibilité sont ajoutés et des variables supplémentaires sont créées, appelées variables de goal. Le paramètre de flexibilité est égal à 1 si la contrainte est rendue flexible, sinon il est égal à 0. La variable de goal mesure l'écart entre une valeur cible et le résultat de l'optimisation. Par exemple, si la contrainte relative à l'atteinte de la référence nutritionnelle pour la vitamine D est rendue flexible, le paramètre « Flexibilité\_RNP(VitD) » sera égal à 1 et la variable de goal « Goal\_RNP(vitD) » mesurera l'écart entre l'apport de vitamine D résultant de l'optimisation et la RNP qui n'est pas atteinte. Afin de s'affranchir des différences d'échelle entre les différents apports nutritionnels et entre les expositions à différentes substances, les écarts à la valeur cible sont rapportés à la valeur cible (RNP, LSS ou exposition maximale). Ainsi les termes minimisés peuvent s'exprimer selon les formules suivantes, respectivement pour minimiser la violation des contraintes nutritionnelles et toxicologiques :

$$\sum_i \left[ \frac{Flexibilite\_RNP(i) \times Goal\_RNP(i)}{RNP\_i} + \frac{Flexibilite\_LSS(i) \times Goal\_LSS(i)}{LSS(i)} \right]$$

Et  $\sum_i \left[ \frac{Flexibilite\_ExpoMax(i) \times Goal\_ExpoMax(i)}{ExpoMax(i)} \right]$



## 5.4 Choix des contraintes

### 5.4.1 Quel niveau de besoin énergétique considérer pour l'optimisation ?

Au-delà des références nutritionnelles en vitamines, minéraux et macronutriments, il a été nécessaire de fixer le niveau d'apport énergétique utilisé comme cible dans l'optimisation.

Il a d'abord été envisagé de réaliser des optimisations pour plusieurs niveaux de besoin énergétique (besoin faible, médian, élevé). Cependant, le besoin nutritionnel en nutriments est plus ou moins dépendant du besoin énergétique et déterminé dans un échantillon de population considéré comme représentatif de la population générale. Ainsi, le BNM n'est valable que pour la population générale dans la mesure où le besoin énergétique de la population générale est proche de celui de l'échantillon. De ce fait, pour considérer une population à faible besoin énergétique, il faudrait disposer de références nutritionnelles pour cette population. Il a donc été décidé de considérer qu'on se situait dans le cas d'une population qui a un besoin énergétique correspondant au besoin médian de la population française.

L'estimation du besoin énergétique suppose de connaître la dépense énergétique liée au métabolisme basal (métabolisme de base) des individus d'une population, lui-même estimé à partir de l'âge, du sexe, de la taille et du poids, et de connaître le niveau d'activité physique (NAP). Ainsi le besoin énergétique est calculé en multipliant le métabolisme de base par le NAP<sup>20</sup>.

Pour estimer le besoin énergétique médian de la population générale adulte, les conclusions du rapport de l'EFSA ont été reprises pour estimer le métabolisme de base (EFSA 2013c). Ces conclusions révèlent qu'aucune des cinq équations prédictives utilisables chez l'adulte n'est préférable à une autre (Harris and Benedict 1919, Henry 2005, Mifflin *et al.* 1990, Muller *et al.* 2004, Schofield *et al.* 1985). Ainsi, pour chaque tranche d'âge et pour chaque sexe, le GT a estimé le métabolisme de base selon ces 5 équations. De même, pour chaque tranche d'âge et pour chaque sexe, le poids de référence a été calculé pour obtenir un IMC de 22 kg/m<sup>2</sup> à partir de la taille médiane de la population rapportée dans l'étude INCA2. En effet, plus de 40 % des individus de la population de l'étude INCA2 sont en surpoids ou obèses. Afin d'estimer le besoin d'une population normo-pondérale, il a été décidé de considérer non pas le poids réel mais un poids correspondant à un IMC normal. Un IMC présumé sain de 22 a été retenu car au centre de l'intervalle (20-25) considéré comme sain et déjà utilisé par l'EFSA dans ses calculs de besoin énergétique (EFSA 2013c). Cette simulation est récapitulée dans le **Tableau 26** ci-dessous.

---

<sup>20</sup> Le NAP est calculé comme le rapport entre la dépense énergétique sur 24 h et le métabolisme de base. Il correspond au MET (équivalent métabolique d'une activité) moyen sur 24 h.

**Tableau 26. Estimation du métabolisme de base (kcal/j) selon la taille médiane de la population rapportée par INCA2 et selon les 5 équations prédictives retenues par l'EFSA**

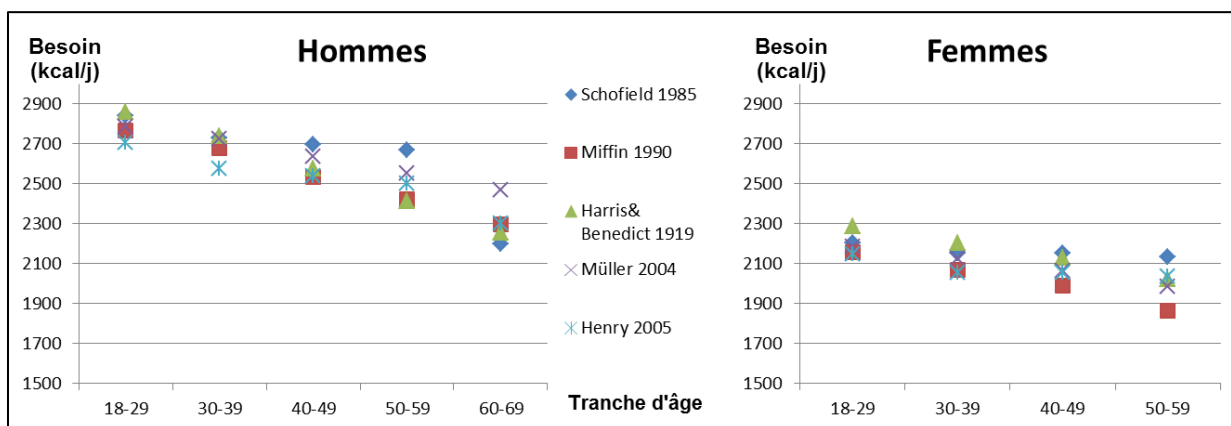
Hommes			Métabolisme de base (kcal/j)				
Tranche d'âge	Taille médiane INCA2 (cm)	Poids (kg) pour IMC de 22 kg/m <sup>2</sup>	Schofield 1985	Mifflin 1990	Harris & Benedict 1919	Müller 2004	Henry 2005
18-29 ans	178	69,7	1742	1696	1753	1708	1659
30-39 ans	178	69,7	1673	1642	1679	1670	1579
40-49 ans	176	68,1	1655	1564	1580	1617	1557
50-59 ans	174	66,6	1637	1487	1481	1565	1535
60-69 ans	172	65,1	1350	1410	1383	1514	1411
Femmes			Métabolisme de base (kcal/j)				
Tranche d'âge	Taille médiane INCA2 (cm)	Poids (kg) pour IMC de 22 kg/m <sup>2</sup>	Schofield 1985	Mifflin 1990	Harris & Benedict 1919	Müller 2004	Henry 2005
18-29 ans	163	58,5	1353	1324	1403	1340	1319
30-39 ans	163	58,5	1321	1270	1352	1302	1261
40-49 ans	163	58,5	1321	1220	1305	1267	1261
50-59 ans	161	57	1309	1144	1241	1217	1248

Concernant le NAP, le groupe de travail a repris les données du Scientific Advisory Committee on Nutrition (SACN 2011) qui a estimé le NAP à partir de 929 mesures de la dépense énergétique durant 24 heures, réalisées avec la méthode à l'eau doublement marquée, technique de référence. Les conclusions concernant une population adulte en bonne santé donnent un NAP médian de 1,63, correspondant à un niveau d'activité faible, et des valeurs aux 25<sup>ème</sup> et 75<sup>ème</sup> centiles de 1,49 et 1,78, respectivement. Appliqué aux valeurs de métabolisme de base estimées selon les 5 équations, ce NAP médian de 1,63 a permis d'estimer les besoins énergétiques médians des hommes et femmes français selon leur âge entre 18 et 79 ans et pour un IMC de 22 kg/m<sup>2</sup>. Les calculs sont récapitulés dans le **Tableau 27** ci-contre.

**Tableau 27. Estimation du besoin énergétique (kcal/j) selon la taille médiane de la population rapportée par INCA2 et selon les 5 équations prédictives retenues par l'EFSA à partir d'un NAP médian de 1,63**

Hommes		Besoin énergétique (kcal/j) pour un NAP médian de 1,63				
Tranche d'âge	Schofield 1985	Mifflin 1990	Harris & Benedict 1919	Müller 2004	Henry 2005	
18-29 ans	2839	2764	2857	2784	2704	
30-39 ans	2727	2676	2737	2722	2574	
40-49 ans	2698	2533	2575	2636	2538	
50-59 ans	2668	2424	2414	2551	2502	
60-69 ans	2201	2298	2254	2468	2300	
Femmes		Besoin énergétique (kcal/j) pour un NAP médian de 1,63				
Tranche d'âge	Schofield 1985	Mifflin 1990	Harris & Benedict 1919	Müller 2004	Henry 2005	
18-29 ans	2205	2157	2288	2184	2150	
30-39 ans	2153	2069	2204	2122	2055	
40-49 ans	2153	1989	2127	2065	2055	
50-59 ans	2134	1865	2023	1984	2034	

Cette simulation permet de définir un besoin énergétique moyen de 2600 kcal/j et de 2100 kcal/j (moyennes réalisées sur toutes les valeurs, toutes tranches d'âge et toutes les 5 équations) respectivement pour les hommes âgés de 18 à 69 ans et les femmes âgées de 18 à 59 ans (**Figure 3** ci-dessous).



**Figure 3. Besoin énergétique (kcal/j) des hommes et des femmes estimé selon l'âge et l'équation prédictive du métabolisme de base**

Dans l'outil d'optimisation, une variation de 5 % a été autorisée autour de ces valeurs, ainsi, la référence nutritionnelle inférieure est de 2470 kcal pour les hommes et de 1995 kcal pour les femmes et la référence nutritionnelle supérieure est de 2730 kcal pour les hommes et 2205 kcal pour les femmes.

## 5.4.2 Comment utiliser les références nutritionnelles ?

### Quel type de référence utiliser ?

Comme décrit dans la partie 2.1, il existe différents types de référence nutritionnelle selon les nutriments, ce qui pose la question du choix de la référence nutritionnelle à prendre en compte dans l'optimisation.

Dans un souci de couvrir le besoin nutritionnel de la majorité de la population, les références nutritionnelles pour la population ont été choisies car elles couvrent le besoin de 98 % de la population. A défaut, les apports satisfaisants ont été utilisés. Cependant, un certain nombre d'apports satisfaisants ont été établis sur la base d'apports observés, avec un niveau de preuve jugé trop faible pour pouvoir être intégré dans l'outil d'optimisation. Aussi, pour ces nutriments (vitamines B5 et E, manganèse), aucune référence nutritionnelle n'est prise en compte dans l'outil d'optimisation. Il est toutefois vérifié que les quantités de nutriments proposées par les solutions de l'optimisation sont du même ordre de grandeur que les apports observés actuellement en France (dans l'étude INCA2).

Cette démarche est ainsi protectrice, dans la mesure où elle permet de couvrir les besoins les plus élevés et éviter ainsi un apport insuffisant pour 98 % de la population. En conséquence, les apports en nutriments proposés par l'outil d'optimisation seront supérieurs au besoin individuel de la majorité des français.

### Cas spécifique du sodium

En l'absence de référence nutritionnelle (valeur « inférieure », de type RNP ou AS, ou, supérieure, de type LSS) pour le sodium validée à ce jour par le GT et le CES « nutrition humaine », la question de l'introduction d'une valeur de contrainte dans l'outil d'optimisation s'est posée. Compte tenu des apports aujourd'hui constatés au regard des objectifs de santé publique, il a été considéré que le risque d'apports trop élevés en sodium est supérieur au risque d'insuffisance d'apport. La nécessité d'introduire une borne maximale d'apport sodé dans l'outil d'optimisation a ainsi été retenue. Dans cette situation, l'option la plus protectrice et robuste est celle d'un objectif de non augmentation des apports sodés de la population. Cela revient à utiliser comme borne maximale, les apports en sodium observés aujourd'hui. La médiane de consommation a été choisie comme indicateur des apports observés : ce choix a pour l'objectif de faire diminuer les apports de la moitié de la population ayant des apports supérieurs, ce qui est en accord avec les politiques de santé publiques (PNNS). Les apports médians issus des données INCA2 en sodium sont les suivantes (hors sodium issu du sel ajouté à table) : 2273 mg pour les femmes (soit environ 5,8 g de sel) et 2994 mg pour les hommes (soit environ 7,6 g de sel). Ainsi, ces valeurs ont été retenues comme contraintes nutritionnelles supérieures, c'est-à-dire des valeurs à ne pas dépasser.

L'OMS préconisant un rapport sodium/potassium équimolaire, cette contrainte a été introduite dans l'outil d'optimisation, de manière à ce que l'apport molaire en potassium soit supérieur ou égal à celui en sodium.

### Récapitulatif des contraintes nutritionnelles retenues

En ce qui concerne le zinc, l'EFSA a proposé 4 valeurs de RNP selon la teneur en phytates du régime (300, 600, 900 et 1200 mg) (EFSA 2014i). Celle-ci est d'autant plus élevée que les apports en fruits et légumes sont élevés. Le GT a estimé que les apports en phytates de la population générale française se situaient entre 300 et 900 mg/j (sur la base des données d'apports de plusieurs pays, synthétisées et récapitulées dans l'avis de l'EFSA). De ce fait, pour des apports en phytates compris entre 300 et 900 mg/j, les références nutritionnelles pour la population retenues pour le zinc varient entre 9,4 et 14 mg/j pour l'homme et entre 7,5 et 11,0 mg/j pour la femme. L'EFSA indique que la médiane des apports en phytates au Royaume-Uni pour la population adulte est comprise entre 600 et 900 mg/j, selon les classes

d'âge et le sexe. En prenant comme référence l'estimation de la médiane des apports de la population britannique, le GT propose de retenir comme contrainte nutritionnelle pour le zinc dans l'outil d'optimisation la valeur correspondant aux apports de 900 mg/j de phytates pour la population générale adulte, soit une RNP pour le zinc de 14 mg/j pour les hommes et 11 mg/j pour les femmes. Ceci est en cohérence avec l'objectif de maximiser les apports en produits céréaliers complets. En l'absence de données de composition en phytates, il n'était pas possible d'adapter la valeur de référence en zinc à l'apport de phytates susceptible d'être obtenu dans les solutions d'optimisation.

En ce qui concerne la limite de sécurité de la vitamine B3, qui se présente soit sous forme d'acide nicotinique soit sous forme de nicotinamide, il est à noter qu'il existe une limite supérieure de sécurité fixée à 10 mg pour l'acide nicotinique et à 900 mg pour la nicotinamide. Ces 2 formes d'apports ne sont pas distinguées dans les tables de composition nutritionnelle. Il a été estimé que la vitamine B3 se trouve majoritairement sous forme de nicotinamide dans l'alimentation, ce qui plaide en faveur de l'introduction d'une limite de sécurité à 900 mg/j comme contrainte nutritionnelle supérieure dans l'outil d'optimisation.

Par ailleurs, de manière générale pour les vitamines impliquées dans le métabolisme énergétique telles que les vitamines B1, B2 et B3, la contrainte nutritionnelle inférieure a été rapportée à la kilocalorie, par conversion de la référence nutritionnelle exprimée initialement en mégajoule, afin de pouvoir être exprimée de manière proportionnelle à l'apport énergétique issu des solutions d'optimisation.

En ce qui concerne la limite supérieure de sécurité (LSS) de la vitamine B9, il n'en existe pas pour les folates (forme naturelle de la vitamine B9) mais il en existe une pour l'acide folique fixée à 1000 µg. Les folates étant la forme présente de façon très dominante dans l'alimentation, la LSS de 1000 µg relative à l'acide folique n'a pas été introduite comme contrainte dans l'outil d'optimisation.

En ce qui concerne le calcium, une référence nutritionnelle pour la population a été définie pour les sujets de 18 à 25 ans (1000 mg) et une autre pour les plus de 25 ans (950 mg). L'optimisation étant réalisée pour la population des plus de 18 ans, il a fallu choisir une contrainte nutritionnelle inférieure unique. La valeur de 1000 mg a été retenue car elle permet de couvrir les besoins de l'ensemble de la population adulte, quelle que soit la tranche d'âge.

En ce qui concerne l'eau, de la même façon que pour l'énergie, des contraintes nutritionnelles inférieure et supérieure ont été définies en faisant varier autour de 5 % la valeur recommandée par l'EFSA (2000 g pour les femmes et 2500 g pour les hommes) (EFSA 2010b). Ainsi, la contrainte nutritionnelle inférieure a été fixée à 2375 g pour les hommes et 1900 g pour les femmes et la contrainte nutritionnelle supérieure a été fixée à 2625 g pour les hommes et 2100 g pour les femmes.

En ce qui concerne la vitamine D, la RNP a été construite en considérant une synthèse endogène via l'exposition solaire comme étant nulle. Cette hypothèse extrême a été retenue, car on ne peut pas estimer le niveau de synthèse endogène, très variable en fonction des individus (notamment du fait de la couleur de la peau), du temps passé à l'extérieur et de la latitude du lieu de vie.

Néanmoins, cette RNP est difficilement atteignable grâce à la seule consommation alimentaire actuelle (Afssa 2009). Ainsi, la contrainte nutritionnelle inférieure en vitamine D ne pourra pas être considérée comme une contrainte bloquante dans l'exploitation des solutions de l'optimisation et pourra être rendue flexible en tant que de besoin.

En ce qui concerne le fer, pour la population féminine, il a été décidé de réaliser 2 scénarios d'optimisation différents afin de respecter la distribution non gaussienne des besoins en fer, selon le niveau de pertes menstruelles et en conséquence du mode de contraception. Ainsi, seront proposées :

- une démarche « fer bas » pour les femmes dont les pertes menstruelles sont faibles, notamment les femmes sous contraception hormonale ;
- et une démarche « fer haut » pour les femmes dont les pertes menstruelles sont élevées.

L'ensemble des contraintes nutritionnelles intégrées à l'outil d'optimisation sont présentées dans le **Tableau 28** ci-après.



Tableau 28. Contraintes nutritionnelles introduites dans l'outil d'optimisation

Nutriment	Contraintes nutritionnelles inférieures		Contraintes nutritionnelles supérieures	
	Homme (18-64 ans)	Femme (18-54 ans)	Homme (18-64 ans)	Femme (18-54 ans)
Energie (kcal)	≥2470	≥1995	<2730	<2205
Vitamine A (µg/j)	≥750	≥650	<3000	<3000
Vitamine B1 (mg/kcal)	≥0,00058	≥0,00058	-	-
Vitamine B2 (mg/kcal)	≥0,00071	≥0,00071	-	-
Vitamine B3 (mg EN/kcal)	≥0,0067	≥0,0067	<900	<900
Vitamine B5 (mg)	-	-	-	-
Vitamine B6 (mg)	≥1,8	≥1,5	<25	<25
Vitamine B9 (EFA µg)	≥330	≥330	-	-
Vitamine B12 (µg)	≥4	≥4	-	-
Vitamine C (mg)	≥110	≥110	-	-
Vitamine D (µg)	≥15	≥15	<50	<50
Vitamine E (mg)	-	-	<300	<300
Calcium (mg)	≥1000	≥1000	<2500	<2500
Cuivre (mg)	≥1,25	≥1	<5	<5
Fer (mg)	≥11	≥11 « fer bas » ou ≥16 « fer haut »	-	-
Iode (µg)	≥150	≥150	< 600	< 600
Magnésium (mg)	≥420	≥360	-	-
Manganèse (mg)	-	-	-	-
Phosphore (mg)	≥700	≥700	-	-
Potassium (mg)	Calculé pour que le rapport molaire Na/K soit inférieur ou égal à 1		-	-
Sélénium (µg)	≥70	≥70	<300	<300
Sodium (mg)	-	-	<2994	<2273
Zinc (mg)	≥14	≥11	<25	<25
Eau (g)	≥2375	≥1900	<2625	<2100
Protéines (% AET)	≥10	≥10	<20	<20
Lipides (% AET)	≥35	≥35	<40	<40
Acides gras saturés totaux (% AET)	-	-	<12	<12
Acides laurique + myristique+ palmitique	-	-	<8	<8
Acide linoléique (% AET)	≥4	≥4	-	-
Acide α-linolénique (% AET)	≥1	≥1	-	-
Acide linoléique / Acide α-linolénique	-	-	<5	<5
EPA + DHA (mg)	≥500	≥500	-	-
Glucides (% AET)	≥40	≥40	<55	<55
Sucres totaux hors lactose(g)	-	-	<100	<100
Fibres (g)	≥30	≥30	-	-

AET, apport énergétique total ; DHA, acide docosahexaénoïque ; EPA, acide eicosapentaénoïque ; EN, équivalent niacine ; EFA, équivalent folate alimentaire.

### 5.4.3 Comment traduire les relations épidémiologiques ?

L'analyse des études épidémiologiques portant sur les relations entre les sous-groupes d'aliments et le risque de maladies chroniques (voir partie 3.2) a mis en évidence des augmentations de risque liées à la consommation de :

- de la viande hors volaille ;
- des viandes transformées, qui correspondent en France essentiellement à la charcuterie ;
- des boissons sucrées, sans pouvoir faire de distinction entre les jus de fruits, nectars et sodas ;

Cette analyse a également mis en évidence une diminution du risque de maladies liées à la consommation de fruits et légumes et de produits céréaliers (pain et féculents) complets.

Dans l'outil d'optimisation, a été introduit l'objectif de minimiser le niveau de consommation de la viande hors volaille, de la charcuterie et des boissons sucrées et de maximiser celui de fruits frais, légumes ainsi que les pains et autres féculents complets.

Les consommations des sous-groupes d'aliments associés à la fois à une augmentation de risque de certaines maladies et une diminution du risque d'autres n'ont fait l'objet d'aucun objectif de maximisation ni de minimisation, tels que les sous-groupes des poissons.

De plus, bien que les données ne permettent pas de déterminer précisément une quantité maximale d'apport, il a été jugé nécessaire d'en fixer pour les sous-groupes à minimiser afin d'adopter une démarche suffisamment protectrice. Cela présente l'avantage de contraindre l'outil d'optimisation à proposer des quantités inférieures à celles associées à des augmentations de risque. Ainsi, dans le cas de la viande hors volaille, a été retenue une quantité hebdomadaire maximale de 500 g, soit 71 g/j, correspondant à la quantité à partir de laquelle une augmentation du risque de cancer colorectal est généralement observée (voir partie 0). Pour la charcuterie, la valeur de 25 g/j, associée à des augmentations de risques, a été adoptée<sup>21</sup>. En ce qui concerne les boissons sucrées, d'importantes augmentations de risque sont observées avec la consommation d'un verre de boisson sucrée par jour, sans informations plus fines en dessous de ce seuil. Ainsi, a été fixée une limite supérieure de consommation pour l'ensemble des boissons sucrées (jus de fruits, nectars et sodas) correspondant au volume médian du verre consommé dans l'étude INCA2, soit 263 g pour les hommes et 216 g pour les femmes (cf. **Tableau 29**).

### 5.4.4 Comment prendre en compte les habitudes de consommation ?

Trois leviers permettent de tenir compte des habitudes alimentaires de la population :

- prendre en compte les habitudes de consommation dans la constitution des 32 sous-groupes ;
- introduire des contraintes relatives aux bornes de consommation (voir plus loin) ;
- introduire l'objectif de ne pas trop s'éloigner de la consommation moyenne actuelle.

Les teneurs moyennes en chaque nutriment, estimées pour chacun des 32 sous-groupes d'aliments, ont été calculées en pondérant la composition nutritionnelle de chaque aliment constituant le sous-groupe par la part représentée par sa consommation au sein du sous-groupe observée dans l'étude INCA2, et ce, pour chaque population étudiée. Ainsi, un aliment effectivement plus consommé au sein d'un sous-groupe (ex : la pomme parmi les fruits frais) aura un poids plus important dans la moyenne de la composition du sous-groupe qu'un aliment très peu consommé. La même démarche a été suivie pour le calcul des teneurs moyennes en contaminants.

---

<sup>21</sup> Il n'existe pas de données disponibles à ce jour concernant l'augmentation du risque pour des consommations plus faibles (voir partie 0)

De plus, afin que les niveaux de consommation proposés par l'outil d'optimisation restent dans une gamme d'apports réalistes, des limites de consommation pour chaque sous-groupe d'aliments ont été fixées. Au-delà d'assurer l'applicabilité des solutions issues de l'optimisation, cette démarche permet de proposer des quantités d'aliments réellement consommées par certains individus, pour lesquelles on dispose d'un certain recul, et ainsi de limiter d'éventuels risques liés à une forte consommation de constituants alimentaires pour lesquels aucune référence nutritionnelle n'est définie (comme les phytostérols ou polyphénols).

Dans la plupart des cas, ces limites sont basées sur les niveaux de consommation estimés dans l'étude INCA2. Il a été choisi comme limite inférieure de consommation le niveau d'apport du sous-groupe d'aliment au 5<sup>ème</sup> centile dans l'étude INCA2 et comme limite supérieure, le niveau d'apport du sous-groupe d'aliment au 95<sup>ème</sup> centile.

Dans le cas des sous-groupes à minimiser (viandes de boucherie, abats, gibier, charcuterie et boissons sucrées), les limites maximales dérivées des études épidémiologiques se sont substituées au 95<sup>ème</sup> centile de consommation car plus faibles (**Tableau 29**). Pour ces mêmes sous-groupes, dont on cherche à minimiser la consommation, la limite inférieure de consommation a été fixée à zéro.

Par ailleurs il a été estimé que la consommation de certains sous-groupes pouvait sans compromettre l'applicabilité pour le consommateur, se substituer à celle d'un autre sous-groupe. C'est le cas des sous-groupes suivants :

- « Pain et produits de panification complets » pouvant se substituer au sous-groupe « Pain et produits de panification raffinés » ;
- « Autres féculents complets » pouvant se substituer au sous-groupe « autres féculents raffinés » ;
- « Huiles végétales riches en ALA » pouvant se substituer au sous-groupe « Huiles végétales pauvres en ALA<sup>22</sup>. et margarines »

Ainsi, pour autoriser cette substitution dans l'outil d'optimisation, aucune limite supérieure de consommation n'a été fixée pour chacun des sous-groupes « Pain et produits de panification complets », « Autres féculents complets » et « Huiles végétales riches en ALA », mais une limite supérieure couplant les 2 sous-groupes substituables a été fixée. Elle correspond au 95<sup>ème</sup> centile de consommation de la somme des deux sous-groupes substituables (**Tableau 29**). Par exemple, il a été attribué une limite maximale de consommation à l'ensemble des 2 sous-groupes « pain » (complet + raffiné), correspondant au 95<sup>ème</sup> centile de consommation du pain tout confondu (complet + raffiné).

Enfin, comme décrit au chapitre 5.3, la fonction objectif de l'outil d'optimisation inclut la minimisation de l'écart à la consommation moyenne afin de ne pas trop s'éloigner de la consommation actuelle, et ce pour chacun des sous-groupes, à l'exception de ceux pour lesquels des éléments issus des études épidémiologiques ont été utilisés (fruits frais ; légumes ; pain et produits de panification complets ; autres féculents complets ; viande hors volaille ; charcuterie ; boissons sucrées).

---

<sup>22</sup> à consommer selon les conditions d'usage définies dans l'avis de l'Afssa du 22 juin 2005 relatif à la modification du critère de distinction entre les huiles végétales pour « assaisonnement » et pour « friture et assaisonnement » fondé sur la teneur en acide alpha-linolénique (Afssa 2005).

Tableau 29. Récapitulatif des bornes de consommation pour chaque sous-groupe d'aliment rentrées dans l'outil d'optimisation

Sous-groupes d'aliments	Hommes				Femmes			
	Limite inférieure de consommation (g/j)	Moyenne de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)	Limite supérieure couplante (g/j)	Limite inférieure de consommation (g/j)	Moyenne de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)	Limite supérieure couplante (g/j)
Légumes	16	123	285	-	21	124	282	-
Fruits frais	0	115	376	-	0	111	332	-
Fruits secs	0	1	3	-	0	1	4	-
Fruits transformés : compotes et fruits cuits	0	8	53	-	0	12	57	-
Oléagineux	0	2	9	-	0	1	5	-
Pain et produits de panification raffinés	0	102	260	284	0	60	161	177
Pain et produits de panification complets	0	16	Pas de limite supérieure		0	12	Pas de limite supérieure	
Autres féculents raffinés	14	113	255	257	14	83	193	193
Autres féculents complets	0	3	Pas de limite supérieure		0	2	Pas de limite supérieure	
Produits à base d'amidon, transformés sucrés /gras	0	14	71	-	0	15	61	-
Produits à base d'amidon, transformés salés /gras	0	27	79	-	0	20	57	-
Légumineuses	0	14	64	-	0	11	50	-
Volailles	0	38	122	-	0	25	75	-
Viande hors volaille	0	64	71	-	0	41	71	-
Charcuterie	0	39	25	-	0	26	25	-
Poissons gras	0	5	27	-	0	4	25	-
Autres poissons	0	23	70	-	0	22	67	-
Œufs	0	13	46	-	0	12	43	-
Lait	0	98	386	-	0	87	350	-

Sous-groupes d'aliments	Hommes				Femmes			
	Limite inférieure de consommation (g/j)	Moyenne de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)	Limite supérieure couplante (g/j)	Limite inférieure de consommation (g/j)	Moyenne de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)	Limite supérieure couplante (g/j)
Produits laitiers frais nature	0	28	129	-	0	36	157	-
Produits laitiers frais sucrés	0	42	154	-	0	47	161	-
Desserts sucrés lactés	0	18	86	-	0	16	57	-
Fromages	0	36	94	-	0	24	65	-
Beurre et beurre allégé	0	6	26	-	0	4	17	-
Huiles végétales riches en ALA	0	0	Pas de limite supérieure	21	0	0	Pas de limite supérieure	16
Huiles végétales pauvres en ALA et margarines	0	5	20		0	4	16	
Sauces, crèmes fraîches et condiments	0	13	43	-	0	14	39	-
Produits sucrés ou sucrés et gras	0	68	174	-	1	59	141	-
Eaux de boissons	0	775	2000	-	51	806	1886	-
Boissons sucrées de type soda	0	93	Pas de limite supérieure	263	0	58	Pas de limite supérieure	216
Jus de fruits	0	59	Pas de limite supérieure		0	61	Pas de limite supérieure	
Sel	0	0	1	-	0	0	1	-

Les cases en jaune représentent les limites de consommation issues des données de consommation INCA2 (P5 pour la limite inférieure et P95 pour la limite supérieure). Les cases en rouge représentent les limites de consommation introduites suivant des justifications épidémiologiques. Les sous-groupes d'aliments en vert sont des sous-groupes couplés, c'est-à-dire des sous-groupes pour lesquels la limite porte sur la consommation de la somme des deux sous-groupes.

## 5.4.5 Comment prendre en compte les contaminants ?

### Cas des substances à usage réglementé

Les additifs alimentaires et les pesticides (hors ceux identifiés comme polluants organiques persistants, ou POP) étant des produits soumis à autorisations au niveau européen, ils n'ont pas été considérés pour la définition des contraintes intégrées à l'outil d'optimisation. En effet, le processus d'évaluation et d'autorisation communautaire des additifs et des pesticides, ainsi que la fixation des limites maximales de résidus (LMR) et des usages autorisés prennent en compte les habitudes alimentaires, ainsi que, pour les pesticides, les pratiques agricoles. Pour cette étude, il est considéré que la réduction des contaminations, des expositions et des risques doit passer par une modification des usages autorisés (par exemple réduction de doses ou de fréquence des doses appliquées pour les résidus de pesticides) et ne doit pas affecter la définition des repères de consommation. Dès lors que des problèmes sanitaires liés aux niveaux de contamination sont identifiés, il s'agit d'en informer la population afin de l'éclairer quant à ses modes de consommation. Néanmoins, sur le moyen terme, il importe que des dispositions réglementaires soient mises en œuvre afin de protéger les consommateurs, quelles que soient leurs habitudes alimentaires.

Il est en revanche utile de tester *a posteriori*, les repères de consommations alimentaires pour déterminer s'ils sont compatibles avec les doses journalières admissibles d'additifs et de résidus de pesticides, pour le cas échéant, reconsidérer les limites maximales autorisées dans les aliments. Les substances considérées *a posteriori* dans le cadre de cette étude et leur DJA sont présentées en **Annexe 3**.

### Autres contaminants

La situation est très différente dans le cas des contaminants environnementaux pour lesquels les marges de manœuvre pour limiter la contamination des aliments peuvent être plus limitées. Le bisphénol A (BPA) est considéré parmi ces contaminants. Dans certains cas, des recommandations de consommation s'avèrent nécessaires ; c'est déjà le cas par exemple pour certains poissons.

Aussi pour la définition des contraintes intégrées à l'outil d'optimisation ont été considérés 98 substances ou groupes de substances sur les 325 analysés dans l'EAT2 (voir liste présentée dans le **Tableau 30**).

### Quel type de référence prendre en compte ?

Trois cas sont à distinguer :

- Pour les contaminants avec seuil de dose, la valeur de référence jugée la plus pertinente a été identifiée par les experts, comme indiqué dans le chapitre 4, sur la base des valeurs toxicologiques de référence, VTR, établies par les principales instances scientifiques françaises, européennes ou internationales. L'exposition en résultant de l'optimisation peut être comparée directement à une VTR.
- Pour les contaminants sans seuil de dose (cas des composés génotoxiques) ou pour lesquels une benchmark dose limit<sup>23</sup>, BMDL, a été retenue comme référence

---

<sup>23</sup> La « benchmark dose limit » correspond à la limite inférieure de l'intervalle de confiance de la benchmark dose. La benchmark dose est une dose produisant un effet non nul correspondant à un niveau de réponse donné par rapport à un groupe témoin. Cette approche repose sur une modélisation des données expérimentales prenant en compte l'ensemble de la courbe dose-réponse.



toxicologique, la médiane d'exposition de la population estimée dans l'EAT2 (décrite dans la partie 5.5.3) a été retenue par défaut comme valeur maximale. Dans la mesure où, pour ces contaminants, un seuil ne peut être retenu, il a été choisi d'empêcher que l'exposition issue de l'optimisation soit plus forte que l'exposition actuelle de la population. Dans ce cas, la caractérisation du risque consiste à calculer une marge d'exposition (MOE) pour les substances génotoxiques cancérigènes ou une marge de sécurité (MOS) pour les substances non génotoxiques dont les effets apparaissent à partir d'un certain seuil. Ces marges d'exposition ou de sécurité correspondent au ratio entre une exposition critique (BMDL par exemple) et l'exposition résultant de l'optimisation. Ces marges sont ensuite comparées à une marge critique définie lors de l'établissement de la BMDL par les instances nationales ou internationales, afin de conclure quant au risque pour la population.

- Enfin, pour d'autres contaminants, aucune valeur maximale n'a été retenue comme contrainte dans l'outil d'optimisation : il s'agit des contaminants pour lesquels aucune instance n'a proposé de valeur de référence, ou pour lesquels la ou les valeurs de références existantes n'ont pas été jugées suffisamment robustes. C'est le cas notamment des phyto-œstrogènes.

Les contraintes toxicologiques sont synthétisées dans le **Tableau 30**. Sur les 98 substances ou groupes de substances retenus, 40 se sont vus attribuer une limite maximale d'exposition (valeur de référence ou exposition médiane de l'EAT2). Pour les 58 autres, on ne dispose pas de limite maximale d'exposition. Il est néanmoins nécessaire de chercher à minimiser leur exposition, et d'introduire cette minimisation dans la fonction « objectif » pour l'ensemble des 98 substances ou groupes de substances.

Par ailleurs, l'ensemble des expositions issues de l'optimisation seront comparées aux résultats de l'EAT2, représentative de la situation actuelle en France. Les éventuelles différences d'exposition pourraient donc être dues à la fois aux différences en termes d'apports alimentaires et de poids corporel (poids moyen pour l'étude EAT2 contre poids « idéal » calculé à partir d'un IMC de 22).

**Tableau 30. Synthèse des contraintes toxicologiques retenues pour l'outil d'optimisation**

Familles	Substances	Contraintes toxicologiques	Substances	Contraintes toxicologiques
Eléments traces	Aluminium	DHT = 1 mg/kg pc/sem (EFSA, 2013)	Cadmium	DHT = 2,5 µg/kg pc/j (EFSA, 2009)
	Germanium	Pas de valeur	Etain	Pas de valeur
	Antimoine	Pas de valeur	Gallium	Pas de valeur
	Nickel	DJT = 2,8 µg/kg pc/j (EFSA, 2015)	Mercur	Hg organique : DHTP = 1,3 µg/kg pc/sem (EFSA, 2012) Hg inorganique : DHT = 4 µg/kg pc/sem (EFSA, 2012)
	Chrome	Cr(VI) : Exposition EAT2 Cr(III) : DJT = 300 µg/kg pc/j (EFSA, 2014)	Plomb	Exposition EAT2
	Cobalt	VTR = 1,6 µg/kg pc/j (Afssa, 2010)	Strontium	DJT = 0,6 mg/kg pc/j (US-EPA, 1996)
	Argent	Pas de valeur	Tellure	Pas de valeur
	Arsenic inorganique	Exposition EAT2	Vanadium	Pas de valeur
	Baryum	RfD = 0,2 mg/kg pc/j (US-EPA, 2005)		

Familles	Substances	Contraintes toxicologiques	Substances	Contraintes toxicologiques
<b>Polluants organiques persistants</b>	Dioxines et furanes	VTR = 0,7 pg TEQ <sub>OMS</sub> /kg pc/j (US-EPA, 2012)	Hexabromocyclododécane (HBCDD)	Somme des 3 isomères : Exposition EAT2
	Polychlorobiphényles non dioxin-like (PCB-NDL)	DJT = 10 ng/kg pc/j (Afssa, 2007)	Polybromobiphényles (PBB)	Exposition EAT2
	Polybromobiphényléthers (PBDE)	Somme de 7 PBDE : VTR = 10 ng/kg pc/j (AFSSA, 2007) BDE-209 : Exposition EAT2	Composés perfluorés	PFOS : RfD = 0,08 µg/kg pc/j (US-EPA, 2009) PFOA : RfD = 0,2 µg/kg pc/j (US-EPA, 2009) Autres composés : -
<b>Mycotoxines</b>	Aflatoxines	Exposition EAT2	Ochratoxine A	DHTP = 0,12 µg/kg pc/sem (EFSA, 2006)
	Trichothécènes	Toxines T-2 + HT-2 : DJMTP = 0,06 µg/kg pc/j (EFSA, 2011) Deoxynivalénol : DJT = 1 µg/kg pc/j (EFSA, 2007) Nivalénol : DJT = 1,2 µg/kg pc/j (EFSA, 2013)	Zéaralénone et dérivés	DJT = 0,25 µg/kg pc/j (EFSA, 2014)
	Patuline	DJMTP = 0,4 µg/kg pc/j (JECFA, 1995)	Fumonisines	FB1 + FB2 : DJMTP = 2 µg/kg pc/j (EFSA, 2014)
<b>Néoformés</b>	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	HAP4 : Exposition EAT2	Acrylamide	Exposition EAT2
<b>Perturbateur endocrinien</b>	Bisphénol A (BPA)	DJA = 0,2 µg/kg pc/j		
<b>Résidus de pesticides (Polluants organiques persistants)</b>	Lindane (HCH-gamma)	DJA = 0,01 µg/kg pc/j	Endrine	DJA = 0,2 µg/kg pc/j
	Camphéchloré (Toxaphène)	DJA = 0,033 µg/kg pc/j	HCH (somme, excepté gamma-HCH)	DJA = 0,6 µg/kg pc/j
	Chlordane (somme)	DJA = 0,5 µg/kg pc/j	Heptachlore (somme)	DJA = 0,1 µg/kg pc/j
	DDT (somme)	DJA = 10 µg/kg pc/j	Hexachlorobenzène	DJA = 0,8 µg/kg pc/j
	Dieldrine (somme)	DJTP = 0,1 µg/kg pc/j		

DHT : dose hebdomadaire tolérable, DHTP : dose journalière tolérable provisoire, DJA : dose journalière admissible, DJT : dose journalière tolérable, DJMTP : dose journalière maximale tolérable provisoire, DJTP : dose journalière tolérable provisoire, EAT2 : 2<sup>e</sup> étude de l'alimentation totale, HBCDD : hexabromocyclododécane, PBB : polybromobiphényle, PBDE : polybromobiphényléther, PCB : polychlorobiphényle, PFOA : acide perfluorooctanoïque, PFOS : acide perfluorooctanesulfonique, RfD : Reference dose, VTR : valeur toxicologique de référence

## 5.5 Bases de données d'entrée dans l'optimisation

### 5.5.1 Données de consommation

Les données de consommation utilisées proviennent de l'étude INCA2 effectuée en 2006-07 en 3 vagues auprès de 4079 individus âgés de 3 à 79 ans (1455 enfants de 3-17 ans et 2624 adultes de 18-79 ans) (Afssa 2009). Seules les données pour les hommes de 18-64 ans et les femmes de 18-54 ans ont été utilisées dans ce rapport.

La sélection des participants a été effectuée selon un plan de sondage à 3 degrés, stratifié sur la taille d'agglomération et la région, dans le recensement de la population de 1999 et les bases de logements neufs construits entre 1999 et 2004.

Le recueil des consommations des individus de l'échantillon a été réalisé à l'aide d'un carnet alimentaire de 7 jours sur lequel étaient notées la nature des aliments et les quantités consommées, estimées à l'aide d'un cahier photo, d'unités standards ou de mesures ménagères. Chaque ligne du carnet correspondait à un aliment (ou boisson) consommé. L'ensemble des lignes d'aliments recueillis a été codifié à l'aide d'une nomenclature spécifiquement développée pour l'étude INCA2 et comprenant 1342 items.

Une pondération a été affectée à chaque individu afin d'assurer leur représentativité au niveau national (métropole hors Corse). Elle a porté sur les paramètres suivants : la région, la taille d'agglomération, la taille du ménage, le sexe de l'enquêté, son âge et la profession et catégorie sociale du chef de famille.

Dans les résultats présentés dans cet avis, les individus identifiés comme sous-déclarant leurs apports énergétiques selon la méthode développée par Goldberg et ses collaborateurs (Goldberg *et al.* 1991) ont été conservés dans l'échantillon. En effet, selon l'EFSA, la méthode de Goldberg pourrait conduire à exclure des sujets dont les apports sont effectivement faibles sur la période de l'enquête et à écarter certains individus obèses, tout en conservant des sujets réellement sous-déclarants mais ayant un niveau d'activité physique élevé (EFSA 2014a). Les sous-déclarants ainsi considérés représentent environ 31% de la population Homme 18-64 ans et 28 % de la population Femme 18-54 ans.

Par ailleurs, tous les individus et non pas les seuls consommateurs du sous-groupe d'aliments ont été considérés pour estimer les niveaux de consommation de chacun des sous-groupes d'aliments précédemment définis.

Ainsi, à partir de ces données de consommation individuelles, la consommation moyenne journalière (en g/j), ainsi que celles estimées aux 5<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> centiles, de chaque groupe d'aliments PNNS ont été estimées pour chacune des populations d'intérêt.

### 5.5.2 Table de composition nutritionnelle des aliments

Les données de composition nutritionnelle des aliments INCA2 utilisées dans l'outil d'optimisation sont basées sur celles de la table du Centre d'Information sur la Qualité des aliments (Ciqual) de l'Anses<sup>24</sup>. Cette table de composition est relative aux aliments génériques consommés en France et est produite par agrégation de données collectées par le Ciqual (données issues de la littérature, d'analyses *ad hoc*, de projets de recherche,

---

<sup>24</sup> Anses Table Ciqual 2013 [base de données en ligne]. <https://pro.anses.fr/TableCIQUAL/index.htm>

obtenues auprès des professionnels ou encore par calculs). Les données utilisées contiennent cependant par rapport à cette dernière table des améliorations significatives :

- Des données sur le lactose ont été ajoutées. En effet, ce constituant ne figure pas parmi les constituants actuellement publiés dans la table Ciqua en ligne. Les données ont été produites par agrégation de données collectées par le Ciqua.
- Les données sur les acides gras individuels ont été mises à jour à partir de la table produite par le Ciqua en 2015 dans le cadre de l'auto-saisine 2014-SA-0117 sur l'estimation des apports en acides gras détaillés de la population française et la définition des prévalences d'inadéquation au regard des apports nutritionnels conseillés établis en 2010.
- Enfin, les données ont été actualisées pour les vitamines et minéraux. Notamment, le travail en cours pour la production et la validation de la future table Ciqua à paraître en ligne a permis d'écarter un certain nombre de teneurs extrêmes jugées non compatibles avec le reste du jeu de données.

La méthode de production de données pour le comblement de valeurs manquantes est précisée en **Annexe 4**.

### 5.5.3 Table des teneurs en contaminants des aliments

Les concentrations des aliments en contaminants, additifs alimentaires et résidus de pesticides sont issues de la seconde étude de l'alimentation totale française (EAT2). Réalisée entre 2006 et 2011, cette étude dresse un bilan de la contamination des aliments consommés en France, et de l'exposition de la population et du risque sanitaire associé à cette exposition, pour 445 substances d'intérêt (Anses 2011).

L'EAT2 porte sur 212 types d'aliments, représentant environ 90 % du régime alimentaire de la population, selon l'étude INCA2. Un plan d'échantillonnage a été réalisé entre 2007 et 2009, de façon à être représentatif des habitudes de consommation en France, incluant l'origine des produits, les lieux d'achats, les modes de conservation, mais aussi les pratiques de préparation domestique des aliments. Les aliments ont été collectés dans plusieurs régions durant plus d'une année, afin de tenir compte d'une éventuelle variabilité régionale ou saisonnière de concentration. En tout, 20 000 produits alimentaires ont été achetés, préparés tels que consommés par la population, conditionnés en 1319 échantillons composites et analysés pour les substances d'intérêt. Ainsi, chaque échantillon analysé est un échantillon composite de 15 sous-échantillons du même aliment, reflétant la consommation de la population.

Dans la présente étude, les données de concentration censurées à gauche (c'est-à-dire les résultats inférieurs aux limites analytiques) ont été traitées selon une hypothèse moyenne (« middle bound »). Ainsi, les valeurs en-dessous de la limite de détection ont été considérées comme égales à la moitié de cette limite, et les valeurs en-dessous de la limite de quantification mais au-dessus de la limite de détection ont été considérées comme égales à la moitié de la limite de quantification, ou, le cas échéant, la moitié de la somme des deux limites.

Par ailleurs, les éléments traces ayant été analysés pour leur forme totale uniquement, pour trois d'entre eux (mercure, arsenic et chrome), des hypothèses de spéciation ont été appliquées aux concentrations afin d'avoir une estimation des concentrations de leurs différentes formes chimiques.

- Concernant le mercure, il a été considéré, selon des hypothèses dites « maximalistes », que, dans les poissons, 100 % du mercure était sous forme de méthylmercure et 20 % sous forme de mercure inorganique (EFSA 2012a). Pour les mollusques et crustacés, il a été considéré que 80 % du mercure était sous forme de

méthylmercure et 50 % sous forme de mercure inorganique. Pour les autres aliments, il a été considéré que le mercure était présent uniquement sous forme de mercure inorganique. L'emploi de l'hypothèse maximaliste conduit à une somme supérieure à 100 %.

- Concernant l'arsenic, il a été considéré que 100 % de l'arsenic était sous forme inorganique dans l'eau (EFSA 2014b). Dans les autres aliments, il a été considéré que 70 % de l'arsenic était sous forme inorganique et 30 % sous forme organique.
- Concernant le chrome (EFSA 2014c), il a été considéré de façon maximaliste que, d'une part, 100 % du chrome des aliments était sous forme de Cr(III) et, d'autre part, 10% du chrome est sous forme de Cr(VI). Pour l'eau, il a été considéré que 100 % du chrome était sous forme de Cr(VI). Comme pour le méthylmercure, l'emploi de l'hypothèse maximaliste conduit à une somme supérieure à 100 %.

#### 5.5.4 Données d'exposition

Les données d'exposition aux contaminants et résidus de pesticides ainsi que les données d'apports en additifs alimentaires sont issues de l'EAT2. Il s'agit des valeurs médianes et moyennes d'exposition et d'apports estimées dans la population française, sur la base des consommations estimées dans l'étude INCA2, des concentrations dans les aliments mesurées dans l'EAT2 et du poids moyen des individus de l'étude INCA2. De façon à permettre la comparaison entre les expositions EAT2 et les solutions de l'outil d'optimisation, la même hypothèse moyenne (« middle bound ») a été utilisée.

## 5.6 Démarche générale d'optimisation

Afin d'évaluer l'effet de chacune des contraintes et tester leur compatibilité entre elles, une démarche pas-à-pas a été réalisée. Dans un premier temps, la compatibilité des contraintes nutritionnelles (c'est-à-dire les références nutritionnelles et les données issues de l'épidémiologie) entre elles a été testée en intégrant à l'outil uniquement les contraintes et critères nutritionnels (scénario A). Dans un deuxième temps, les habitudes de consommation ont également été prises en compte en incluant les contraintes relatives aux bornes de consommation ainsi que le critère de minimisation des écarts à la consommation moyenne (scénario B). Enfin, les contraintes et critères liés aux contaminants ont été ajoutés afin de tester la compatibilité de l'ensemble des contraintes et d'estimer l'impact de la prise en compte des contaminants sur la solution proposée (scénario C).

Le scénario B n'intègre pas les contaminants dans la mesure où ces derniers sont des composants extrinsèques de l'aliment dont il faut réduire l'impact, alors que les nutriments sont des composants intrinsèques à l'aliment et sont recherchés pour couvrir les besoins de l'organisme. Ce scénario représente une vision à long terme, dans lequel des mesures de gestion efficaces auraient abouti à une réduction des niveaux de contamination telle qu'ils n'interfèrent plus dans la détermination des repères de consommations alimentaires.

La prise en compte des contaminants (hors additifs et pesticides hors POP, voir partie 0) comme contrainte d'optimisation (scénario C) vise à proposer une solution qui tienne compte de la réalité des niveaux de contamination actuels et d'étudier l'influence de la prise en compte des contaminants sur les consommations alimentaires. Cette démarche à court et moyen termes n'exclut pas la mise en place d'éventuelles mesures de gestion visant à réduire les niveaux de contamination, au contraire.

Les additifs alimentaires et les résidus de pesticides (hors POP) sont des substances soumises à autorisations au niveau européen et, de ce fait, il appartient aux autorités de fixer des conditions d'usages compatibles avec les repères de consommations alimentaires.

Cette démarche est appliquée aux populations étudiées avec des adaptations spécifiques à chacune, présentées ci-après.



## 5.7 Résultats de l'optimisation

### 5.7.1 Résultats de l'optimisation pour les hommes adultes

#### Démarche suivie pour les hommes (Figure 4)

Une première optimisation a été réalisée en prenant en compte uniquement les contraintes nutritionnelles et épidémiologiques (scénario A0). On obtient une solution très éloignée des habitudes de consommation et peu variée en termes de sous-groupes alimentaires.

L'intégration à l'outil d'optimisation des bornes de consommation (scénario B0) ne permet pas d'atteindre une solution. Aussi la contrainte pour la vitamine D a été rendue flexible (l'atteinte de la RNP pour la vitamine D n'est plus une obligation mais l'optimisation vise à s'en approcher le plus possible). En effet, la RNP pour la vitamine D a été construite en ne considérant pas la synthèse endogène de vitamine D et elle est très difficile à atteindre dans le contexte alimentaire actuel. Ce scénario donne une solution présentée ci-après. Afin de mesurer l'impact de l'intégration à l'outil d'optimisation des habitudes de consommation, un scénario A1 (avec une flexibilité sur la contrainte vitamine D) a été généré et sera présenté ici.

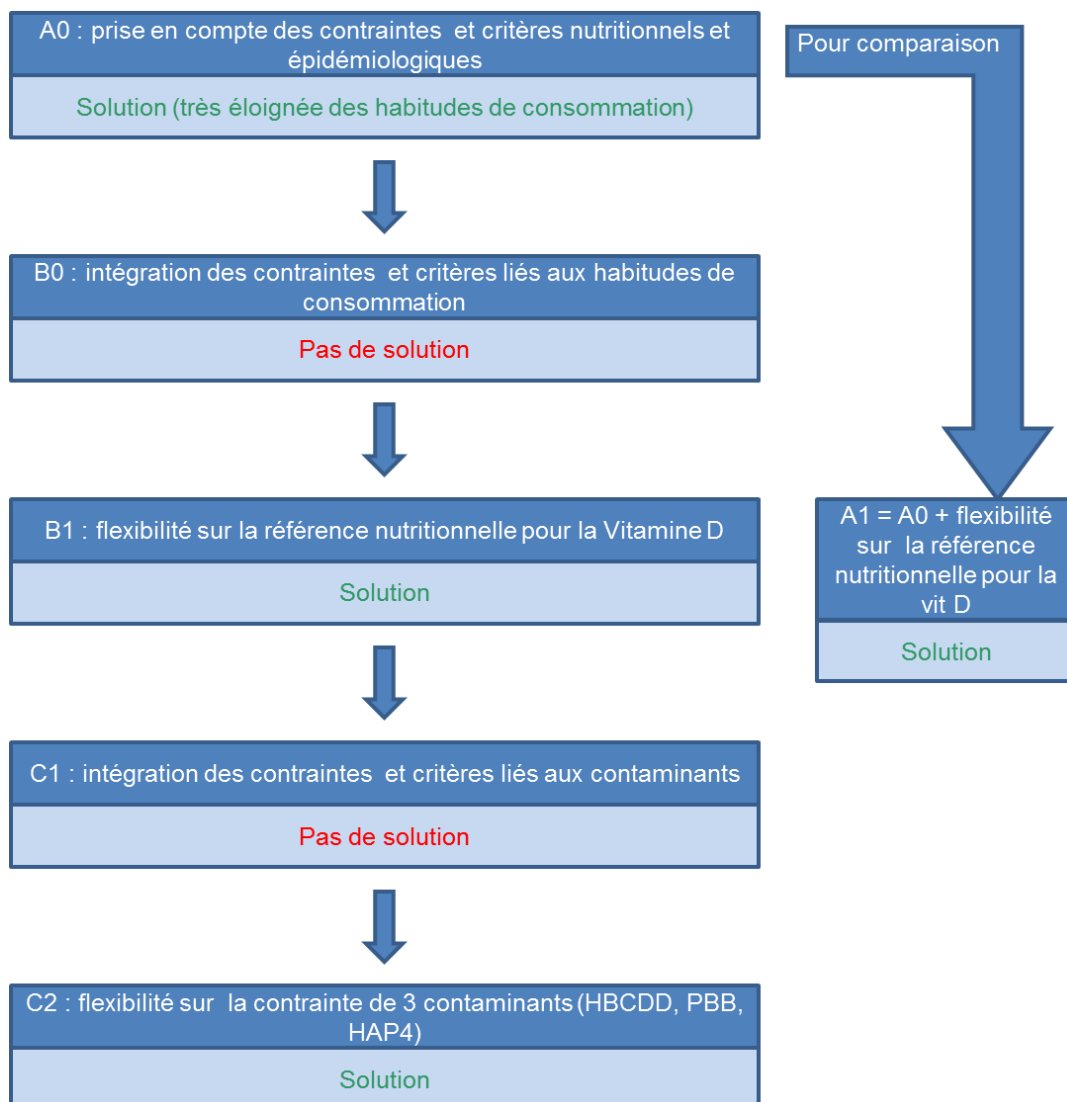


Figure 4. Démarche suivie pour les hommes

Enfin, l'intégration des contaminants dans l'outil d'optimisation (scénario C0 et C1 avec flexibilité sur la RNP vitamine D) ne donne pas de solution. Aussi les contraintes sur 3 contaminants ont été rendues flexibles : HBCDD, HAP4 et PBB (scénario C2). En effet pour ces contaminants, le CES ERCA a jugé que les marges d'exposition ou de sécurité sont suffisamment élevées pour ne pas être de nature à entraîner un risque sanitaire. De ce fait, il est considéré qu'une faible augmentation du niveau d'exposition au-dessus de celui de l'EAT2 n'est pas de nature à entraîner un risque. Ce scénario donne une solution présentée ci-après.

### Scénario A1 : prise en compte des contraintes nutritionnelles et épidémiologiques uniquement

Dans ce scénario sont prises en compte uniquement les contraintes nutritionnelles et épidémiologiques, en apportant de la flexibilité à la contrainte pour la vitamine D.

- Apports alimentaires

L'optimisation réalisée selon le scénario A1 propose un faible nombre de sous-groupes d'aliments (**Tableau 31**), avec de fortes quantités de légumes (1,3 kg/j) et de féculents nature complets (800 g/j). En ce qui concerne le groupe « viandes, charcuterie, produits de la pêche et œufs » (VPO), la solution d'optimisation privilégie les œufs (environ 3 œufs/j) et la viande hors volaille (63 g/j) à la volaille (0 g/j). La quantité de charcuterie proposée se situe à la limite maximale imposée par les données épidémiologiques. Parmi les produits laitiers, seul le fromage (29 g/j) est proposé. Les sources de matières grasses ajoutées proposées sont plus variées (beurre, huiles riches en ALA et autres huiles). Aucun produit sucré (sous forme solide ou liquide) n'est proposé.

Tableau 31. Niveaux de consommation proposés par le scénario A1 pour les hommes adultes

Sous-groupe d'aliments	Quantité proposée par l'optimisation (g/j)	Consommation moyenne INCA2 (g/j)	Déviations par rapport à la consommation moyenne (%)	Limite inférieure de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)	Groupe d'aliments (g/j)
Légumes	1352	123	998	pas de limite <sup>25</sup>	pas de limite	Fruits et légumes hors oléagineux <b>1352</b>
Fruits frais	0	115	-100	pas de limite	pas de limite	
Fruits secs	0	0,8	-100	pas de limite	pas de limite	
Fruits transformés : compotes et fruits cuits	0	8,5	-100	pas de limite	pas de limite	
Oléagineux	0	1,5	-100	pas de limite	pas de limite	
Pain et produits de panification raffinés	0	102	-100	pas de limite	pas de limite	Féculents <b>798</b>
Pain et produits de panification complets	0	16	-100	pas de limite	pas de limite	
Produits à base d'amidon, transformés sucrés / gras	0	14	-100	pas de limite	pas de limite	
Produits à base d'amidon, transformés salés / gras	0	27	-100	pas de limite	pas de limite	
Autres féculents raffinés	0	113	-100	pas de limite	pas de limite	
Autres féculents complets	798	2,5	31427	pas de limite	pas de limite	
Légumineuses	0	14	-100	pas de limite	pas de limite	Légumineuses <b>0</b>
Volaille	0	38	-100	pas de limite	pas de limite	Viande et charcuterie, produits de la pêche,
Viande hors volaille	63	64	-0,61	pas de limite	71	

<sup>25</sup> L'absence de limite a été traduite dans l'outil par 0 pour la limite inférieure et 1000000 pour la limite supérieure

Sous-groupe d'aliments	Quantité proposée par l'optimisation (g/j)	Consommation moyenne INCA2 (g/j)	Déviations par rapport à la consommation moyenne (%)	Limite inférieure de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)	Groupe d'aliments (g/j)
Charcuterie	25	39	-37	pas de limite	25	œufs <b>272</b>
Poissons gras	26	5	459	pas de limite	pas de limite	
Autres poissons	0	23	-100	pas de limite	pas de limite	
Œufs	158	13	1145	pas de limite	pas de limite	
Laits	0	98	-100	pas de limite	pas de limite	Lait et produits laitiers <b>29</b>
Produits laitiers frais nature	0	28	-100	pas de limite	pas de limite	
Produits laitiers frais sucrés	0	42	-100	pas de limite	pas de limite	
Desserts sucrés lactés	0	18	-100	pas de limite	pas de limite	
Fromages	29	36	-18	pas de limite	pas de limite	Matières grasses ajoutées <b>46</b>
Beurre et beurre allégé	12	6	112	pas de limite	pas de limite	
Huiles végétales riches en ALA	23	0,3	8493	pas de limite	pas de limite	
Huiles végétales et margarines pauvres en ALA	11	4,5	138	pas de limite	pas de limite	
Sauces, crèmes fraîches et condiments	0	13	-100	pas de limite	pas de limite	Produits sucrés ou sucrés et gras <b>0</b>
Produits sucrés ou sucrés et gras	0	68	-100	pas de limite	pas de limite	
Eaux de boissons	722	775	-7	pas de limite	pas de limite	Eau <b>722</b>
Boissons sucrées de type soda	0	93	-100	pas de limite	263	Boissons sucrées <b>0</b>
Jus de fruits	0	59	-100	pas de limite		
Sel	0,7	0,2	288	pas de limite	pas de limite	Sel <b>0,7</b>

Les cases rouges représentent les limites de consommation introduites suivant des justifications épidémiologiques.

- Apports nutritionnels

Les apports nutritionnels sont présentés en **Annexe 5**. Toutes les contraintes nutritionnelles inférieures et supérieures sont respectées à l'exception de la contrainte nutritionnelle inférieure pour la vitamine D dont l'apport atteint 5,4 µg/j.

- Exposition aux contaminants

Ce scénario A n'a pas vocation à servir de base aux repères de consommations alimentaires puisqu'il n'intègre pas les habitudes alimentaires. Il permet, par comparaison au scénario B, d'évaluer l'impact de la prise en compte des habitudes alimentaires sur l'optimisation ; en outre, l'analyse des expositions aux contaminants n'est pas réalisée à ce stade.

### Scénario B1 : prise en compte des contraintes nutritionnelles, épidémiologiques et des habitudes de consommation

Dans ce scénario sont prises en compte les contraintes nutritionnelles, épidémiologiques, et les habitudes de consommation, en apportant de la flexibilité à la contrainte vitamine D.

- Apports alimentaires

Dans cette optimisation prenant en compte les habitudes alimentaires, l'ensemble des sous-groupes est représenté, à l'exception des pains et produits de panification raffinés et des boissons sucrées de type soda (**Tableau 32**). La consommation proposée de fruits frais est triplée et celle de légumes doublée par rapport à la consommation moyenne des français et atteint le 95<sup>ème</sup> centile. L'apport total du groupe fruits et légumes atteint ainsi 679 g/j. Les fruits sont proposés presque exclusivement sous forme de fruits frais. Les féculents sont très majoritairement proposés sous forme complète et leur apport atteint 377 g/j. La consommation du groupe VPO optimisée est de 235 g/j, constituée majoritairement de viande hors volaille (71 g/j, soit la limite maximale issue des données épidémiologiques) et de volaille (97 g/j). La consommation proposée de charcuterie reste bien en-deçà de la limite maximale issue des données épidémiologiques (10 vs 25 g/j). En ce qui concerne le groupe « lait et produits laitiers », seule la consommation de lait est largement augmentée (quadruplée) par rapport à la consommation moyenne. Parmi les matières grasses ajoutées, la consommation d'huiles végétales riches en ALA est largement privilégiée<sup>26</sup> et atteint 20 g/j.

---

<sup>26</sup> à consommer selon les conditions d'usage définies dans l'avis de l'Afssa du 22 juin 2005 relatif à la modification du critère de distinction entre les huiles végétales pour « assaisonnement » et pour « friture et assaisonnement » fondé sur la teneur en acide alpha-linolénique (Afssa 2005).

Tableau 32. Niveaux de consommation proposés par le scénario B1 pour les hommes adultes

Sous-groupes d'aliments	Quantité proposée par l'optimisation (g/j)	Consommation moyenne INCA2 (g/j)	Déviations par rapport à la moyenne de consommation (%)	Limite inférieure de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)	Groupes d'aliments (g/j)
Légumes	285	123	131	16	285	Fruits et légumes hors oléagineux <b>670</b>
Fruits frais	376	115	228	0	376	
Fruits secs	0,8	0,8	0	0	2,9	
Fruits transformés : compotes et fruits cuits	8,5	8,5	0	0	53	
Oléagineux	8,6	1,5	471	0	8,6	
Pain et produits de panification raffinés	0	102	-100	0	260	Féculents <b>377</b>
Pain et produits de panification complets	79	16	398	0	Pas de limite	
Produits à base d'amidon, transformés sucrés/gras	14	14	0	0	71	
Produits à base d'amidon, transformés salés/gras	27	27	0	0	79	
Autres féculents raffinés	14	113	-87	14	257	
Autres féculents complets	243	3	9489	0	Pas de limite	
Légumineuses	36	15	152	0	64	
Volaille	97	38	154	0	122	VPO <b>235</b>
Viande hors volaille	71	64	12	0	71	
Charcuterie	9,7	39	-76	0	25	
Poissons gras	21	5	339	0	27	
Autres poissons	23	23	0	0	70	



Sous-groupes d'aliments	Quantité proposée par l'optimisation (g/j)	Consommation moyenne INCA2 (g/j)	Déviations par rapport à la moyenne de consommation (%)	Limite inférieure de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)	Groupes d'aliments (g/j)
Œufs	13	13	0	0	46	
Laits	386	98	293	0	386	Lait et produits laitiers <b>510</b>
Produits laitiers frais nature	28	28	0	0	129	
Produits laitiers frais sucrés	42	42	0	0	154	
Desserts sucrés lactés	18	18	0	0	86	
Fromages	36	36	0	0	94	
Beurre et beurre allégé	6	6	0	0	26	
Huiles végétales riches en ALA	20	0,3	7680	0	Pas de limite	Matières grasses ajoutées <b>39</b>
Huiles végétales et margarines pauvres en ALA	0,4	4,5	-91	0	20	
Sauces, crèmes fraîches et condiments	13	13	0	0	43	
Produits sucrés ou sucrés et gras	68	68	0	0	174	
Eaux de boissons	965	776	24	0	2000	Eau <b>965</b>
Boissons sucrées de type soda	0	93	-100	0	263	Boissons sucrées <b>5</b>
Jus de fruits	5	59	-92	0		
Sel	0,0	0,2	-100	0	1,1	Sel <b>0</b>

Les cases jaunes représentent les limites de consommation issues des données de consommation INCA2 (P5 pour la limite inférieure et P95 pour la limite supérieure). Les cases rouges représentent les limites de consommation introduites suivant des justifications épidémiologiques. Les sous-groupes d'aliments en vert sont des sous-groupes couplés, c'est-à-dire des sous-groupes pour lesquels la limite porte sur la consommation de la somme des deux sous-groupes.

- Apports nutritionnels

Les apports nutritionnels sont présentés en **Annexe 6**. Toutes les contraintes nutritionnelles inférieures et supérieures sont respectées à l'exception de la contrainte nutritionnelle inférieure pour la vitamine D dont l'apport atteint 3,8 µg. Les apports en vitamines B5 et E, ainsi qu'en manganèse sont supérieurs à l'apport satisfaisant, défini sur la base des apports moyens observés dans INCA2 et non intégrés comme contrainte à l'outil d'optimisation.

Les apports en vitamine B1, en zinc, en fibres, en lipides totaux, en ALA et en EPA+DHA se limitent à la contrainte nutritionnelle inférieure, ce qui suggère qu'ils sont des facteurs limitant dans cette optimisation.

- Exposition aux contaminants et aux additifs alimentaires étudiés

**Concernant les 4 additifs alimentaires étudiés (Annexe 7)**, les niveaux d'exposition calculés selon le scénario B1 sont inférieurs à l'exposition de l'EAT2 et à leur VTR respective pour 3 des 4 additifs. Seule l'exposition à l'acide tartrique est supérieure à l'exposition de l'EAT2 mais reste inférieure à sa VTR (0,2 % de sa VTR).

**Concernant les substances hors pesticides (Annexe 8)** pour 39 substances sur 93, l'exposition est supérieure à l'exposition moyenne estimée dans l'EAT2. La différence la plus importante est notée pour l'héxabromocyclododécane (HBCDD, 7 fois). Cette observation s'explique par une consommation plus élevée de poissons gras proposée par le scénario B1 par rapport à la consommation moyenne de l'étude INCA2. Par ailleurs, pour certaines substances pour lesquelles le risque sanitaire ne pouvait pas être exclu au regard des résultats de l'EAT2, les expositions sont plus faibles. C'est le cas notamment de l'acrylamide, l'aluminium, du déoxyningalénol, du méthylmercure, du plomb ou du cadmium.

Cependant, bien que les expositions de certaines substances soient supérieures à celles estimées dans l'EAT2, il est important de souligner qu'elles sont pour la plupart inférieures aux valeurs de référence retenues (valeurs toxicologiques de référence ou en l'absence, les valeurs médianes d'exposition de l'EAT2). C'est notamment le cas des dioxines, furanes et PCB-DL (l'exposition est supérieure de 4 % par rapport à l'exposition de l'EAT2 et représente 60 % de la valeur toxicologique de référence) ou encore des acides perfluoro alkylés PFOA et PFOS pour lesquels l'exposition demeure inférieure à 1 % de leur valeur toxicologique de référence respective. Enfin, pour certaines substances ou familles de substance, l'exposition est supérieure par rapport à l'EAT2 mais il n'existe pas pour ces substances de repère toxicologique, rendant impossible l'interprétation en termes de risques : c'est notamment le cas des phyto-œstrogènes, de certaines mycotoxines (ochratoxine B), des composés perfluoro alkylés (hors PFOA et PFOS), de l'arsenic organique, du molybdène, ou de l'étain.

Seules trois substances présentent une exposition supérieure aux valeurs maximales retenues (à savoir les valeurs médianes d'exposition de l'EAT2). Il s'agit de l'HBCDD (+800 %), du chrome(VI) (+5 %) et de l'arsenic inorganique (+27 %).

- HBCDD : l'exposition est supérieure par rapport à celle de l'EAT2, néanmoins la marge de sécurité est supérieure à 2000, sachant que la marge de sécurité critique retenue par l'EFSA est de 8 et celle retenue par le CES « Evaluation des risques chimiques liés à l'alimentation » (ERCA) est de 25 (dans le cadre de l'EAT infantile). Au regard de ces marges critiques, cette exposition ne semble pas être de nature à entraîner un risque sanitaire.
- Cr(VI) : l'exposition est quasi équivalente à celle d'EAT2 (105 %), mais, néanmoins, il subsiste une forte incertitude sur la part du Cr(VI) dans le chrome total dosé (pour

rappel, des hypothèses très conservatrices de l'EFSA ont été utilisées ici, voir partie 5.5.3).

- arsenic inorganique : l'exposition atteint 127 % de l'exposition médiane estimée dans l'EAT2 et 103 % de l'exposition moyenne, expositions qui étaient déjà jugées préoccupantes.

**Concernant les résidus de pesticides (Annexe 9)**, parmi les 232 pesticides analysés dans l'EAT2, la grande majorité (78 %) des substances (n = 182) présente une exposition supérieure à celle de l'EAT2. Cette différence des niveaux d'exposition s'explique notamment, pour la majorité des pesticides, par des niveaux de consommation de fruits et légumes plus élevés, et pour un nombre plus restreint de substances par des niveaux de consommation de céréales plus élevés à l'issue de l'optimisation selon le scénario B2.

Seule l'exposition au lindane (HCH-gamma) dépasse la valeur toxicologique de référence (VTR) (109 % de la DJA), ce qui doit être relativisé au regard de plusieurs éléments :

- l'exposition alimentaire estimée selon le scénario B1 pour le lindane ne représente que 12 % de l'exposition estimée dans l'EAT2, c'est-à-dire que l'exposition résultant du scénario B1 est plus faible ;
- dans l'EAT2, le lindane n'a été détecté que dans 3 échantillons de denrées animales malgré un bon niveau de couverture de l'alimentation, contrairement à d'autres substances plus fréquemment détectées ;
- un dépassement de VTR est observé lorsqu'on considère la VTR de  $0,01 \mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{j}^{-1}$  utilisée dans les expertises récentes (Anses, 2014). Cependant, en considérant la DJA de  $5 \mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{j}^{-1}$  du Joint FAO/WHO Meetings on Pesticide Residues (JMPR) (FAO/WHO 2002) utilisée dans le cadre des évaluations annuelles européennes *a posteriori* (EFSA 2015a), l'exposition au lindane dans ce scénario B1 reste inférieure à la VTR.

Une faible proportion de substances (8 %, n = 18) présente des niveaux d'exposition compris entre 10 % et 100 % de la DJA (**Annexe 9**). Plus précisément, 3 % (n = 7) sont des substances actives phytopharmaceutiques autorisées (A) selon le règlement n°1107/2009/CE ou sont d'anciens pesticides aujourd'hui interdits et inscrits à la convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (POP). Ces résultats sont à mettre en perspective avec les niveaux d'exposition observés dans les plans de surveillance plus récents (**Annexe 9**). En effet, la méthode de gestion des données censurées (substitution des résultats non détectés par la LOD/2) peut entraîner une surestimation des expositions (voir partie 5.5.3).

Parmi ces substances actives autorisées ou POP, trois sont fréquemment détectées dans le cadre des plans de surveillance nationaux 2010 à 2013, et déjà identifiées dans le dernier avis de l'Anses sur l'actualisation des indicateurs de risque alimentaire (Anses, 2014). Il s'agit de deux insecticides organophosphorés (chlorpyrifos-éthyl et diméthoate) détectés dans les fruits et légumes, et des fongicides dithiocarbamates détectés dans les légumes-feuilles, et en particulier dans les laitues (**Annexe 9**). Pour ces trois substances, les niveaux d'exposition estimés au scénario B1 sont supérieurs à ceux estimés dans l'EAT2. Ces niveaux atteignent 152 % de l'exposition EAT2 pour le chlorpyrifos-éthyl (11 % de la VTR), 109 % pour le diméthoate (66 % de la VTR) et 123 % pour les dithiocarbamates (17 % de la VTR). Pour ces 3 substances, il conviendra de maintenir une veille renforcée des niveaux d'exposition alimentaire, tels que préconisé dans le dernier avis de l'Anses (Anses, 2014).

Pour les 15 autres substances dont l'exposition est comprise entre 10 et 100 % de la DJA, un risque chronique peut être écarté :

- 11 substances non autorisées en Europe, jamais ou rarement détectées<sup>27</sup> (en italique dans le tableau en **Annexe 9**) ;
- 2 substances autorisées (éthoprophos et fipronil), jamais ou exceptionnellement détectées ;
- 2 POP pour lesquels les niveaux estimés au scénario B1 sont 6 à 8 fois inférieurs à ceux de l'EAT2 (incluant le lindane).

Parmi les substances dont l'exposition est supérieure à celle estimée dans l'EAT2 sans dépasser la DJA, certaines ont été classées prioritaires en termes de surveillance des expositions alimentaires chroniques dans le dernier avis de l'Agence (Anses, 2014) et devront faire l'objet d'une surveillance renforcée des expositions :

- abamectine
- bifenthrine
- boscalide) : cette substance est en outre particulièrement détectée dans les fruits et légumes
- béta-cyfluthrine
- cyromazine
- diméthoate
- étofenprox
- fipronil
- fluazifop-P
- fluquinconazole
- imazalil
- pyréthrinés
- tau-fluvalinate
- tétraconazole
- thiabendazole

### Scénario C2 : prise en compte des contraintes nutritionnelles, épidémiologiques, des habitudes de consommation et des contraintes liées aux contaminants

Dans ce scénario sont prises en compte les contraintes nutritionnelles, épidémiologiques, les habitudes de consommation et les contraintes liées aux contaminants hors pesticides et additifs mais incluant les POP, en apportant de la flexibilité aux contraintes vitamine D, HBCDD, HAP4 et PBB.

- Apports alimentaires

La prise en compte des contaminants dans l'optimisation entraîne une diminution du nombre de sous-groupes consommés, par rapport au scénario B1 : la consommation de lait, de produits laitiers sucrés, de charcuterie, de beurre et d'huiles végétales et margarines pauvres en ALA n'est plus proposée (**Tableau 33**). La consommation de fruits et légumes, de féculents et dans une moindre mesure de VPO est similaire à celle proposée dans le scénario B1. La consommation proposée de légumineuses atteint la limite maximale (95<sup>ème</sup> centile de consommation). L'optimisation ne propose plus de lait. Les nutriments, principalement le calcium, apportés par le lait dans le scénario B1 semblent être apportés ici par le fromage dont la consommation est plus que doublée. En ce qui concerne le volume hydrique lié à la consommation de lait dans le scénario B1, il est partiellement compensé par

---

<sup>27</sup> Du fait de l'hypothèse « middle bound », une substance jamais détectée peut néanmoins entraîner une exposition calculée non nulle.

une augmentation de la consommation de jus de fruits, qui atteint la limite maximale issue des données épidémiologiques. Parmi les matières grasses ajoutées, la consommation d'huiles végétales riches en ALA est largement privilégiée<sup>28</sup> et atteint la limite maximale aux dépens du beurre et des autres huiles végétales.

---

<sup>28</sup> à consommer selon les conditions d'usage définies dans l'avis de l'Afssa du 22 juin 2005 relatif à la modification du critère de distinction entre les huiles végétales pour « assaisonnement » et pour « friture et assaisonnement » fondé sur la teneur en acide alpha-linolénique (Afssa 2005).

Tableau 33. Niveaux de consommation proposés par le scénario C2 pour les hommes adultes

Sous-groupes d'aliments	Quantité proposée par l'optimisation (g/j)	Consommation moyenne INCA2 (g/j)	Déviations par rapport à la moyenne de consommation (%)	Limite inférieure de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)		Groupes d'aliments (g/j)
Légumes	285	123	131	16	285		Fruits et légumes hors oléagineux <b>669</b>
Fruits frais	376	115	228	0	376		
Fruits secs	2,9	0,8	280	0	2,9		
Fruits transformés : compotes et fruits cuits	5,5	8,5	-34	0	53		
Oléagineux	8,6	1,5	471	0	8,6		
Pain et produits de panification raffinés	0	102	-100	0	260	284	Féculeux <b>375</b>
Pain et produits de panification complets	70	16	345	0	Pas de limite		
Produits à base d'amidon, transformés sucrés/gras	31	14	126	0	71		
Produits à base d'amidon, transformés salés/gras	16	27	-42	0	79		
Autres féculents raffinés	14	113	-87	14	257	257	
Autres féculents complets	243	3	9489	0	Pas de limite		
Légumineuses	50	15	243	0	64		Légumineuses <b>50</b>
Volaille	122	38	219	0	122		Viande et charcuterie, produits de la pêche, œufs <b>268</b>
Viande hors volaille	71	64	12	0	71		
Charcuterie	0	39	-100	0	25		
Poissons gras	22	5	371	0	27		
Autres poissons	7	23	-68	0	70		
Œufs	46	13	260	0	46		
Laits	0	98	-100	0	386		Lait et produits laitiers <b>218</b>
Produits laitiers frais nature	122	28	338	0	129		
Produits laitiers frais sucrés	0	42	-100	0	154		



Sous-groupes d'aliments	Quantité proposée par l'optimisation (g/j)	Consommation moyenne INCA2 (g/j)	Déviations par rapport à la moyenne de consommation (%)	Limite inférieure de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)		Groupes d'aliments (g/j)
Desserts sucrés lactés	15	18	-19	0	86		
Fromages	81	36	127	0	94		
Beurre et beurre allégé	0	6	-100	0	26		Matières grasses ajoutées <b>25</b>
Huiles végétales riches en ALA	21	0,3	7842	0	Pas de limite	21	
Huiles végétales pauvres en ALA et margarines	0,4	4,5	-100	0	20		
Sauces, crèmes fraîches et condiments	4,4	13	-66	0	43		
Produits sucrés ou sucrés et gras	28	68	-59	0	174		
Eaux de boissons	1002	776	29	0	2000		Eau <b>1002</b>
Boissons sucrées de type soda	0	93	-100	0	263		Boissons sucrées <b>263</b>
Jus de fruits	263	59	348	0			
Sel	0,0	0,2	-100	0	1,1		Sel <b>0</b>

Les cases en jaunes représentent les limites de consommation issues des données de consommation INCA2 (P5 pour la limite inférieure et P95 pour la limite supérieure). Les cases en rouges représentent les limites de consommation introduites suivant des justifications épidémiologiques. Les sous-groupes d'aliments en vert sont des sous-groupes couplés, c'est-à-dire des sous-groupes pour lesquels la limite porte sur la consommation de la somme des deux sous-groupes.

- Apports nutritionnels

Les apports nutritionnels sont présentés en **Annexe 10**. Toutes les contraintes nutritionnelles inférieures et supérieures sont suivies à l'exception de la contrainte nutritionnelle inférieure pour la vitamine D qui atteint 4,3 µg.

Les apports en vitamines B5 et E, ainsi qu'en manganèse sont supérieurs à l'apport satisfaisant, défini sur la base des apports moyens observés dans INCA2 et non intégrés comme contrainte à l'outil d'optimisation.

Comme dans le scénario B1, les apports en vitamine B1, en zinc, en fibres, en lipides totaux, en acide alpha-linolénique et en EPA+DHA se limitent à la contrainte nutritionnelle inférieure, ce qui suggère qu'ils sont des facteurs limitant dans cette optimisation. C'est le cas également ici de l'iode.

- Exposition aux contaminants et aux additifs alimentaires étudiés

**Concernant les 4 additifs étudiés (Annexe 11)**, les niveaux d'exposition selon le scénario C2 sont inférieurs à l'exposition de l'EAT2 et à leur VTR respective.

**Concernant les substances hors pesticides (Annexe 12) :**

Pour 20 substances sur 93, l'exposition est strictement supérieure à l'exposition moyenne estimée dans l'EAT2. Les différences les plus importantes sont notées pour l'HBCDD (environ 2 fois). Ces observations sont la conséquence des consommations plus élevées de poissons gras retenues dans le scénario C2 par rapport à celles de l'EAT2. Par ailleurs, pour certaines substances pour lesquelles le risque ne pouvait être exclu au regard des résultats de l'EAT2, les expositions sont inférieures. C'est notamment le cas notamment de l'acrylamide, de l'aluminium, du déoxynivaléol (DON), du plomb ou du cadmium.

Enfin, pour certaines substances ou familles de substances, l'exposition est supérieure à celle de l'EAT2 mais aucun repère toxicologique n'ayant été retenu, cela rend impossible l'interprétation en termes de risques sanitaires : c'est le cas principalement de quelques phyto-œstrogènes (tel que le coumestrol), d'une mycotoxine (ochratoxine B), du molybdène et de l'étain.

Seul l'HBCDD présente une exposition supérieure à la valeur maximale retenue, à savoir la valeur médiane d'exposition de l'EAT2 (+300 %). Néanmoins, la marge de sécurité s'élève à 660, sachant que la marge de sécurité critique retenue par l'EFSA est de 8 et celle retenue par le CES ERCA est de 25 (dans le cadre de l'EAT infantile). L'exposition ne semble donc pas être de nature à entraîner un risque sanitaire.

**Concernant les résidus de pesticides :**

Parmi les 232 pesticides analysés dans l'EAT2, 79 % des substances (n=184) présentent une exposition supérieure à celle de l'EAT2. Cette différence de niveaux d'exposition s'explique notamment, pour la majorité des pesticides, par des niveaux de consommation de fruits et légumes plus élevés, et pour un nombre plus restreint de substances par des niveaux de consommation de céréales plus élevés à l'issue de l'optimisation selon le scénario C2.

Dans ce scénario, aucun pesticide ne présente une exposition supérieure à la DJA. L'exposition alimentaire la plus élevée concerne le lindane (95 % de la VTR de 0,01 µg.kg pc<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> utilisée par l'Anses, voir scénario B1), qui reste bien inférieure au niveau d'exposition estimé dans l'EAT2 (11 %).

Une faible proportion de substances (8 %, n = 19) présente des niveaux d'exposition supérieurs à 10 % de la DJA (**Annexe 13**). Plus précisément, 3 % (n = 8) sont des substances actives phytopharmaceutiques autorisées (A) selon le règlement n°1107/2009/CE ou sont d'anciens pesticides inscrits à la convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (POP). Ces résultats sont à mettre en perspective avec les niveaux d'exposition observés dans les plans de surveillance plus récents (**Annexe 13**). En effet, la méthode de gestion des données censurées (substitution des résultats non détectés par la LOD/2) peut entraîner une surestimation des expositions (Cf. 5.5.3).

Parmi ces substances actives autorisées ou POP, trois sont fréquemment détectées dans le cadre des plans de surveillance nationaux 2010 à 2013, et déjà identifiées dans le dernier avis de l'Anses sur l'actualisation des indicateurs de risque alimentaire (Anses, 2014). Il s'agit de deux insecticides organophosphorés (chlorpyrifos-éthyl et diméthoate) détectés dans les fruits et légumes, et des fongicides dithiocarbamates détectés dans les légumes-feuilles, et en particulier dans les laitues (**Annexe 13**). Pour ces trois substances, les niveaux d'exposition estimés selon le scénario C2 sont supérieurs à ceux estimés dans l'EAT2. Ces niveaux atteignent 158 % de l'exposition EAT2 pour le chlorpyrifos-éthyl (11 % de la DJA), 119 % pour le diméthoate (73 % de la DJA) et 152 % pour les dithiocarbamates (21 % de la DJA). Pour ces 3 substances, il convient de maintenir une veille renforcée des niveaux d'exposition alimentaire, tels que préconisé dans le dernier avis de l'Anses (Anses, 2014).

Pour les 16 autres substances actives dont l'exposition est comprise entre 10 et 100 % de la DJA, un risque chronique peut être écarté :

- 11 substances actives non autorisées en Europe, jamais ou rarement détectées<sup>29</sup> (en italique dans le tableau en **Annexe 13**) ;
- 2 substances actives autorisées (éthoprophos et fipronil), jamais ou exceptionnellement détectées ;
- 3 POP pour lesquels les niveaux estimés au scénario C2 sont 6 à 8 fois inférieurs à ceux de l'EAT2 (incluant le lindane).

Parmi les substances dont l'exposition est supérieure à celle dans l'EAT2, sans dépasser la DJA, certaines ont été classées prioritaires en termes de surveillance des expositions alimentaires chroniques dans le dernier avis de l'Agence (Anses 2014) et devront faire l'objet d'une surveillance renforcée des expositions. Il s'agit des mêmes substances que pour le scénario B1, avec des niveaux d'exposition similaires ou inférieurs (**Annexe 13**)

---

<sup>29</sup> Du fait de l'hypothèse « middle bound », une substance jamais détectée peut néanmoins entraîner une exposition calculée non nulle.

## 5.7.2 Résultats de l'optimisation pour les femmes

### Démarche suivie chez la femme

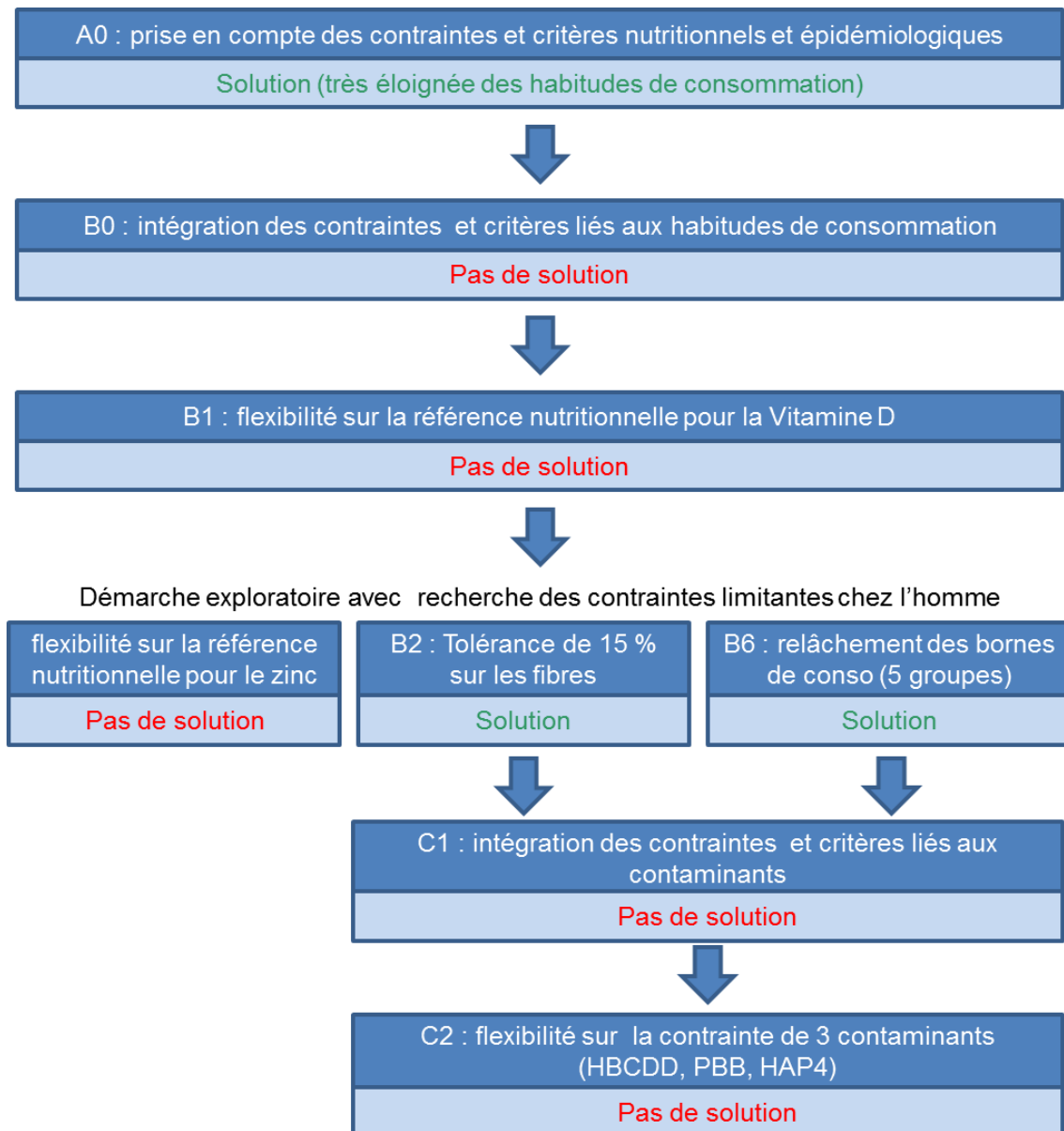
Deux démarches distinctes ont été suivies pour les femmes dont le besoin en fer est bas et celles dont le besoin en fer est élevé (partie 0).

Il a été choisi de commencer par l'optimisation pour les femmes dont le besoin en fer est bas. En effet, comme la RNP pour le fer est moins contraignante dans cette population, les solutions sont plus faciles à identifier. La démarche suivie pour cette population est présentée **Figure 5**.

Une première optimisation a été réalisée en prenant en compte uniquement les contraintes nutritionnelles et épidémiologiques (scénario A0). Comme pour les hommes, on obtient une solution très éloignée des habitudes de consommation et peu variée en termes de sous-groupes alimentaires.

L'intégration à l'outil d'optimisation des habitudes de consommation (scénario B0) ne donne pas de solution. Aussi la contrainte pour la vitamine D a été rendue flexible (l'atteinte de la RNP pour la vitamine D n'est plus une obligation mais l'optimisation vise à s'en approcher le plus possible). Contrairement à la démarche chez l'homme, ce scénario (B1) ne donne pas non plus de solution.

Les nutriments pour lesquelles les apports proposés dans le scénario B1 chez l'homme se situaient au niveau de la RNP et donc considérés comme limitants ont alors été recherchés : il s'agit de la vitamine B1, du zinc, des lipides, de l'acide alpha-linolénique, de l'EPA+DHA et des fibres. La référence nutritionnelle de la vitamine B1, des lipides et de l'acide alpha-linolénique étant dépendante du besoin énergétique, l'apport à atteindre (en valeur absolue) est plus faible pour les femmes si bien qu'il semble improbable que ce soit ces valeurs qui empêchent l'obtention d'une solution. La RNP du zinc a été fixée en faisant l'hypothèse que les apports en phytates étaient élevés (900 mg/j). Du fait de cette hypothèse non vérifiable, l'application d'une flexibilité sur la contrainte nutritionnelle du zinc (en plus de celle sur la contrainte nutritionnelle de la vitamine D) a été testée. La référence nutritionnelle pour les fibres (de 30 g/j) repose sur des données épidémiologiques montrant un effet bénéfique à partir de 25 g/j de fibres. Il a donc été décidé d'appliquer une tolérance de 15 % sur la contrainte relative aux fibres, ce qui correspondait à imposer des apports supérieurs à 25 g/j. En ce qui concerne l'EPA et le DHA, la RNP a été fixée à 500 mg/j sur la base d'études épidémiologiques mettant en évidence une diminution du risque de maladies cardiovasculaires, et possiblement du syndrome métabolique, du cancer du sein et du colon (Afssa 2010a). De ce fait, aucun relâchement de la RNP n'a été testé. Si le relâchement de la contrainte pour le zinc n'a abouti à aucune solution, l'application d'une tolérance pour les fibres qui impose que les apports en fibres soient supérieurs à 25 g/j, et les plus proches possibles de 30 g/j, a permis d'obtenir un résultat (scénario « B2 fer bas »)



**Figure 5. Démarche suivie pour les femmes avec des besoins en fer bas**

Pour les femmes dont le besoin en fer est élevé, une démarche similaire a été mise en œuvre avec une première optimisation qui ne prenait en compte uniquement les contraintes nutritionnelles et épidémiologiques (scénario « A0 fer haut ») (voir **Figure 6**). Comme pour les hommes, on obtient une solution très éloignée des habitudes de consommation et peu variée en termes de sous-groupes alimentaires.

Comme attendu au regard des résultats pour les femmes dont le besoin en fer est bas, l'intégration à l'outil d'optimisation des habitudes de consommation (scénario B0) ne donne pas de solution, pas plus que l'application d'une flexibilité sur la contrainte nutritionnelle pour la vitamine D (scénario B1).

Comme pour les femmes dont le besoin en fer est bas, une tolérance de 15 % pour les fibres a été appliquée (scénario B2) mais ne permet pas d'obtenir une solution. En testant l'introduction d'une tolérance de niveau croissante sur le fer, on constate qu'une solution est obtenue avec au plus un apport de fer de 13,52 mg (correspondant à une tolérance de 15,5 %).

Une démarche exploratoire a été mise en place en appliquant en plus une tolérance de 5% sur toutes les contraintes nutritionnelles inférieures sauf celles relatives à l'eau et à l'énergie et 10 % sur toutes les bornes supérieures de consommation sauf celles issues des relations

épidémiologiques. Cette démarche ne permet pas de trouver de solution proposant 16 mg/j de fer, au plus 15,2 mg de fer est atteint mais au détriment de certaines RNP (calcium, ALA, EPA+DHA, vitamines C et D et fibres) (scénario B3 fer haut).

Il n'apparaît donc pas possible de trouver une solution tenant compte des habitudes de consommation avec un apport de fer de 16 mg/j. Un apport de l'ordre de 15 mg/j pourrait permettre d'obtenir des solutions. Cette valeur correspond notamment à la recommandation du D-A-CH définie pour couvrir les besoins de 90 % de la population féminine.

Une approche consistant à augmenter la borne de consommation des sous-groupes d'aliments riches en fer ou contribuant de façon majeure à l'apport de fer a été menée. Parmi ces sous-groupes d'aliments, ont été identifiés ceux pour lesquelles une consommation supérieure au 95<sup>ème</sup> centile est acceptable et permettrait d'augmenter significativement l'apport de fer. Il s'agit du pain complet, du sous-groupe « autres poissons », des légumineuses, des fruits à coque et des fruits secs. Pour ces 5 groupes, la borne supérieure a été augmentée au niveau de la portion supérieure (la définition des portions est décrite en **Annexe 14**). Cette démarche n'a donné de solution qu'en appliquant une tolérance de 15 % sur les fibres (correspondant à un apport minimal de 25,5 g/j) et de 6 % sur le fer (ce qui correspond à un apport de 15 mg/j) (scénario B4 fer haut). Une autre optimisation a été réalisée en ouvrant les bornes de consommation du pain complet, des légumineuses, des fruits à coque et des fruits secs sans ouvrir celle du sous-groupe « autres poissons », afin de limiter l'exposition à certains contaminants et la consommation de VPO. Elle donne également une solution (scénario B5 fer haut).

Comme cette approche de relâchement de 5 bornes spécifiques a permis d'obtenir des solutions, elle a aussi été utilisée pour les femmes dont le besoin en fer est bas (scénario B6 fer bas) et a donné une solution.

Enfin, si l'on ajoute aux scénarios retenus les contraintes liées aux contaminants, aucune solution n'est obtenue, que ce soit pour les femmes dont le besoin en fer est bas ou celles dont le besoin en fer est élevé, malgré l'application de la flexibilité pour les contraintes liées aux trois contaminants HBCDD, HAP4 et PBB, comme cela a été réalisé chez les hommes (partie 0).



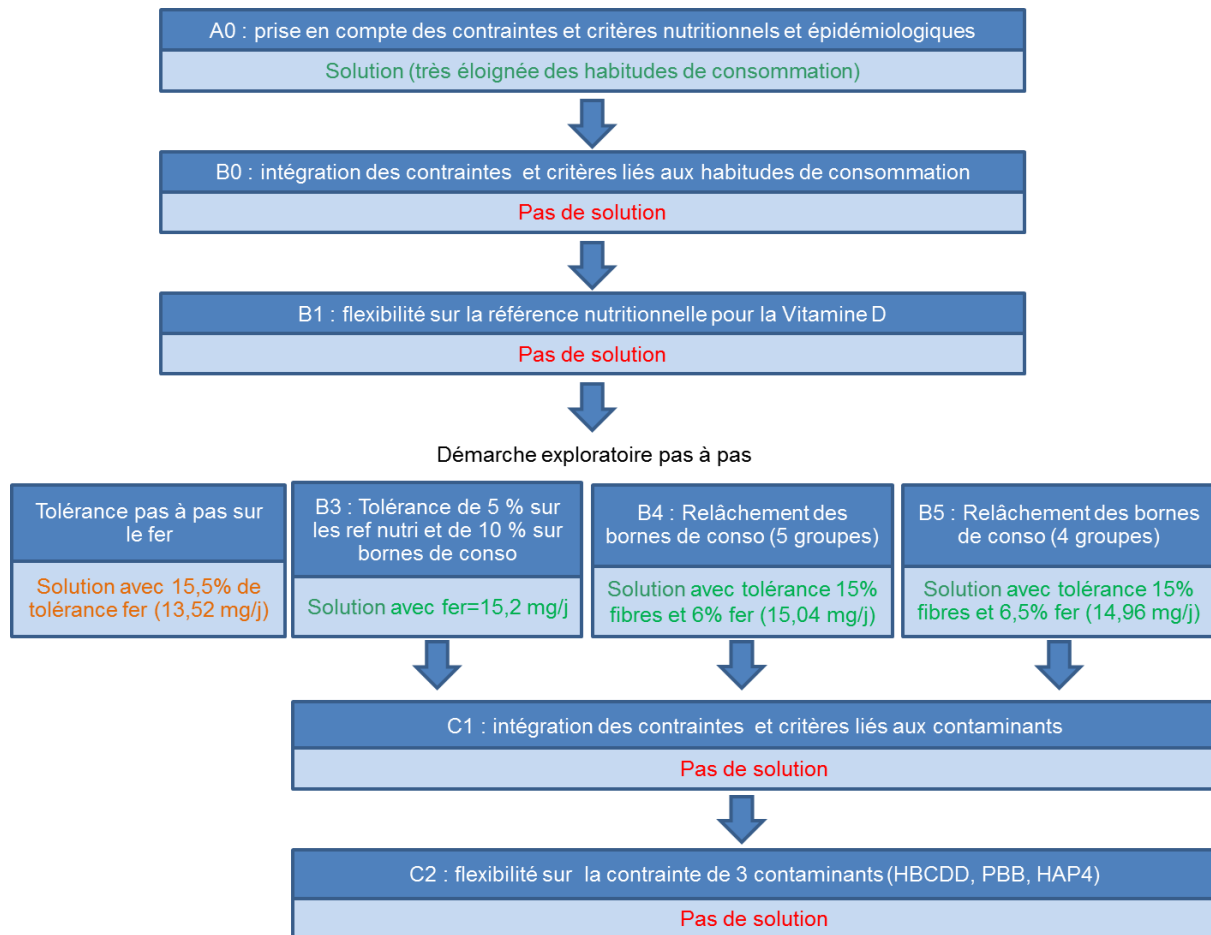


Figure 6. Démarche suivie pour les femmes avec des besoins en fer élevés

### Scénario A1 : prise en compte des contraintes nutritionnelles et épidémiologiques uniquement

Dans ce scénario sont prises en compte uniquement les contraintes nutritionnelles et épidémiologiques, en apportant de la flexibilité à la contrainte pour la vitamine D.

Seuls les résultats pour les femmes dont le besoin en fer est élevé sont présentés ici.

- Apports alimentaires (Tableau 34)

Tout comme pour les hommes, l'optimisation réalisée selon le scénario A1 propose un faible nombre de sous-groupes d'aliments (partie 0), avec de fortes quantités de légumes (1 kg/j) et de féculents nature complets (plus de 600 g/j). En ce qui concerne le groupe « viande, charcuterie, produits de la pêche et œufs » (VPO), la solution d'optimisation privilégie les œufs (environ 3 œufs par jour) et le poisson gras. La quantité de charcuterie proposée se situe presque à la limite maximale imposée par les données épidémiologiques (24 vs 25 g/j), ce qui n'est pas le cas de la viande hors volaille dont l'apport proposé reste bien en-deçà de la limite maximale issue des considérations épidémiologiques (17 vs 71 g/j). Parmi les produits laitiers, seuls le lait (68 g/j) et le fromage (46 g/j) sont proposés. Aucun produit sucré (sous forme solide ou liquide) n'est proposé.

Tableau 34. Niveaux de consommation proposés par le scénario A1 pour les femmes de besoin en fer élevé

Sous-groupes d'aliments	Quantité proposée par l'optimisation (g/j)	Consommation moyenne INCA2 (g/j)	Déviations par rapport à la moyenne de consommation (%)	Limite inférieure de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)	Groupes d'aliments (g/j)
Légumes	1022	124	721	pas de limite	pas de limite	Fruits et légumes hors oléagineux <b>1022</b>
Fruits frais	0	111	-100	pas de limite	pas de limite	
Fruits secs	0	1	-100	pas de limite	pas de limite	
Fruits transformés : compotes et fruits cuits	0	12	-100	pas de limite	pas de limite	
Oléagineux	0	0,8	-100	pas de limite	pas de limite	
Pain et produits de panification raffinés	0	60	-100	pas de limite	pas de limite	Féculeux <b>624</b>
Pain et produits de panification complets	0	12	-100	pas de limite	pas de limite	
Produits à base d'amidon, transformés sucrés/gras	0	15	-100	pas de limite	pas de limite	
Produits à base d'amidon, transformés salés/gras	0	20	-100	pas de limite	pas de limite	
Autres féculents raffinés	0	83	-100	pas de limite	pas de limite	
Autres féculents complets	624	2	25062	pas de limite	pas de limite	
Légumineuses	0	11	-100	pas de limite	pas de limite	Légumineuses <b>0</b>
Volaille	0	25	-100	pas de limite	pas de limite	Viande et charcuterie, produits de la pêche, œufs <b>237</b>
Viande hors volaille	17	41	-58	pas de limite	71	
Charcuterie	24	26	-6	pas de limite	25	
Poissons gras	47	4	978	pas de limite	pas de limite	
Autres poissons	0	22	-100	pas de limite	pas de limite	
Œufs	149	12	1106	pas de limite	pas de limite	

Sous-groupes d'aliments	Quantité proposée par l'optimisation (g/j)	Consommation moyenne INCA2 (g/j)	Déviations par rapport à la moyenne de consommation (%)	Limite inférieure de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)	Groupes d'aliments (g/j)
Laits	68	87	-22	pas de limite	pas de limite	Lait et produits laitiers <b>114</b>
Produits laitiers frais nature	0	36	-100	pas de limite	pas de limite	
Produits laitiers frais sucrés	0	47	-100	pas de limite	pas de limite	
Desserts sucrés lactés	0	16	-100	pas de limite	pas de limite	
Fromages	46	24	91	pas de limite	pas de limite	
Beurre et beurre allégé	0	4	-100	pas de limite	pas de limite	Matières grasses ajoutées <b>25</b>
Huiles végétales riches ALA	18	0	6673	pas de limite	pas de limite	
Huiles végétales pauvres en ALA et margarines	7	4	59	pas de limite	pas de limite	
Sauces, crèmes fraîches et condiments	0	14	-100	pas de limite	pas de limite	
Produits sucrés ou sucrés et gras	0	59	-100	pas de limite	pas de limite	Produits sucrés ou sucrés et gras <b>0</b>
Eaux de boissons	558	806	-31	pas de limite	pas de limite	Eau : <b>558</b>
Boissons sucrées de type soda	0	58	-100	pas de limite	216	Boissons sucrées <b>0</b>
Jus de fruits	0	61	-100	pas de limite		
Sel	0,0	0,2	-100	pas de limite	pas de limite	Sel <b>0</b>

Les cases rouges représentent les limites de consommation introduites suivant des justifications épidémiologiques.

- Apports nutritionnels

Les apports nutritionnels sont présentés en **Annexe 15**. Toutes les contraintes nutritionnelles inférieures et supérieures sont respectées à l'exception de la contrainte nutritionnelle inférieure pour la vitamine D dont l'apport atteint 6,8 µg/j.

- Exposition aux contaminants

Ce scénario A1 n'a pas vocation à servir de base aux repères de consommations alimentaires puisqu'il n'intègre pas les habitudes alimentaires. Il permet, par comparaison au scénario B, d'évaluer l'impact de la prise en compte des habitudes alimentaires sur l'optimisation, aussi l'analyse des expositions aux contaminants n'est pas réalisée à ce stade.

### Scénarios B - fer bas

- Apports alimentaires

Dans ces deux scénarios d'optimisation (B2 et B6) prenant en compte les habitudes alimentaires, l'ensemble des sous-groupes est représenté, à l'exception des pains et produits de panification raffinés, des boissons sucrées de type soda et de charcuterie (**Tableau 35**). Les solutions des deux scénarios sont relativement proches en termes de consommations alimentaires : la différence majeure porte sur les légumineuses et les fruits oléagineux dont la consommation est plus élevée dans le scénario B6 dans lequel les bornes de consommation de ces deux sous-groupes sont plus élevées. A l'inverse, la consommation proposée de VPO est légèrement plus faible dans le scénario B6 (146 vs 165 g/j dans le scénario B2). Tout comme chez l'homme, les deux scénarios proposent une consommation de fruits frais triplée et une consommation de légumes doublée par rapport à la consommation moyenne des français. L'apport total du groupe fruits et légumes atteint ainsi 630 g/j environ. Les féculents sont très majoritairement proposés sous forme complète et leur apport atteint 290 g/j. L'apport proposé de viande hors volaille est bien en-deçà de la limite maximale de consommation issue des données épidémiologiques, tandis que celui de charcuterie est nul. En ce qui concerne le groupe « lait et produits laitiers », seule la consommation de lait est largement augmentée (quadruplée) par rapport à la consommation moyenne. Parmi les matières grasses ajoutées, la consommation d'huiles végétales riches en ALA, telles que les huiles de colza et de noix, est largement privilégiée<sup>30</sup> et atteint 20 g/j.

---

<sup>30</sup> à consommer selon les conditions d'usage définies dans l'avis de l'Afssa du 22 juin 2005 relatif à la modification du critère de distinction entre les huiles végétales pour « assaisonnement » et pour « friture et assaisonnement » fondé sur la teneur en acide alpha-linolénique (Afssa 2005).

Tableau 35. Niveaux de consommation proposés par les scénarios B2 et B6 pour les femmes de besoin en fer bas

Sous-groupes d'aliments	Quantité proposée par l'optimisation (g/j)		Consommation moyenne INCA2 (g/j)	Déviation par rapport à la moyenne de consommation (%)		Limite inférieure de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)		Groupes d'aliments (g/j)			
	scénario B2	scénario B6		scénario B2 et B6	scénario B2		scénario B6	scénario B2 et B6	scénario B2	scénario B6	scénario B2	scénario B6
Légumes	282	282	124	126	126	21	282		Fruits et légumes hors oléagineux <b>627</b>	Fruits et légumes hors oléagineux <b>627</b>		
Fruits frais	332	332	111	199	199	0	332					
Fruits secs	0,6	0,6	0,6	0	0	0	<b>3,7</b>	<b>20</b>				
Fruits transformés : compotes et fruits cuits	12	12	12	0	0	0	57					
Oléagineux	<b>4,6</b>	<b>12</b>	0,8	481	1434	0	<b>4,6</b>	<b>15</b>				
Pain et produits de panification raffinés	0	0	60	-100	-100	0	161	<b>177</b>	161	<b>200</b>	Féculeux <b>288</b>	Féculeux <b>287</b>
Pain et produits de panification complets	60	59	12	382	374	0	pas de limite		pas de limite			
Produits à base d'amidon, transformés sucrés/gras	15	15	15	0	0	0	61					
Produits à base d'amidon, transformés salés/gras	20	20	20	0	0	0	57					
Autres féculents raffinés	14	14	83	-83	-83	14	193	<b>193</b>	193	<b>193</b>		
Autres féculents complets	179	179	3	7096	7096	0	pas de limite		pas de limite			
Légumineuses	<b>32</b>	<b>100</b>	11	189	812	0	<b>50</b>	<b>100</b>	Légumineuses <b>32</b>	Légumineuses <b>100</b>		
Volaille	25	25	25	0	0	0	75		VPO <b>165</b>	VPO <b>146</b>		
Viande hors volaille	<b>57</b>	<b>43</b>	41	39	4	0	71					
Charcuterie	0	0	26	-100	-100	0	25					
Poissons gras	<b>16</b>	<b>20</b>	4	255	353	0	25					
Autres poissons	<b>55</b>	<b>31</b>	22	150	41	0	<b>67</b>	<b>100</b>				
Œufs	<b>12</b>	<b>28</b>	12	0	126	0	43					
Laits	<b>341</b>	<b>350</b>	87	292	303	0	350		Lait et	Lait et		

Sous-groupes d'aliments	Quantité proposée par l'optimisation (g/j)		Consommation moyenne INCA2 (g/j)	Déviation par rapport à la moyenne de consommation (%)		Limite inférieure de consommation (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)				Groupes d'aliments (g/j)	
	scénario B2	scénario B6		scénario B2 et B6	scénario B2		scénario B6	scénario B2 et B6	scénario B2		scénario B6	
Produits laitiers frais nature	36	36	36	0	0	0	157				produits laitiers <b>463</b>	produits laitiers <b>472</b>
Produits laitiers frais sucrés	47	47	47	0	0	0	161					
Desserts sucrés lactés	16	16	16	0	0	0	57					
Fromages	24	24	24	0	0	0	65					
Beurre et beurre allégé	4,2	4,2	4,2	0	0	0	17				Matières grasses ajoutées <b>50</b>	Matières grasses ajoutées <b>45</b>
Huiles végétales riches en ALA	16	16	0,3	5928	5928	0	pas de limite	16	pas de limite	16		
Huiles végétales pauvres en ALA et margarines	0	0	4,3	-100	-100	0	16		16			
Sauces, crèmes fraîches et condiments	30	25	14	117	79	0	39					
Produits sucrés ou sucrés et gras	55	59	59	-6	0	1	141				Produits sucrés ou sucrés et gras : <b>55</b>	Produits sucrés ou sucrés et gras : <b>59</b>
Eaux de boissons	806	789	806	0	-2	51	1886				Eau : <b>806</b>	Eau : <b>789</b>
Boissons sucrées de type soda	0	0	58	-100	-100	0	216				Boissons sucrées <b>28</b>	Boissons sucrées <b>21</b>
Jus de fruits	28	21	61	-53	-65	0						
Sel	0,0	0,0	0,2	-100	-100	0	1,1				Sel <b>0</b>	

Les cases jaunes représentent les limites de consommation issues des données de consommation INCA2 (P5 pour la limite inférieure et P95 pour la limite supérieure). Les cases rouges représentent les limites de consommation introduites suivant des justifications épidémiologiques. Les sous-groupes d'aliments en vert sont des sous-groupes couplés, c'est-à-dire des sous-groupes pour lesquels la limite porte sur la consommation de la somme des deux sous-groupes. Les limites maximales en gras mettent en évidence les modifications de bornes maximales de consommation entre les scénarios B2 et B6.



- Apports nutritionnels

Les apports nutritionnels sont présentés en **Annexe 16**. Toutes les contraintes nutritionnelles inférieures et supérieures sont respectées à l'exception des contraintes nutritionnelles inférieures pour la vitamine D dont l'apport atteint 3,4 µg/j et pour les fibres dont l'apport atteint 26 g/j pour le scénario B2 et à l'exception de la contrainte nutritionnelle inférieure pour la vitamine D uniquement (dont l'apport atteint 3,5 µg/j) pour le scénario B6. Cependant ces apports en vitamine D et en fibres sont supérieurs aux apports moyens observés dans l'étude INCA2.

- Exposition aux contaminants et aux additifs alimentaires étudiés

**Concernant les additifs alimentaires (Annexe 17)**, la situation est identique à celle du scénario B1 chez les hommes. En effet, les niveaux d'exposition sont inférieurs à ceux de l'EAT2 et à leur VTR respective pour 3 des 4 additifs. Seule l'exposition à l'acide tartrique est supérieure à l'exposition de l'EAT2 mais reste inférieure à sa VTR (0,2-0,3 % de la VTR selon le scénario).

**En ce qui concerne les substances hors pesticides**, de la même façon que dans les scénarios « homme adulte », pour la majorité d'entre elles (53 ou 56 sur 93, selon le scénario), l'exposition est supérieure à l'exposition moyenne estimée dans l'EAT2 (**Annexe 18**). Les différences les plus importantes sont notées pour l'hexabromocyclododécane (HBCDD, 9 fois), probablement liées à une consommation élevée de poissons dans ce scénario. Par ailleurs pour certaines substances pour lesquelles le risque ne pouvait être exclu au regard des résultats de l'EAT2, les expositions sont inférieures. C'est le cas notamment de l'acrylamide et du déoxynivalénol (DON).

Pour certaines de ces substances, les expositions restent inférieures aux valeurs critiques retenues (valeurs toxicologiques de référence ou en l'absence les valeurs médianes d'exposition de l'EAT2). C'est notamment le cas du méthylmercure (l'exposition représente jusque 21 % de la dose hebdomadaire tolérable), ou encore des dioxines, furanes et PCB-DL (l'exposition est supérieure de 28 % par rapport à l'exposition de l'EAT2 et représente 73 % de la valeur toxicologique de référence). Enfin, pour certaines substances ou familles de substances comme les phyto-œstrogènes, de la même façon que dans les scénarios pour l'homme adulte, l'exposition est supérieure à l'exposition dans l'EAT2 mais il n'existe pas pour ces substances de repère toxicologique, rendant impossible l'interprétation en termes de risques. La forte exposition aux phyto-œstrogènes dans ce scénario peut s'expliquer par des apports proposés en légumes, légumineuses et lait élevés.

Selon le scénario considéré, quatre ou cinq substances présentent une exposition supérieure aux valeurs maximales retenues. Il s'agit de l'HBCDD (+1100 %), de l'arsenic inorganique (+50 à 80 %), du plomb (+20 %), du nickel (114 % de la VTR dans un seul scénario) et du chrome (VI) (+9 %).

- HBCDD : l'exposition est plus élevée que dans l'EAT2, néanmoins la marge de sécurité s'élève à 1800, sachant que la marge de sécurité critique retenue par l'EFSA est de 8 et celle retenue par le CES ERCA est de 25 (dans le cadre de l'EAT infantile). Cette exposition ne semble donc pas être de nature à entraîner un risque sanitaire ;
- arsenic inorganique : l'exposition atteint jusqu'à 180 % de l'exposition médiane et 152 % de l'exposition moyenne estimées dans l'EAT2, qui étaient déjà jugées préoccupantes ;
- plomb : l'exposition atteint 120 % de l'exposition médiane estimée dans l'EAT2, qui était déjà jugée préoccupante ;
- nickel : l'exposition dépasse la VTR établie par l'EFSA en 2015. Un risque sanitaire ne peut donc être exclu ;
- chrome (VI) : l'exposition est équivalente à celle de l'EAT2 (109 % de la médiane et 99 % de la moyenne), mais néanmoins subsiste une forte incertitude sur la part

relative du Cr(III) par rapport au Cr(VI) (pour rappel il a été utilisé ici des hypothèses très conservatrices de l'EFSA, voir partie 5.5.3).

**Concernant les résidus de pesticides**, 85 % à 86 % des substances selon le scénario considéré, présentent une exposition supérieure à celle de l'EAT2. Cette différence des niveaux d'exposition s'explique notamment, pour la majorité des pesticides, par des niveaux de consommation de fruits et légumes plus élevés, et pour un nombre plus restreint de substances par des niveaux de consommation de céréales plus élevés à l'issue de l'optimisation selon ces scénarios B.

De la même façon que pour les hommes, seul le lindane (HCH-gamma) présente des dépassements de la VTR. Ce faible dépassement (respectivement 104 % et 108 % de la VTR) devrait être relativisé au regard de plusieurs éléments :

- l'exposition alimentaire estimée sous ce scénario pour le lindane est plus faible que celle dans l'EAT2 (12 %) ;
- dans l'EAT2, le lindane n'a été détecté que dans 3 échantillons malgré un bon niveau de couverture de l'alimentation, contrairement à d'autres substances plus fréquemment détectées ;
- un dépassement de VTR est observé lorsqu'on considère la VTR de  $0,01 \mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{j}^{-1}$  utilisée dans les expertises récentes (Anses 2014). Cependant, lorsqu'est considérée la VTR de  $5 \mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{j}^{-1}$  du JMPR (FAO/WHO 2002) utilisée dans le cadre des évaluations annuelles européennes a posteriori (EFSA 2015a), l'exposition au lindane dans ce scénario B est inférieure à la VTR.

Par ailleurs, une faible proportion de substances (8 %, n = 18) présente des niveaux d'exposition compris entre 10 % et 100 % de la DJA (**Annexe 19**). Ces substances sont identiques à celles mentionnées au chapitre 5.7.1 (scénarios hommes B1 et C2). Il s'agit notamment des insecticides organophosphorés (chlorpyrifos-éthyl et diméthoate) détectés dans les fruits et légumes, et des fongicides dithiocarbamates détectés dans les légumes-feuilles (**Annexe 19**).

### Scénarios B - fer élevé

- Apports alimentaires

Par rapport aux apports proposés par les scénarios pour les femmes ayant un besoin en fer bas, ces 3 scénarios pour les femmes dont le besoin en fer est élevé proposent des apports presque doublés en VPO (300 g/j vs 150-160 g/j) (**Tableau 36**). Les apports en viande hors volaille et en charcuterie atteignent notamment la limite maximale issue des études épidémiologiques. Les apports en fruits et légumes se trouvent légèrement plus faibles.

Les scénarios B4 et B5, caractérisés par un relâchement de bornes de consommation ciblées, diffèrent peu entre eux ; la différence porte sur la consommation des « autres poissons », plus faible dans le scénario B5 où la borne de consommation de ce sous-groupe n'est pas relâchée. Par compensation, la consommation de volaille est plus élevée.

Ces deux scénarios diffèrent du scénario B3, caractérisé par un faible relâchement général des bornes de consommation et des contraintes liées aux références nutritionnelles. Les différences majeures entre les résultats des scénarios B4 et B5 d'une part et B3 d'autre part, portent sur les apports des sous-groupes dont les bornes sont relâchées, c'est-à-dire, les légumineuses, les fruits secs et les fruits oléagineux qui sont plus élevés dans les scénarios B4 et B5. En compensation, les apports en féculents nature complets, légumes et volailles sont plus élevés dans le scénario B3. Les apports en jus de fruits sont également plus élevés dans les scénarios B4 et B5.

Tableau 36. Niveaux de consommation proposés par les scénarios B3, B4 et B5 pour les femmes de besoin en fer élevé

Sous-groupes d'aliments	Quantité proposée par l'optimisation (g/j)			Conso moyenne INCA2 (g/j)	Déviation par rapport à la moyenne de consommation (%)			Limite inférieure de conso (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)			Groupes d'aliments (g/j)		
	scénario B3	scénario B4	scénario B5		scénario B3	scénario B4	scénario B5		scénario B3 <sup>31</sup>	scénario B4	scénario B5	scénario B3	scénario B4	scénario B5
Légumes	310	282	282	124	149	126	126	21	282			Fruits et légumes hors oléagineux <b>595</b>	Fruits et légumes hors oléagineux <b>574</b>	Fruits et légumes hors oléagineux <b>571</b>
Fruits frais	272	272	269	111	145	145	142	0	332					
Fruits secs	0,6	20	20	0,6	0	3377	3377	0	3,7	20	20			
Fruits transformés : compotes et fruits cuits	12	0	0	12	0	-100	-100	0	57					
Oléagineux	0,8	14	15	0,8	0	1722	1806	0	4,6	15	15			
Pain et produits de panification raffinés	1	0	0	60	-99	-100	-100	0	161 pour B3, B4 et B5		177 pour B3 200 pour B4 et B5	Féculeux <b>299</b>	Féculeux <b>140</b>	Féculeux <b>137</b>
Pain et produits de panification complets	0	0	0	12	-100	-100	-100	0	pas de limite					
Produits à base d'amidon, transformés sucrés/gras	67	61	61	15	333	294	294	0	61					
Produits à base d'amidon, transformés salés/gras	20	0	0	20	0	-100	-100	0	57					
Autres féculents raffinés	14	14	14	83	-83	-83	-83	14	193 pour B3, B4 et B5		193 pour B3, B4 et B5			
Autres féculents complets	198	65	62	2,5	7874	2532	2397	0	pas de limite					
Légumineuses	55	100	100	11	402	812	812	0	50	100	100			
Volaille	83	25	44	25	230	0	75	0	75			VPO <b>307</b>	VPO <b>288</b>	VPO <b>275</b>
Viande hors volaille	71	71	71	41	73	73	73	0	71					

<sup>31</sup> Dans le scénario B3, une tolérance de 10 % a été appliquée sur les bornes de consommation, autorisant l'outil à proposer des solutions qui dépassent de 10 % la limite supérieure de consommation.

Sous-groupes d'aliments	Quantité proposée par l'optimisation (g/j)			Conso moyenne INCA2 (g/j)	Déviation par rapport à la moyenne de consommation (%)			Limite inférieure de conso (g/j)	Limite supérieure de consommation (g/j)			Groupes d'aliments (g/j)		
	scénario B3	scénario B4	scénario B5		scénario B3	scénario B4	scénario B5		scénario B3 <sup>31</sup>	scénario B4	scénario B5	scénario B3	scénario B4	scénario B5
Charcuterie	25	25	25	26	-4	-4	-4	0	25					
Poissons gras	8	25	25	4,4	72	475	475	0	25					
Autres poissons	74	100	67	22	237	355	207	0	67	100	67			
Œufs	47	41	43	12	282	236	247	0	43					
Laits	326	350	350	87	275	303	303	0	350					
Produits laitiers frais nature	36	0	17	36	0	-100	-51	0	157			Lait et produits laitiers <b>423</b>	Lait et produits laitiers <b>416</b>	Lait et produits laitiers <b>432</b>
Produits laitiers frais sucrés	0	0	0	47	-100	-100	-100	0	161					
Desserts sucrés lactés	61	57	57	16	292	268	268	0	57					
Fromages	0	9	7	24	-100	-62	-70	0	65					
Beurre et beurre allégé	0	0	0	4,2	-100	-100	-100	0	17			Matières grasses ajoutées <b>32</b>	Matières grasses ajoutées <b>22</b>	Matières grasses ajoutées <b>18</b>
Huiles végétales riches ALA	18	16	16	0,3	6531	5928	5928	0	pas de limite		16 pour B3, B4 et B5			
Huiles végétales pauvres en ALA et margarines	0	0	0	4,3	-100	-100	-100	0	16 pour B3, B4 et B5					
Sauces, crèmes fraîches et condiments	14	6,3	2,3	14	0	-55	-83	0	39					
Produits sucrés ou sucrés et gras	49	70	70	59	-17	19	19	1	141			Produits sucrés/ sucrés et gras <b>49</b>	Produits sucrés/ sucrés et gras <b>70</b>	Produits sucrés/ sucrés et gras <b>70</b>
Eaux de boissons	813	877	880	806	1	9	9	51	1886			Eau <b>813</b>	Eau <b>877</b>	Eau <b>880</b>
Boissons sucrées de type soda	0	0	0	58	-100	-100	-100	0	216			boissons sucrées <b>0</b>	boissons sucrées <b>46</b>	boissons sucrées <b>47</b>
Jus de fruits	0	46	47	61	-100	-25	-23	0						
Sel	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	1,1			Sel <b>0</b>	Sel <b>0</b>	Sel <b>0</b>

Les cases jaunes représentent les limites de consommation issues des données de consommation INCA2 (P5 pour la limite inférieure et P95 pour la limite supérieure). Les cases rouges représentent les limites de consommation introduites suivant des justifications épidémiologiques. Les sous-groupes d'aliments verts sont des sous-groupes couplés, c'est-à-dire des sous-groupes pour lesquels la limite porte sur la consommation de la somme des deux sous-groupes. Les cases orangées représentent les limites de consommation pour lesquelles des relâchements ciblés ont été appliqués.

- Apports nutritionnels

Les apports nutritionnels sont présentés en **Annexe 20**. Pour les scénarios B4 et B5, toutes les contraintes nutritionnelles inférieures et supérieures sont respectées à l'exception des contraintes nutritionnelles inférieures pour la vitamine D dont l'apport atteint 5,7 et 5,2 µg/j respectivement, le fer (15 au lieu de 16 mg/j) et pour les fibres dont l'apport atteint 26 g/j dans les deux scénarios. Le scénario B3 autorisait une tolérance de 5 % pour l'ensemble des références nutritionnelles. La tolérance s'est appliquée pour la vitamine C, le fer, l'EPA + DHA et la vitamine B3 dont les apports sont 10 % inférieurs à la contrainte nutritionnelle inférieure.

- Exposition aux contaminants et aux additifs alimentaires étudiés

**Concernant les additifs**, les niveaux d'exposition sont inférieurs à la VTR pour les 4 additifs et dans les 3 scénarios (les expositions représentent de 0,3 à 9 % des VTR selon les cas) (**Annexe 21**). Pour les nitrites et les sulfites, ils sont inférieurs ou proches de l'exposition de l'EAT2, respectivement, dans les 3 scénarios. En ce qui concerne l'acide tartrique et le rocou, les niveaux d'exposition sont supérieurs à ceux de l'EAT2, sauf dans le cas du scénario B3 pour le rocou.

**Concernant les substances hors pesticides**, pour la majorité d'entre elles (53 à 56 sur 93, selon le scénario), l'exposition est supérieure à l'exposition moyenne estimée dans l'EAT2 (**Annexe 22**). Les différences les plus importantes sont notées pour l'hexabromocyclododécane (HBCDD, 8,5 fois environ) et le méthylmercure (entre 2,5 et 3,5 fois), probablement liées à une consommation élevée de poissons dans ce scénario par rapport à l'EAT2. Par ailleurs pour certaines substances pour lesquelles le risque ne pouvait être exclu au regard des résultats de l'EAT2, les expositions sont plus faibles. C'est le cas notamment de l'acrylamide et du déoxynivalénol (DON).

Pour certaines substances, les expositions restent inférieures aux valeurs critiques retenues (valeurs toxicologiques de référence ou en l'absence les valeurs médianes d'exposition de l'EAT2). C'est notamment le cas du méthylmercure (l'exposition représente jusque 38 % de la dose hebdomadaire tolérable), ou encore des dioxines, furanes et PCB-DL (l'exposition atteint 90 % de la valeur toxicologique de référence). Enfin, pour d'autres substances ou familles de substance, l'exposition est supérieure à celle calculée dans l'EAT2. Lorsqu'aucun repère toxicologique n'est disponible pour ces substances, l'interprétation en termes de risques n'est pas possible. C'est le cas des phyto-œstrogènes, dont l'exposition est très élevée, notamment en lien avec une consommation élevée de légumes, de légumineuses, et de lait.

Selon le scénario considéré, sept ou huit substances présentent une exposition supérieure aux valeurs maximales retenues. Il s'agit de l'HBCDD (+1000 %), de l'arsenic inorganique (+130 à 180 %), du plomb (+20 %), de la somme HAP4 (+20 % dans un seul scénario), du nickel (116 % de la VTR), du BDE-209 (+11 à 18 %), du chrome (VI) (+10 %), et du BPA (101 à 103 % du repère toxicologique).

- HBCDD : l'exposition est supérieure à celle de l'EAT2, néanmoins la marge de sécurité s'élève à 1900, sachant que la marge critique retenue par l'EFSA est de 8 et celle retenue par le CES ERCA est de 25 (dans le cadre de l'EAT infantile). Au regard de ces marges critiques, cette exposition ne semble pas être de nature à entraîner un risque sanitaire.
- arsenic inorganique : l'exposition atteint jusqu'à 180 % de l'exposition médiane et 136 % de l'exposition moyenne estimées dans l'EAT2, qui étaient déjà jugées préoccupantes.
- plomb : l'exposition atteint 120 % de l'exposition médiane et 111 % de l'exposition moyenne estimées dans l'EAT2, qui étaient déjà jugées préoccupantes.
- Somme des 4 HAP réglementés : l'exposition est proche de l'exposition dans l'EAT2 (entre 87 et 105 % de l'exposition moyenne), néanmoins la marge d'exposition reste très



supérieure à la marge d'exposition critique de 10 000 définie par l'EFSA pour les composés génotoxiques.

- nickel : l'exposition dépasse la VTR établie par l'EFSA en 2015. Un risque sanitaire ne peut donc être exclu.
- BDE-209 : l'exposition est proche de l'exposition estimée dans l'EAT2 (entre 76 et 105 % de l'exposition moyenne), néanmoins la marge d'exposition reste très supérieure à la marge d'exposition critique de 2,5 définie par l'EFSA.
- chrome (VI) : l'exposition est proche de celle de l'EAT2 (110 % de l'exposition médiane et 100 % de l'exposition moyenne), mais néanmoins subsiste une forte incertitude sur la part relative du Cr(III) par rapport au Cr(VI) (pour rappel il a été utilisé ici des hypothèses conservatrices de l'EFSA, voir partie 5.5.3).
- BPA : l'exposition dépasse le repère toxicologique établi par l'Anses en 2013. Un risque sanitaire ne peut donc être exclu.

**En ce qui concerne les résidus de pesticides**, parmi les 232 pesticides analysés dans l'EAT2, 84 % à 85 % présentent une exposition supérieure à celle de l'EAT2. Cette différence peut s'expliquer pour la majorité des pesticides notamment par des niveaux de consommation de fruits et légumes plus élevés, et pour un nombre plus restreint de substances par des niveaux de consommation de céréales plus élevés à l'issue de l'optimisation selon ces scénarios B.

De la même façon que pour les hommes et les femmes de besoin en fer bas, seul le lindane (HCH-gamma) présente des dépassements de la VTR. Ce dépassement, d'environ 150 % de la VTR dans les trois scénarios, devrait être relativisé au regard de plusieurs éléments :

- l'exposition alimentaire estimée sous ce scénario pour le lindane est inférieure à l'exposition actuelle : elle représente environ 17 % de l'exposition estimée dans l'EAT2 ;
- dans l'EAT2, le lindane n'a été détecté que dans 3 échantillons malgré un bon niveau de couverture de l'alimentation, contrairement à d'autres substances plus fréquemment détectées ;
- un dépassement de VTR est observé lorsqu'on considère la VTR de  $0,01 \mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{j}^{-1}$  utilisée dans les expertises récentes (Anses, 2014). Cependant, en considérant la DJA de  $5 \mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{j}^{-1}$  du JMPR (FAO/WHO, 2003) utilisée dans le cadre des évaluations annuelles européennes a posteriori (EFSA, 2015), l'exposition au lindane dans ce scénario B reste inférieure à la VTR.

Une faible proportion de substances (8 %,  $n = 18$ ) présente des niveaux d'exposition compris entre 10 % et 100 % de la DJA (**Annexe 23**). Ces substances sont identiques à celles mentionnées au chapitre 5.7.1 (scénarios hommes B1 et C2). Il s'agit notamment des insecticides organophosphorés (chlorpyrifos-éthyl et diméthoate) détectés dans les fruits et légumes, et des fongicides dithiocarbamates détectés dans les légumes-feuilles.

Ainsi, les niveaux d'exposition aux pesticides des femmes dont le besoin en fer est élevé sont globalement similaires à ceux des femmes dont le besoin en fer est bas. Plus précisément, les valeurs d'exposition sont très légèrement supérieures selon les scénarios « fer bas » pour 76 % des pesticides évalués. A l'inverse, pour les POP et autres substances lipophiles plutôt détectés dans les denrées animales (viandes, poissons et œufs notamment), l'exposition est supérieure selon les scénarios « fer haut ». Par exemple pour le lindane, l'exposition est proche de 150 % de la DJA selon les scénarios « fer haut » contre 105 % selon les scénarios « fer bas ».



### Scénario C : prise en compte des contraintes nutritionnelles, épidémiologiques, des habitudes de consommation et des contraintes liées aux contaminants

L'intégration l'outil d'optimisation des contraintes toxicologiques aux différentes solutions générées précédemment n'a pas donné de solution, et ce malgré l'application d'une flexibilité sur les mêmes substances que pour les hommes (HBCDD, PBB, somme HAP4).

#### 5.7.3 Synthèse des résultats de l'optimisation

Ce travail d'optimisation permettant d'identifier les consommations alimentaires répondant à un ensemble de contraintes met en évidence, en premier lieu, par le scénario A, la compatibilité entre les contraintes relatives aux nutriments (« contraintes nutritionnelles ») et les objectifs et contraintes épidémiologiques relatifs aux familles d'aliments. Les solutions obtenues peuvent être considérées, dans ce travail, comme des consommations « optimisées » pour la santé et la réduction du risque de certaines maladies chroniques. Cependant, le faible nombre de sous-groupes alimentaires représentés (12 sur 32 sous-groupes) et les consommations très éloignées des habitudes alimentaires observées en France (telles que décrites dans l'étude INCA2) ne permettent pas d'envisager une réelle observance par la population de repères de consommations alimentaires qui seraient fondés sur ce type de scénario. La proposition d'un scénario prenant en compte les habitudes alimentaires a été jugée nécessaire pour aboutir à des repères de consommations alimentaires qui puissent être adoptés. Les scénarios de type B montrent qu'il existe des solutions qui respectent la grande majorité des contraintes nutritionnelles et épidémiologiques tout en prenant en compte les habitudes de consommation. Ces solutions se caractérisent notamment par :

- Des consommations de fruits et légumes élevées ; elles se situent au maximum autorisé dans l'outil d'optimisation, soit le 95<sup>ème</sup> centile de consommation de l'étude INCA2.
- Une très forte consommation de produits céréaliers complets aux dépens des produits céréaliers raffinés.
- Une consommation de légumineuses élevée par rapport à la moyenne de consommation INCA2.
- Une consommation de viande hors volaille qu'il est difficile de réduire, en raison des contraintes nutritionnelles à satisfaire, chez les hommes et chez les femmes dont le besoin en fer est élevé, malgré l'objectif épidémiologique de minimisation.
- Une consommation de charcuterie nettement plus faible que la moyenne de consommation INCA2, sauf pour les femmes dont le besoin en fer est élevé pour lesquelles la consommation se situe au maximum autorisé dans l'outil d'optimisation (maximum défini sur la base des études épidémiologiques).
- Une consommation de poisson gras élevée par rapport à la moyenne de consommation INCA2, se rapprochant du 95<sup>ème</sup> centile de consommation.
- Une consommation de lait se situant presque systématiquement au maximum autorisé dans l'outil d'optimisation, soit le 95<sup>ème</sup> centile de consommation de l'étude INCA2. Une consommation des autres produits laitiers proche de la moyenne de consommation INCA2.
- Parmi les matières grasses ajoutées, les huiles riches en ALA sont largement privilégiées.
- Une consommation de produits sucrés ou sucrés et gras proche de la moyenne de consommation INCA2.
- Une consommation de boissons sucrées faible par rapport à la moyenne de consommation INCA2, notamment expliquée par une absence de consommation de boissons de type soda.

Ces scénarios de type B ne permettent toutefois pas d'atteindre la RNP en vitamine D pour les hommes et les femmes, ni, dans une moindre mesure, l'AS en fibres pour les femmes. Les apports en ces nutriments dans les solutions proposées sont cependant supérieurs aux apports moyens rapportés dans l'étude INCA2.

Pour les femmes dont les pertes menstruelles sont élevées s'ajoute l'impossibilité d'atteindre la RNP en fer : les scénarios testés ne permettent pas d'apporter plus de 15 mg/j (au lieu des 16 mg/j de la RNP). Cependant, étant donné que l'adaptation physiologique qui augmente l'absorption du fer lorsque les réserves sont faibles n'est pas prise en compte pour l'établissement du besoin, le besoin des femmes dont les pertes sont élevées est vraisemblablement plus faible qu'estimé (voir partie 0). Cette vraisemblable surestimation du besoin, combinée à la difficulté à identifier les femmes ayant des besoins élevés, conduisent à retenir pour l'ensemble des femmes les conclusions formulées pour celles dont les pertes en fer sont faibles. En ce qui concerne les femmes susceptibles d'avoir un besoin en fer élevé (en particulier les femmes dont les pertes menstruelles sont élevées), une surveillance du statut martial est préconisée.

Les scénarios de type B se caractérisent également par un apport protéique élevé ; proche de ou égal à la limite supérieure de l'Intervalle de Référence (20 % de l'AET) pour les hommes et pour les femmes dont le besoin en fer est élevé et dans une moindre mesure pour les femmes dont le besoin en fer est bas.

Pour les scénarios de type B, l'analyse *a posteriori* des niveaux d'exposition en contaminants et additifs identifie quelques substances pour lesquelles un risque sanitaire ne peut pas être exclu :

- L'arsenic inorganique, pour lequel l'exposition est proche (pour l'homme) voire dépasse (pour la femme) l'exposition estimée dans l'EAT2, qui était déjà jugée préoccupante ;
- Le plomb, pour lequel l'exposition chez les femmes est légèrement supérieure à celle estimée dans l'EAT2 ; la situation n'est donc pas améliorée par rapport aux résultats de l'EAT2 dans laquelle la possibilité d'un risque liée à l'exposition au plomb ne pouvait être exclue ;
- Le BPA, pour lequel l'exposition chez les femmes dont le besoin en fer est élevé atteint le repère toxicologique de l'Anses dans 2 scénarios sur 3. Cependant ces scénarios ne sont pas amenés à être pris en considération dans l'élaboration des repères de consommations alimentaires, pour les raisons évoquées dans le paragraphe précédent. Au-delà, les valeurs d'exposition utilisées pour le BPA résultent des données produites dans le cadre de l'EAT2 (2007-2009) et donc antérieures aux mesures de gestion imposées en matière de concentration de BPA dans les contenants alimentaires (2013) ;
- Le nickel pour lequel l'exposition chez les femmes est légèrement supérieure à la VTR récemment réactualisée de l'EFSA ; la situation est donc jugée préoccupante.

Concernant le chrome (VI), l'exposition pour les hommes comme les femmes est proche voire supérieure à celle estimée dans l'EAT2, néanmoins il subsiste une forte incertitude sur la part relative du Cr(III) par rapport au Cr(VI) et les hypothèses très conservatrices de l'EFSA (voir partie 5.5.3) ont été suivies. Aussi, il est impossible de conclure quant au risque lié à l'exposition.

En ce qui concerne les quatre additifs alimentaires considérés dans la présente étude, quels que soit la population ou le scénario considérés, les expositions sont du même ordre de grandeur que celles calculées dans le cadre de l'EAT2, et sont dans tous les cas inférieures aux VTR correspondantes. Par conséquent, les expositions à ces quatre additifs alimentaires déterminées par l'outil d'optimisation ne sont pas jugées préoccupantes.

Concernant les 232 résidus de pesticides analysés dans l'EAT2, les expositions estimées selon les scénarios de type B sont inférieures à la VTR, à l'exception du lindane (HCH-gamma), ancien pesticide interdit dans le cadre de la convention internationale de Stockholm. Contaminant de l'environnement, ce POP peut de retrouver dans la chaîne alimentaire et en particulier dans certaines denrées d'origine animale. Ce dépassement de VTR pour le lindane selon les scénarios de type B doit être relativisé au regard de plusieurs éléments :

- l'exposition alimentaire estimée pour le lindane est comprise entre 12 % et 18 % de l'exposition estimée dans l'EAT2, elle est donc inférieure à l'exposition de l'EAT2 ;
- dans l'EAT2, le lindane n'a été détecté que dans 3 échantillons de denrées animales, contrairement à d'autres substances beaucoup plus fréquemment détectées ;
- un dépassement de VTR est observé lorsqu'on considère la VTR de  $0,01 \mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{j}^{-1}$  utilisée dans les expertises récentes (Anses, 2014). Cependant, en considérant la VTR de  $5 \mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{j}^{-1}$  du Joint FAO/WHO Meetings on Pesticide Residues (JMPR) (FAO/WHO 2002) utilisée dans le cadre des évaluations annuelles européennes *a posteriori* (EFSA 2015a), l'exposition au lindane reste inférieure à la VTR.

La grande majorité (plus de 75 %) des pesticides présente une exposition supérieure à celle de l'EAT2. Cette augmentation des niveaux d'exposition est due pour la majorité des substances à l'augmentation de la consommation proposée de fruits et légumes et, pour un nombre plus restreint de substances, à celle de céréales.

Les niveaux d'exposition aux pesticides des femmes dont le besoin en fer est élevé sont globalement similaires à ceux des femmes dont le besoin en fer est bas. Plus précisément, les valeurs d'exposition sont très légèrement supérieures selon les scénarios « fer bas » pour 76 % des pesticides évalués. A l'inverse, pour les POP et autres substances lipophiles plutôt détectés dans les denrées animales (viandes, poissons et œufs notamment), l'exposition est supérieure selon les scénarios « fer haut ». Par exemple pour le lindane, l'exposition est proche de 150 % de la VTR selon les scénarios « fer haut » contre 105 % selon les scénarios « fer bas ».

En ce qui concerne le scénario de type C, qui intègre les contraintes liées aux contaminants hors additifs et pesticides (mais intégrant les POP), aucune solution n'a été identifiée selon les paramétrages initiaux, pour les hommes comme pour les femmes. Pour les hommes, en introduisant une flexibilité (renvoi méthode) sur les contraintes liées aux contaminants (HBCDD, PBB et HAP4), une solution a pu être identifiée. En revanche pour les femmes, un examen exploratoire a été conduit et n'a pas permis de mener à une solution optimisée. Il a été choisi de ne pas prolonger cet examen au moment où il aurait conduit à un trop grand nombre de relâchements des contraintes, eu égard aux exigences initiales : couvrir les besoins nutritionnels de la quasi-totalité de la population sans accroître le risque lié à l'exposition aux contaminants tout en restant dans une gamme d'apports alimentaires observés.

L'absence de scénario de type C pour les femmes n'est pas surprenante au regard de l'analyse *a posteriori* des niveaux d'exposition dans les scénarios de type B pour les femmes. En effet, dans ces scénarios, l'exposition à plusieurs contaminants (nickel, plomb, arsenic inorganique) dépassait la VTR ou la médiane EAT2 chez les femmes uniquement. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette situation. En premier lieu, certaines références nutritionnelles sont identiques pour les hommes et les femmes, alors que le besoin énergétique est plus faible pour les femmes, ce qui conduit l'outil d'optimisation à rechercher des aliments encore plus denses du point de vue nutritionnel que pour les hommes limitant ainsi les solutions possibles. Par ailleurs, le poids corporel des femmes étant plus faible que celui des hommes, à apport en aliments contaminés équivalent, le niveau d'exposition sera en conséquence augmenté chez les femmes, dans la mesure où il est rapporté au kg de poids corporel.

La solution du scénario C pour l'homme se distingue de celles des scénarios de type B notamment par :

- une consommation de légumineuses supérieure ;
- une consommation de charcuterie nulle et une consommation d'œuf supérieure et située au maximum autorisé dans l'outil d'optimisation ;

- une consommation de lait nulle et une consommation de fromages et de produits laitiers supérieure et proche du maximum autorisé dans l'outil d'optimisation ;
- une consommation de jus de fruits supérieure et située au maximum autorisé dans l'outil d'optimisation (défini par la contrainte épidémiologique).

De nombreux paramètres influencent les résultats d'optimisation et il est difficile de proposer des hypothèses simples, impliquant peu de paramètres, pour expliquer les conséquences de la prise en compte des contaminants sur les modifications majeures relevées ici et qui concernent les produits laitiers et les jus de fruits. Cependant, quelques hypothèses peuvent être avancées :

En ce qui concerne les contaminants pour lesquels l'exposition dans le scénario B chez l'homme, est supérieure à la limite maximale fixée dans l'outil, le lait est un contributeur majeur à l'exposition à l'arsenic inorganique et au chrome VI (à hauteur de 8 et 13 %, respectivement). Le lait est le 2<sup>ème</sup> contributeur à l'exposition à l'arsenic inorganique, après les poissons dont la quantité proposée par l'outil est vraisemblablement principalement gouvernée par la contrainte nutritionnelle relative à l'EPA et au DHA (puisque'ils en sont presque l'unique source). De même, le lait est le 2<sup>ème</sup> contributeur à l'exposition au chrome VI, après l'eau dont la quantité proposée par l'outil est gouvernée par la contrainte sur les apports hydriques. Ainsi, la diminution des quantités de lait proposées paraît être un levier efficace mathématiquement pour diminuer l'exposition à ces deux contaminants en-dessous de la limite maximale fixée dans l'outil.

L'apport hydrique associé au lait dans le scénario B est compensé dans le scénario C par un apport élevé de jus de fruit. En ce qui concerne l'apport calcique, il est pratiquement entièrement compensé par des apports plus élevés d'autres produits laitiers, notamment du fromage. Ainsi le groupe « produits laitiers » contribue à hauteur de 55 % (646 mg) des apports calciques dans le scénario C contre 60 % (727 mg) dans le scénario B1.

Il est important de souligner que les concentrations de 211 contaminants sont disponibles pour le lait, et seulement une centaine pour les autres produits laitiers, ce qui peut expliquer en partie, dans l'objectif de minimiser la somme des expositions aux contaminants, la diminution drastique des quantités de lait proposées. Cependant, la différence de niveaux de contamination de ces deux types de produits peut ne pas refléter la réalité, en raison de disparités quant à la qualité des données disponibles sur les contaminants pour les produits laitiers et pour le lait.

En ce qui concerne les contaminants hors additifs et pesticides mais intégrant les POP, l'ensemble des contraintes toxicologiques est respecté, excepté pour l'HBCDD pour lequel l'exposition est supérieure à celle estimée dans l'EAT2. Néanmoins, la marge de sécurité est très supérieure à la marge de sécurité critique retenue. L'exposition ne semble donc pas de nature à entraîner un risque sanitaire.

Dans ce scénario, aucun pesticide ne présente une exposition supérieure à la DJA.

## 6 Périmètre du travail et incertitudes

Afin de pouvoir apprécier les conclusions de ce travail, il est indispensable d'analyser les incertitudes et les limites associées à la démarche mise en œuvre. D'une manière générale, il est maintenant reconnu que l'examen des sources et des types d'incertitudes doit être effectué lors des évaluations de risque sanitaire (EFSA 2009, WHO/ICPS 2008). L'analyse des forces et des faiblesses de ce travail est d'autant plus importante que les repères de consommations alimentaires du PNNS vont en découler.

On distinguera les limites, liées au périmètre du travail, des incertitudes, liées au manque de données. Concernant les limites liées au périmètre, il convient de souligner que ce travail vise à déterminer des niveaux de consommation optimaux pour la population adulte (hommes de 18 à 64 ans et femmes de 18 à 54 ans) en bonne santé, et non allergique. Seule l'alimentation courante a été considérée, hors boissons alcoolisées. En effet, la définition de repères de consommation relatifs aux boissons alcoolisées, nécessiterait de mener une évaluation bénéfique/risque approfondie de l'ensemble de leurs effets. Ainsi, dans ce rapport l'AET correspond à l'apport énergétique sans alcool.

Par ailleurs, ce travail n'intègre pas de considérations économiques, ni environnementales (impact écologique tel que le bilan carbone), mais uniquement des considérations liées aux risques nutritionnel et toxicologique. Il ne prend pas non plus en compte la variabilité des compositions nutritionnelles et des teneurs en contaminants selon les variétés culturales, les systèmes de production (par exemple pratiques conventionnelles ou alternatives), les conditions de stockage et de transformation, l'origine géographique, les modes de préparation (par exemple type de cuisson), etc.

Il convient également de souligner une limite de l'outil d'optimisation utilisé. La fonction « objectif » de l'outil d'optimisation, qui se compose d'une somme de termes à minimiser, a été décrite précédemment. Il faut donc souligner que c'est la somme totale qui est minimisée, et non pas chaque terme de façon indépendante. Une normalisation des données a été faite (voir chapitre 5.3.2) afin de s'affranchir des différences d'échelle entre les différents jeux de données d'entrée. Cependant, il est possible qu'il soit mathématiquement plus intéressant de faire porter l'effort de minimisation sur un ou quelques termes de la somme, mais pas sur l'intégralité des termes de la fonction. Cela signifie que la solution résultant de l'optimisation sera globalement la plus intéressante (c'est-à-dire répondant au mieux aux demandes matérialisées par le paramétrage de l'outil), mais que certains termes n'auront peut-être pas été minimisés. En effet, le « coût » (ou la « perte ») lié à la non minimisation de ces termes permet un « gain » significatif sur d'autres critères, donc d'autres attentes paramétrées dans l'outil d'optimisation.

L'incertitude quant à elle peut être présente aux différentes étapes de la démarche de construction des repères de consommations alimentaires (**Tableau 37**). Les sources d'incertitude peuvent être classées en 2 catégories :

- les incertitudes liées aux données issues de la littérature. Elles peuvent porter sur les valeurs de références toxicologiques pour lesquelles notamment les effets de mélange n'ont pas été pris en compte, sur les références nutritionnelles, sur la biodisponibilité des nutriments selon la matrice alimentaire, qui n'a pas été prise en compte, et sur les relations entre groupe d'aliments et maladies ;
- les incertitudes liées aux données d'entrée dans l'outil d'optimisation, à savoir les données de composition nutritionnelle et de contamination des aliments, et les données de consommation actuelles (INCA2) et d'exposition (EAT2).



**Tableau 37. Sources d'incertitude relevées dans le travail de détermination des consommations optimales**

Sources de l'incertitude	
Valeurs de référence entrées dans l'outil d'optimisation	
	Validité des références nutritionnelles (à atteindre ou à ne pas dépasser)
	Validité des valeurs de référence toxicologiques
	Validité des relations entre groupes d'aliments et pathologies, et détermination des seuils de consommation correspondants
Données entrées dans l'outil d'optimisation	
	Représentativité des données de consommation et d'exposition, de composition nutritionnelle et de contamination
	Non prise en compte des aliments enrichis disponibles sur le marché depuis l'étude de consommation (2006-07) et depuis la collecte des données de composition nutritionnelle et de contamination
	Non prise en compte des aliments nouvellement disponibles sur le marché, depuis l'étude de consommation (2006-07)
	Catégorisation des aliments reposant sur des choix méthodologiques

Au-delà de ces incertitudes, il convient de souligner que les résultats d'optimisation obtenus sont également dépendants des paramétrages utilisés et repose donc sur des choix et compromis, tels que le choix des bornes de consommation des groupes d'aliments aux 5<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> centiles, le choix des contraintes rendues flexibles et choix des niveaux de tolérance, le choix des poids attribués à chaque critère de la fonction 'objectif' (équipondérés) ou le choix de pondérer la composition nutritionnelle et la contamination de chaque sous-groupe d'aliments par les niveaux de consommation.



## 7 Discussion et conclusion

Le programme national nutrition santé (PNNS) 2011-2015 prévoit l'actualisation des repères de consommations alimentaires. Dans ce cadre, la DGS a saisi l'Anses afin d'élaborer le fonds scientifique à l'appui de ces repères. Elle a également demandé de clarifier la position de certains aliments au sein des catégories actuellement utilisées dans les repères et de quantifier la notion de portion.

Dans ce contexte, ce travail d'expertise vise à fournir le socle scientifique pour l'établissement des repères de consommations alimentaires. Cette démarche procède en traduisant les références nutritionnelles par des combinaisons d'aliments, tout en intégrant les relations entre la consommation de familles d'aliments et le risque de maladies chroniques non transmissibles, les habitudes alimentaires, ainsi que le risque lié à l'exposition aux contaminants.

Pour ce faire, les travaux relevant du champ de la nutrition ont été menés selon 5 axes :

- l'actualisation des références nutritionnelles ;
- une revue des données de biodisponibilité des vitamines et minéraux selon les matrices alimentaires, leur forme chimique et le régime alimentaire global des individus, pour, le cas échéant, pondérer les teneurs des aliments en nutriments en cas de biodisponibilité accrue ou limitée ;
- l'identification des nutriments d'intérêt au regard du statut nutritionnel des différents groupes de la population (à partir d'estimation des inadéquations d'apports et de mesures de biomarqueurs) ;
- l'analyse des relations entre les groupes alimentaires et le risque de maladies chroniques non transmissibles ;
- la définition d'une catégorisation des aliments ainsi que l'identification des tailles de portions les plus couramment utilisées.

En ce qui concerne les contaminants, le travail a consisté en l'identification des substances à prendre en compte et des valeurs toxicologiques de référence à considérer.

Enfin, un travail a été mené sur la manière d'intégrer l'ensemble de ces éléments pour obtenir des apports quantifiés de sous-groupes d'aliments, qui tiennent compte de ces objectifs et contraintes nutritionnelles. Le groupe de travail a ainsi opté pour une méthode utilisant un outil mathématique d'optimisation, fondé sur l'utilisation de l'algorithme du simplexe. L'outil intègre les paramètres relatifs :

- aux apports nutritionnels : avec l'objectif d'atteindre la référence nutritionnelle populationnelle, sans dépassement de la limite supérieure de sécurité ;
- aux relations épidémiologiques entre les groupes d'aliments et la prévention des maladies chroniques non transmissibles : avec l'objectif de maximiser ou de minimiser la consommation de certains groupes d'aliments ;
- aux expositions aux contaminants : avec l'objectif de minimiser les expositions et sans dépasser les valeurs toxicologiques de référence (VTR) ou, à défaut de VTR, la médiane d'exposition dans l'EAT2 ;
- tout en restant dans des apports se situant dans la gamme des apports observés dans l'ensemble de la population.

L'analyse des données de biodisponibilité en vitamines et minéraux a montré que les données étaient insuffisantes pour introduire dans l'analyse des coefficients de biodisponibilité des nutriments en fonction de leur forme chimique ou de la matrice qui les contient ou encore du régime alimentaire.

Il a été choisi de considérer dans l'outil d'optimisation l'ensemble des nutriments pour lesquels des références sont définies et des données de composition disponibles. Le groupe de travail a considéré que la démarche d'optimisation alimentaire devait permettre de couvrir les besoins pour chaque nutriment, quel que soit le statut nutritionnel actuel de la population.

L'outil d'optimisation ne prend pas en compte les données relatives aux rythmes alimentaires et aux contextes de consommation, qui pourraient néanmoins être utiles au gestionnaire lors de la communication autour des repères de consommations alimentaires. Ces données seront disponibles ultérieurement.

#### *Justification des choix méthodologiques*

En 2001, les précédents repères de consommation ont été fondés sur l'analyse des typologies alimentaires existantes dans la population française. Les apports nutritionnels ont été estimés pour chacune des typologies alimentaires observées et mis au regard des références nutritionnelles, ce qui a permis d'identifier celui permettant la meilleure couverture des besoins en nutriments ainsi que les nutriments limitants dans chacune des typologies alimentaires. Avec cette méthode, l'adéquation des apports nutritionnels est estimée *a posteriori* pour un nombre restreint de typologies alimentaires observées dans la population. Si la préexistence de la typologie retenue peut être considérée comme un avantage pour sa généralisation à l'ensemble de la population, cette approche ne permet pas de garantir l'adéquation des apports vis-à-vis de l'ensemble des repères.

Aussi, le groupe de travail s'est orienté vers une méthode considérant les besoins nutritionnels *a priori* pour la population française, cherchant ainsi à identifier une typologie de consommation possiblement différente des typologies observées, même si la consommation de chaque sous-groupe alimentaire reste dans la gamme de ce qui est observé. L'outil d'optimisation a été développé de façon à ce que les apports en nutriments soient supérieurs ou au moins égaux à la RNP ou, à défaut, à l'AS. Il s'agit d'une approche protectrice dans la mesure où ces apports permettent de couvrir le besoin nutritionnel de la quasi-totalité de la population.

Par ailleurs, compte tenu de la finalité de la démarche, c'est-à-dire l'élaboration de repères de consommations facilement communicables et donc synthétiques, il apparaît indispensable de raisonner sur un nombre restreint de sous-groupes d'aliments. En prenant en compte à la fois les usages de consommation et la composition nutritionnelle, le groupe de travail a créé de nouveaux groupes d'aliments ou a déplacé certains aliments ou sous-groupes par rapport à la catégorisation utilisée pour le PNNS précédent :

- création du groupe « légumineuses » qui était auparavant un sous-groupe intégré au groupe « féculents » ;
- création du groupe « eau de boisson » qui était auparavant un sous-groupe intégré au groupe « boissons » ;
- déplacement du sous-groupe « jus de fruits », qui était auparavant un sous-groupe intégré au groupe « fruits et légumes », vers le groupe « boissons-sucrées ».

Dans cette approche, les plats composés, tels que les plats cuisinés (paëlla, lasagne, tartes salées, etc.), les sandwiches (sandwich baguette, hamburgers, etc.) ou certains desserts (riz au lait, etc.) n'ont pas été regroupés. En effet, ils se caractérisent par une très grande hétérogénéité de composition nutritionnelle. Ainsi, les ingrédients constitutifs de ces produits ont été considérés séparément, c'est-à-dire au sein de leurs sous-groupes d'appartenance.

Pour chaque sous-groupe d'aliments, la composition en nutriments (données issues du CIQUAL) et en contaminants (données issues de l'EAT2) a été pondérée par les niveaux de consommation des aliments dans l'étude INCA2, afin de tenir compte des habitudes alimentaires des consommateurs. Ainsi, un aliment effectivement plus consommé au sein d'un sous-groupe aura un poids plus important dans la composition moyenne du sous-groupe qu'un aliment très peu consommé. Si ces données de composition et de consommation sont relativement anciennes, elles restent représentatives des données actuelles dans la mesure où les compositions des sous-

groupes sont majoritairement portées par la composition des aliments les plus consommés pour lesquels les données sont les plus fiables. Ainsi, il n'est pas attendu que la mise à jour ultérieure des données de composition et de consommation (issues de l'enquête INCA3) modifie de manière considérable les résultats.

Lors de l'élaboration de cet outil, de nombreux choix de paramétrages ont été réalisés. Par exemple, la prise en compte des habitudes alimentaires repose notamment sur la définition d'une gamme d'apports réalistes dans laquelle se situent les solutions d'optimisation identifiées. Le groupe de travail a choisi comme limite minimale de consommation le niveau d'apport du sous-groupe d'aliment au 5<sup>ème</sup> centile dans l'étude INCA2 et comme limite maximale, le niveau d'apport du sous-groupe d'aliment au 95<sup>ème</sup> centile. Au-delà de garantir la faisabilité des solutions issues de l'optimisation et donc de favoriser leur acceptabilité, cette démarche permet d'éviter de proposer des consommations élevées de sous-groupes d'aliments contenant d'autres composés alimentaires (c.-à-d. substances alimentaires autres que des nutriments) pour lesquels on ne dispose à l'inverse d'aucun historique de consommation à ces niveaux.

Néanmoins, dans les travaux préliminaires, la borne supérieure de consommation en certains sous-groupes d'aliments ne permettait pas la couverture des besoins en acide alpha-linolénique et en fibres. Afin de surmonter cette difficulté, tout en gardant une proximité avec les usages de consommation, le groupe de travail a choisi de permettre une substitution des apports entre certains sous-groupes d'aliments d'usage similaire, par exemple, entre les pains complets et les pains raffinés.

En outre, les solutions proposées par l'outil d'optimisation dépendent de la contrainte fixée sur l'apport énergétique. Dans ce contexte, le groupe de travail s'est attaché à limiter dans toute la mesure du possible les apports énergétiques excessifs au regard de la prévention du risque de surpoids et d'obésité. Il a été choisi d'optimiser les apports alimentaires pour un individu dont la taille correspond à la médiane de la population INCA2, ayant un indice de masse corporel idéal de 22 kg/m<sup>2</sup> et à un niveau d'activité physique faible<sup>32</sup>. Etant donné que les solutions d'optimisation alimentaire identifiées doivent permettre de couvrir les besoins nutritionnels de la quasi-totalité de la population, la méthode tend à favoriser la consommation des aliments nutritionnellement denses au regard de l'enveloppe énergétique allouée. Ceci est encore plus vrai pour les femmes. En effet, pour certains nutriments, les références nutritionnelles sont identiques chez les hommes et les femmes alors que l'enveloppe énergétique allouée est plus faible chez ces dernières.

### *Démarche d'optimisation par étapes*

Afin d'évaluer l'impact de chacune des contraintes (nutritionnelles et épidémiologiques, liées aux habitudes de consommation, et liées aux niveaux de contamination des aliments) et de tester leur compatibilité entre elles, le groupe de travail a adopté une méthode par étapes. Dans un premier temps, la compatibilité conjointe des seules contraintes nutritionnelles et contraintes épidémiologiques a été testée (scénario A). Dans un deuxième temps, les habitudes de consommation ont également été prises en compte en ajoutant les bornes de consommation comme contraintes ainsi que le critère de minimisation des écarts à la consommation moyenne comme objectif (scénario B). Enfin, les contraintes relatives aux contaminants ainsi que l'objectif de minimisation de l'exposition ont été ajoutés afin de tester la compatibilité de l'ensemble des contraintes et d'estimer l'impact de la prise en compte des contaminants sur la solution proposée (scénario C).

Le scénario A vise ainsi à démontrer la possibilité d'atteindre les objectifs nutritionnels (y compris épidémiologiques) et énergétiques indépendamment des pratiques alimentaires couramment observées.

---

<sup>32</sup> correspondant au niveau médian observé dans la population anglaise

Le scénario B s'attache dans toute la mesure du possible à atteindre les objectifs nutritionnels en s'ajustant au mieux aux habitudes de consommation couramment observées en rendant potentiellement plus aisée la mise en œuvre des repères produits sur la base de ce scénario.

La prise en compte des contaminants (hors additifs et pesticides mais incluant les POP) dans l'outil d'optimisation (scénario C) permet de proposer une solution qui tienne compte de la réalité des niveaux de contamination actuels. Cette démarche doit *in fine* guider le décideur dans la mise en œuvre des mesures de maîtrise des contaminations observées dans les aliments concernés. Elle permettra le cas échéant d'infléchir les repères de consommations alimentaires au regard des enjeux de contamination. Ceci n'est pas contradictoire avec la mise en place de mesure de gestion visant à réduire à plus long terme les niveaux de contamination.

Le groupe a préféré une approche rationnelle et cadrée *a priori* plutôt qu'une démarche foisonnante, qui l'obligerait à se prononcer *a posteriori* sur l'intérêt des solutions trouvées. En conséquence, un nombre limité de scénario a été exploré et donc un nombre limité de solutions a pu être établi.

La méthode par étapes qui a été suivie montre qu'il est nécessaire de transiger sur certaines contraintes afin de trouver une combinaison d'aliments qui permette tout à la fois de satisfaire les contraintes au niveau des nutriments, de tenir compte des relations épidémiologiques et des habitudes de consommation de la population (scénario B). Ainsi, en premier lieu, dans le cadre de l'optimisation réalisée chez les hommes, il a été choisi de ne pas imposer l'atteinte de la RNP pour la vitamine D. En effet, cette RNP est extrêmement protectrice pour la population car elle a été construite en considérant une synthèse endogène par l'exposition solaire comme étant nulle. Cette hypothèse extrême a été retenue car on ne peut pas estimer le niveau de synthèse endogène, qui est très variable en fonction des individus, du temps passé à l'extérieur et de la latitude du lieu de vie. Il a été également nécessaire, dans le scénario C, de transiger sur des contraintes relatives aux contaminants. Le groupe de travail a choisi de lever la contrainte supérieure d'exposition (exposition médiane de l'EAT2) pour l'hexabromocyclododécane (HBCDD), les hydrocarbures aromatiques polycycliques réglementés (HAP4) et les polybromobiphényles (PBB). En effet, les marges d'exposition ou de sécurité estimées dans l'EAT2 pour ces contaminants sont supérieures aux marges critiques respectives, si bien qu'on considère qu'une exposition légèrement supérieure au niveau de l'EAT2 n'est pas de nature à entraîner un risque sanitaire. Si lever ces contraintes a permis d'identifier une solution chez les hommes, cela n'a pas été le cas chez les femmes. Il a été choisi de ne pas prolonger la recherche de solutions pour ces dernières : en effet cela aurait conduit à un trop grand nombre de relâchements des contraintes, eu égard aux exigences initiales : couvrir les besoins nutritionnels de la quasi-totalité de la population sans accroître le risque lié à l'exposition aux contaminants tout en restant dans une gamme d'apports alimentaires observés.

Chez les femmes comme chez les hommes, il a été choisi de ne pas imposer l'atteinte de la RNP pour la vitamine D. Il a été de plus nécessaire de dévaluer la RNP pour les fibres de 30 g/j à 25 g/j dès les scénarios de type B. Cette dévaluation a été jugée acceptable au regard des données épidémiologiques, qui montrent un effet bénéfique à partir de 25 g/j de fibres. Par ailleurs, pour la population féminine ayant des besoins en fer élevés (16 mg/j), la RNP en ce nutriment n'est pas atteignable lorsque l'on considère conjointement l'ensemble des contraintes nutritionnelles, épidémiologiques et celles liées aux habitudes de consommation. Une approche exploratoire a montré qu'un apport en fer de 15 mg est atteint par le relâchement de contraintes liées aux habitudes de consommation. Par la suite, un examen exploratoire a été conduit dans le but d'identifier des solutions pour le scénario C en introduisant une flexibilité sur les contraintes définies ci-dessus, et sur celles relatives à l'HBCDD, HAP4 et PBB. Aucune solution n'a été identifiée. Il a été choisi de ne pas prolonger cet examen au moment où il aurait conduit à un trop grand nombre de relâchements des contraintes, eu égard aux exigences initiales : couvrir les

besoins nutritionnels de la quasi-totalité de la population sans accroître le risque lié à l'exposition aux contaminants tout en restant dans une gamme d'apports alimentaires observés.

### *Discussion des résultats d'optimisation*

La traduction directe des résultats quantitatifs issus des scénarios d'optimisation, en portions (sur la base des tailles de portion nouvellement établies) n'a pas été réalisée dans le présent travail.

Les scénarios, même s'ils sont plausibles par construction, ne sont pour autant pas des régimes-types. Il émerge toutefois des grandes tendances, quels que soient les scénarios étudiés, sur les niveaux de consommation de certains groupes.

Par rapport aux moyennes de consommations rapportées par l'étude INCA2, les consommations des groupes ou sous-groupes suivants devraient être augmentées : fruits frais (multipliées par 3), de légumes (multipliées par 2), de légumineuses (multipliées par plus de 2), de poissons gras (multipliées par plus de 4), de produits céréaliers complets (multipliées par plus de 70) et d'huiles végétales riches en acide alpha-linolénique telles que les huiles de colza ou de noix<sup>33</sup> (multipliées par plus de 600).

A l'inverse, les consommations d'autres groupes ou sous-groupes devraient être diminuées. C'est le cas des boissons sucrées de type soda dont la consommation proposée par l'outil d'optimisation est nulle, des féculents raffinés (divisé par 7 à 10) et des charcuteries (avec une consommation presque nulle).

Cette méthode novatrice a conduit à des résultats d'optimisation, globalement en cohérence avec les repères de consommation proposés actuellement à la population, qui avaient été construits de manière plus pragmatique. Quelques différences notables peuvent d'ores et déjà être pointées : c'est le cas des jus de fruits qui ne sont plus intégrés au groupe des fruits et légumes mais au groupe des boissons sucrées, et des légumineuses qui constituent dorénavant un groupe à part entière.

Les solutions proposées par l'outil d'optimisation, permettent de couvrir le besoin nutritionnel de la quasi-totalité de la population, à l'exception de quelques rares nutriments. Ainsi, les situations d'inadéquation d'apports rapportées dans l'avis du 13 mars 2015 (Anses 2015b) peuvent être évitées par des consommations adéquates d'aliments courants, à des niveaux déjà consommés par une partie de la population, sans avoir recours aux compléments alimentaires. C'est notamment le cas du magnésium dont la prévalence d'inadéquation atteint 67 % chez les hommes et 77 % chez les femmes et de la vitamine C dont la prévalence d'inadéquation atteint 53 % chez les hommes et 41 % chez les femmes. Inversement, comme souligné dans l'avis, la couverture du besoin en vitamine D n'est pas atteignable compte tenu de l'offre et des habitudes de consommation observées, ce qui est confirmé par l'absence de solution d'optimisation si on impose l'atteinte de la RNP en vitamine D, telle qu'elle est actuellement définie. Les résultats du consortium européen ODIN dont l'objectif est de proposer des solutions alimentaires pour la couverture optimale du besoin en vitamine D pourront apporter des éléments pour la mise en place de mesures de gestion qui paraissent aujourd'hui nécessaires. En ce qui concerne le fer, les résultats d'optimisation montrent que des solutions satisfaisantes sont obtenues pour 80 % des femmes au moins, alors que ce n'est pas le cas pour les femmes dont le besoin serait plus élevé, mais ce besoin est vraisemblablement surestimé. Cette vraisemblable surestimation du besoin, combinée à la difficulté à identifier les femmes ayant des besoins élevés, conduisent à retenir pour l'ensemble des femmes les conclusions formulées pour celles dont les pertes en fer sont faibles. En ce qui concerne les femmes susceptibles d'avoir un besoin en fer élevé, une surveillance du statut martial est préconisée.

---

<sup>33</sup> à consommer selon les conditions d'usage définies dans l'avis de l'Afssa du 22 juin 2005 relatif à la modification du critère de distinction entre les huiles végétales pour « assaisonnement » et pour « friture et assaisonnement » fondé sur la teneur en acide alpha-linolénique (Afssa 2005).



Dans cette étude, 2 types de valeurs ont été retenues pour les contraintes liées aux expositions aux contaminants. Les valeurs toxicologiques de références ont été retenues lorsqu'elles étaient disponibles (cas notamment des molécules dont les effets sont « à seuil »). Dans le cas contraire (cas, par exemple, des substances dont les effets sont « sans seuil de dose »), les moyennes d'exposition calculées dans l'EAT2 ont été retenues, afin de ne pas dégrader la situation actuelle. Dans ce dernier cas, les valeurs retenues par défaut ne sont pas nécessairement protectrices (cas de l'acrylamide, de l'arsenic, du plomb pour lesquels les situations étaient déjà jugées préoccupantes dans le cadre de l'EAT2).

Les résultats d'optimisation quels qu'ils soient, entraînent, pour certaines substances, des expositions supérieures à celles de l'EAT2, dont il n'est pas possible d'estimer l'impact sanitaire. En l'occurrence, en ce qui concerne l'arsenic inorganique la situation reste préoccupante.

Il convient de souligner que pour certains contaminants, dans l'état actuel des estimations de contamination, bien que les apports alimentaires proposés par l'outil d'optimisation entraînent des expositions inférieures à celles de l'EAT2, la préoccupation sanitaire reste réelle. C'est notamment le cas pour l'acrylamide et le plomb. Il convient donc de poursuivre les efforts afin de diminuer le niveau de contamination des aliments.

Les additifs alimentaires et les pesticides (sauf les polluants organiques persistants ou POP<sup>34</sup>) sont systématiquement évalués avant leur mise sur le marché en Europe. Les autorités fixent les conditions d'usages et les limites maximales de résidus compatibles avec les repères de consommations alimentaires. Pour les pesticides (sauf les POP), la prise en compte *a posteriori* des consommations proposées par l'outil d'optimisation met en évidence une augmentation globale des expositions par rapport à l'EAT2. Celle-ci s'explique notamment par l'augmentation de la consommation de fruits frais, de légumes et de produits céréaliers. Toutefois, il n'est pas observé de dépassement des valeurs toxicologiques de référence correspondantes.

Pour le lindane (qui un pesticide persistant) on observe des niveaux d'exposition inférieurs à ceux de l'EAT2, mais supérieurs à la valeur toxicologique de référence dans les scénarios de type B. Les travaux antérieurs, notamment EAT2, ont déjà mis en évidence la nécessité de réduire les expositions en lien avec ce polluant organique persistant interdit depuis 1998 en France.

En ce qui concerne le scénario de type C, qui intègre les contraintes liées aux contaminants hors additifs et pesticides mais intégrant les POP, aucune solution n'a été identifiée selon les paramétrages initiaux, pour les hommes comme pour les femmes. Pour les hommes, en introduisant une flexibilité (voir partie 5.3) sur les contraintes liées aux contaminants (HBCDD, PBB et HAP4), une solution a pu être identifiée. En revanche pour les femmes, un examen exploratoire a été conduit et n'a pas permis de mener à une solution optimisée. Il a été choisi de ne pas prolonger cet examen au moment où il aurait conduit à un trop grand nombre de relâchements des contraintes, eu égard aux exigences initiales : couvrir les besoins nutritionnels de la quasi-totalité de la population sans accroître le risque lié à l'exposition aux contaminants tout en restant dans une gamme d'apports alimentaires observés.

L'absence de scénario de type C pour les femmes n'est pas surprenante au regard de l'analyse *a posteriori* des niveaux d'exposition dans les scénarios de type B pour les femmes. En effet, dans ces scénarios, l'exposition à plusieurs contaminants (nickel, plomb, arsenic inorganique) dépassait la VTR ou la médiane EAT2 chez les femmes uniquement. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette situation. En premier lieu, certaines références nutritionnelles sont identiques pour les hommes et les femmes, alors que besoin énergétique est plus faible pour les femmes, ce qui

---

<sup>34</sup> Les additifs et pesticides non POP (polluant organique persistant) faisant l'objet d'une réglementation d'usage, leur niveau d'exposition n'est pas soumis à contrainte dans l'outil d'optimisation ; cette exposition est calculée pour chaque combinaison d'aliments proposée comme solution des différents scénarios (voir partie **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).



conduit l'outil d'optimisation à rechercher des aliments encore plus denses du point de vue nutritionnel que pour les hommes limitant ainsi les solutions possibles. Par ailleurs, le poids corporel des femmes étant plus faible que celui des hommes, à apport en aliments contaminés équivalent, le niveau d'exposition sera en conséquence augmenté chez les femmes, dans la mesure où il est rapporté au kg de poids corporel.

Ainsi, l'outil d'optimisation développé permet d'intégrer l'ensemble des données nutritionnelles, sur les contaminants et sur les habitudes alimentaires. Il constitue un outil d'aide à la décision, utile à l'élaboration des repères de consommations alimentaires, qui nécessite tout à la fois des choix en amont (concernant le paramétrage et le type de scénario retenus) et une interprétation en aval au regard des messages prioritaires.

Enfin, ce rapport met en évidence la nécessité de mener des recherches qui viseraient à diminuer les incertitudes relatives aux références nutritionnelles ou toxicologiques. Il faudrait affiner le travail d'optimisation en prenant en compte les effets de la matrice alimentaire sur la biodisponibilité de certaines vitamines et minéraux et les effets du mode de production sur la qualité nutritionnelle et les teneurs en contaminants des aliments. Ce travail a permis d'avancer de manière considérable dans une démarche scientifique construite pour élaborer des repères de consommation à destination du public en tirant le meilleur parti possible des informations scientifiques disponibles actuellement et d'identifier les besoins en connaissances scientifiques complémentaires.

**Le rapport d'expertise collective a été validé par le groupe de travail en plusieurs étapes :**

- **le 10 juillet 2015 par les membres du GT traitant de la thématique 1 relative à la révision des références nutritionnelles en vitamines et minéraux pour la population générale adulte, pour cette partie spécifique ;**
- **le 5 novembre 2014 par les membres du GT traitant de la thématique 4 relative à l'étude des relations entre consommation d'aliments et risque de maladies chroniques non transmissibles, pour cette partie spécifique ;**
- **le 8 février 2016 par les membres du groupe de suivi de l'outil d'optimisation pour les parties décrivant l'outil et les résultats d'optimisation ;**
- **le 8 février 2016 par les membres du groupe de suivi pour l'ensemble du document et notamment la conclusion.**

**Le rapport d'expertise collective a été validé par le comité d'experts spécialisé en nutrition humaine le 7 avril 2016.**

## 8 Bibliographie

- Adler, A. J., F. Taylor, N. Martin, S. Gottlieb, R. S. Taylor, and S. Ebrahim. 2014. "Reduced dietary salt for the prevention of cardiovascular disease." *Cochrane Database Syst Rev* (12):CD009217. doi: 10.1002/14651858.CD009217.pub3.
- Afssa. 2001. "Apports nutritionnels conseillés pour la population française."
- Afssa. 2002. "Rapport Sel : Evaluation et recommandations".
- Afssa. 2005. "Avis de l'Afssa relatif à la modification du critère de distinction entre les huiles végétales pour « assaisonnement » et pour « friture et assaisonnement » fondé sur la teneur en acide alpha-linolénique."
- Afssa. 2009. Etude individuelle nationale des consommations alimentaires 2 (INCA2) (2006-2007).
- Afssa. 2010a. "Avis de l'Afssa relatif à l'actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras."
- Afssa. 2010b. "Avis de l'Afssa relatif aux bénéfiques / risques liés à la consommation de poissons. ."
- Anderson, S. H., and A. D. Nicol. 1986. "A fluorimetric method for measurement of erythrocyte transketolase activity." *Ann Clin Biochem* 23 ( Pt 2):180-9.
- Anses. 2011. "Etude de l'alimentation totale française 2 (EAT2), Tome 1 : Contaminants inorganique, minéraux, polluants organiques persistants, mycotoxines, phytoestrogènes. Tome 2 : Résidus de pesticides, additifs, acrylamide, hydrocarbures aromatiques polycycliques."
- Anses. 2013. Avis de l'Anses relatif à l'évaluation des risques liés à la consommation de boissons dites « énergisantes ». Réponse à la saisine 2012-SA-0212.
- Anses. 2014. "Avis de l'Anses relatif à l'actualisation des indicateurs de risque alimentaire lié aux résidus de pesticides, Réponse à la Saisine n°2013-SA-0138."
- Anses. 2015a. Avis de l'Anses relatif aux apports en acides gras de la population vivant en France et comparaison aux apports nutritionnels conseillés définis en 2010. Réponse à la saisine 2014-SA-0117.
- Anses. 2015b. Avis de l'Anses relatif à l'évaluation des apports en vitamines et minéraux issus de l'alimentation non enrichie, de l'alimentation enrichie et des compléments alimentaires dans la population française : estimation des apports usuels, des prévalences d'inadéquation et des risques de dépassement des limites de sécurité. Réponse à la saisine 2012-SA-0142.
- Anses. 2017a. "Avis de l'Anses relatif à l'actualisation des repères du PNNS : révision des références nutritionnelles en vitamines et minéraux pour la population générale adulte."
- Anses. 2017b. "Avis de l'Anses relatif à l'Actualisation des repères du PNNS : Révision des repères de consommations alimentaires - Réponse à la saisine 2012-SA-0103."
- Anses. 2017c. "Avis de l'Anses relatif à l'établissement de recommandations d'apport en sucres."
- Anses. 2017d. "Rapport de l'Anses relatif à l'actualisation des repères du PNNS : Etude des relations entre consommation de groupes d'aliments et risque de maladies chroniques non transmissibles."
- Anses. 2017e. "Rapport de l'Anses relatif à la contribution des macronutriments à l'apport énergétique."
- Anses. 2017f. "Rapport de l'Anses relatif aux recommandations d'apports en fibres."
- D-A-CH. 2015. Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Neuer Umschau Buchverlag, Neustadt an der Weinstrasse, Germany.
- Dainty, J. R., R. Berry, S. R. Lynch, L. J. Harvey, and S. J. Fairweather-Tait. 2014. "Estimation of dietary iron bioavailability from food iron intake and iron status." *PLoS One* 9 (10):e111824. doi: 10.1371/journal.pone.0111824.
- Dantzig, GB. 1963. *Linear Programming and Extensions*. Santa Monica, CA: RAND Corporation
- Delange, F. 1993. "Requirements of iodine in humans." In *Iodine deficiency in Europe. A continuing concern*, edited by Plenum Press, 19-40. New-York.
- Dong, J. Y., P. Xun, K. He, and L. Q. Qin. 2011. "Magnesium intake and risk of type 2 diabetes: meta-analysis of prospective cohort studies." *Diabetes Care* 34 (9):2116-22.

- Dupin, H., J. Abraham, and I. Giachetti. 1992. *Apports nutritionnels conseillés pour la population française*. Edited by Lavoisier. Paris.
- EFSA. 2000. "Guidelines of the scientific committee on food for the development of tolerable upper intake levels for vitamins and minerals " *The EFSA journal*.
- EFSA. 2006. Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) ;Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals. edited by EFSA: EFSA.
- EFSA. 2009. Guidance of the Scientific Committee on Transparency in the Scientific. Aspects of Risk Assessments carried out by EFSA. Part 2: General principles. In *Scientific opinion*. Parma: EFSA.
- EFSA. 2010a. "Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) ; Scientific Opinion on establishing Food-Based Dietary Guidelines. ." *The EFSA journal*.
- EFSA. 2010b. "Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA); Scientific Opinion on Dietary reference values for water." *The EFSA journal*.
- EFSA. 2012a. "Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. ." *The EFSA journal*.
- EFSA. 2012b. "Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA); Scientific Opinion on the Tolerable Upper Intake Level of vitamine D. ." *The EFSA journal* 10 (7):2813.
- EFSA. 2013a. "Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA); Scientific Opinion on Dietary Reference Values for manganese." *The EFSA journal* 11 (11).
- EFSA. 2013b. "Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA); Scientific Opinion on Dietary Reference Values for vitamin C." *The EFSA journal* 11 (11).
- EFSA. 2013c. "Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA); Scientific Opinion on Dietary Reference Values for energy." *The EFSA journal* 11 (1):112.
- EFSA. 2014a. "Guidance on the EU Menu methodology." *The EFSA journal* 12 (12):3944.
- EFSA. 2014b. "Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientif report of EFSA: Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population." *The EFSA journal* 12:3597.
- EFSA. 2014c. "Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of chromium in food and drinking water." *The EFSA journal* 12:3595.
- EFSA. 2014d. "Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA); Scientific Opinion on Dietary Reference Values for folate." *The EFSA journal* 12 (11):3893.
- EFSA. 2014e. "Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA); Scientific Opinion on Dietary Reference Values for iode." *The EFSA journal* 12 (5):3660.
- EFSA. 2014f. "Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA); Scientific Opinion on Dietary Reference Values for niacin." *The EFSA journal* 12 (7):3759.
- EFSA. 2014g. "Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA); Scientific Opinion on Dietary Reference Values for panthothenic acid." *The EFSA journal* 12 (2):3581.
- EFSA. 2014h. "Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA); Scientific Opinion on Dietary Reference Values for selenium." *The EFSA journal* 12 (10):3846.
- EFSA. 2014i. "Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA); Scientific Opinion on Dietary Reference Values for zinc." *The EFSA journal* 12 (1):76.
- EFSA. 2015a. The 2013 European Union report on pesticide residues in food.
- EFSA. 2015b. "Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) ; Scientific Opinion on dietary Reference Values for cobalamine (B12)." *The EFSA journal* 13 (7):4150.
- EFSA. 2015c. "Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) ; Scientific Opinion on dietary Reference Values for phosphorus " *The EFSA journal* 13 (7):4185.
- EFSA. 2015d. "Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) ; Scientific Opinion on dietary Reference Values for vitamin A. ." *The EFSA journal* 13 (3):4028.
- EFSA. 2015e. "Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) ; Scientific Opinion on dietary Reference Values for vitamin E as  $\alpha$ -tocopherol." *The EFSA journal* 13 (7):4149.
- EFSA. 2015f. "Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA); Scientific Opinion on dietary Reference Values for calcium. ." *The EFSA journal* 13 (5):4101.

- EFSA. 2015g. "Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA); Scientific Opinion on Dietary Reference Values for iron." *The EFSA journal* 13 (10):4254.
- EFSA. 2015h. "Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA); Scientific Opinion on Dietary Reference Values for magnesium." *The EFSA journal* 13 (7):4186.
- EFSA. 2016. "Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) ; Scientific Opinion on dietary Reference Values for vitamin D." *The EFSA journal* 14 (10):4547.
- FAO/WHO. 2002. "Pesticides residues in food-2002 evaluations. Part II - Toxicological. Geneva: joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR°."
- GEMRCN. 2015. Recommandation en nutrition. Ministère de l'économie, de l'industrie et du numérique.
- Goldberg, G. R., A. E. Black, S. A. Jebb, T. J. Cole, P. R. Murgatroyd, W. A. Coward, and A. M. Prentice. 1991. "Critical evaluation of energy intake data using fundamental principles of energy physiology: 1. Derivation of cut-off limits to identify under-recording." *Eur J Clin Nutr* 45 (12):569-81.
- Graudal, N., G. Jurgens, B. Baslund, and M. H. Alderman. 2014. "Compared with usual sodium intake, low- and excessive-sodium diets are associated with increased mortality: a meta-analysis." *Am J Hypertens* 27 (9):1129-37. doi: 10.1093/ajh/hpu028.
- Harris, JA, and FG Benedict. 1919. *A biometric study of basal metabolism in man*. 279: Carnegy institution of Washington.
- Harvey, L. J., C. N. Armah, J. R. Dainty, R. J. Foxall, D. John Lewis, N. J. Langford, and S. J. Fairweather-Tait. 2005. "Impact of menstrual blood loss and diet on iron deficiency among women in the UK." *Br J Nutr* 94 (4):557-64.
- Harvey, L. J., J. R. Dainty, J. H. Beattie, G. Majsak-Newman, S. G. Wharf, M. D. Reid, and S. J. Fairweather-Tait. 2005. "Copper absorption from foods labelled intrinsically and extrinsically with Cu-65 stable isotope." *Eur J Clin Nutr* 59 (3):363-8. doi: 10.1038/sj.ejcn.1602082.
- Harvey, L. J., G. Majsak-Newman, J. R. Dainty, D. J. Lewis, N. J. Langford, H. M. Crews, and S. J. Fairweather-Tait. 2003. "Adaptive responses in men fed low- and high-copper diets." *Br J Nutr* 90 (1):161-8.
- Harvey, L. J., G. Majsak-Newman, J. R. Dainty, S. G. Wharf, M. D. Reid, J. H. Beattie, and S. J. Fairweather-Tait. 2002. "Holmium as a faecal marker for copper absorption studies in adults." *Clin Sci (Lond)* 102 (2):233-40.
- Henry, C. J. 2005. "Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations." *Public Health Nutr* 8 (7A):1133-52.
- Hume, EM, and HA Krebs. 1949. Vitamin A requirements of human adults. In *Report of the vitamin A subcommittee fo the accessory food factors committee.*, edited by Hume EM and Krebs HA: Medical Research council, HM Stationery office, London, UK.
- Hunt, C. D., and L. K. Johnson. 2006. "Magnesium requirements: new estimations for men and women by cross-sectional statistical analyses of metabolic magnesium balance data." *Am J Clin Nutr* 84 (4):843-52.
- Hunt, J. R. 2003. "High-, but not low-bioavailability diets enable substantial control of women's iron absorption in relation to body iron stores, with minimal adaptation within several weeks." *Am J Clin Nutr* 78 (6):1168-77.
- IARC. 2015. Consumption of red meat and processed meat. IARC Working Group. Lyon; .
- INCA. 2014. Nutrition et prévention primaire des cancers: Actualisation des données scientifiques.
- InVS. 2006. Etude nationale nutrition santé, ENNS.
- IOM. 1998a. "Dietary Reference Intakes for thiamin, riboflavin, niacin, vitamin B6, folate, vitamin B12, pantothenic acid, biotin and choline." In. Washington (DC).
- IOM. 1998b. "Dietary Reference Intakes: A Risk Assessment Model for Establishing Upper Intake Levels for Nutrients." In. Washington (DC).
- IOM. 2000a. "Dietary Reference Intakes for vitamin C, vitamin E, selenium and carotenoids " In. Washington (DC).
- IOM. 2000b. Dietary Reference Intakes: Applications in Dietary Assessment. edited by National Academies Press. Washington D.C.
- IOM. 2001. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc.



- IOM. 2011. Dietary reference intakes for calcium and vitamin D.
- Leklem, J. E. 1990. "Vitamin B-6: a status report." *J Nutr* 120 Suppl 11:1503-7.
- Mente, A., M. J. O'Donnell, S. Rangarajan, M. J. McQueen, P. Poirier, A. Wielgosz, H. Morrison, W. Li, X. Wang, C. Di, P. Mony, A. Devanath, A. Rosengren, A. Oguz, K. Zatonska, A. H. Yusufali, P. Lopez-Jaramillo, A. Avezum, N. Ismail, F. Lanan, T. Puoane, R. Diaz, R. Kelishadi, R. Iqbal, R. Yusuf, J. Chifamba, R. Khatib, K. Teo, S. Yusuf, and Pure Investigators. 2014. "Association of urinary sodium and potassium excretion with blood pressure." *N Engl J Med* 371 (7):601-11. doi: 10.1056/NEJMoa1311989.
- Michaelsson, K., A. Wolk, S. Langenskiöld, S. Basu, E. Warensjö Lemming, H. Melhus, and L. Byberg. 2014. "Milk intake and risk of mortality and fractures in women and men: cohort studies." *BMJ* 349:g6015. doi: 10.1136/bmj.g6015.
- Mifflin, M. D., S. T. St Jeor, L. A. Hill, B. J. Scott, S. A. Daugherty, and Y. O. Koh. 1990. "A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals." *Am J Clin Nutr* 51 (2):241-7.
- Muller, M. J., A. Bosy-Westphal, S. Klaus, G. Kreymann, P. M. Luhrmann, M. Neuhauser-Berthold, R. Noack, K. M. Pirke, P. Platte, O. Selberg, and J. Steiniger. 2004. "World Health Organization equations have shortcomings for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a retrospective analysis of a German database of resting energy expenditure." *Am J Clin Nutr* 80 (5):1379-90.
- NCM. 2014. Nordic Nutrition Recommendations 2012. Copenhagen: Nordic Council of Ministers.
- NHMRC-MoH. 2006. Nutrient Reference Values for Australia and New Zealand Including Recommended Dietary Intakes. Commonwealth of Australia.
- NHMRC. 2011. A review of the evidence to address targeted questions to inform the revision of the Australian dietary guidelines.
- O'Donnell, M., A. Mente, S. Rangarajan, M. J. McQueen, X. Wang, L. Liu, H. Yan, S. F. Lee, P. Mony, A. Devanath, A. Rosengren, P. Lopez-Jaramillo, R. Diaz, A. Avezum, F. Lanan, K. Yusoff, R. Iqbal, R. Ilow, N. Mohammadifard, S. Gulec, A. H. Yusufali, L. Kruger, R. Yusuf, J. Chifamba, C. Kabali, G. Dagenais, S. A. Lear, K. Teo, S. Yusuf, and Pure Investigators. 2014. "Urinary sodium and potassium excretion, mortality, and cardiovascular events." *N Engl J Med* 371 (7):612-23. doi: 10.1056/NEJMoa1311889.
- Olson, J. A. 1987. "Recommended dietary intakes (RDI) of vitamin A in humans." *Am J Clin Nutr* 45 (4):704-16.
- Pfister, R., G. Michels, S. J. Sharp, R. Luben, N. J. Wareham, and K. T. Khaw. 2014. "Estimated urinary sodium excretion and risk of heart failure in men and women in the EPIC-Norfolk study." *Eur J Heart Fail* 16 (4):394-402. doi: 10.1002/ejhf.56.
- SACN. 2011. Dietary reference values for energy. edited by TSO.
- Sauberlich, H. E., Y. F. Herman, C. O. Stevens, and R. H. Herman. 1979. "Thiamin requirement of the adult human." *Am J Clin Nutr* 32 (11):2237-48.
- Sauberlich, H. E., R. E. Hodges, D. L. Wallace, H. Kolder, J. E. Canham, J. Hood, N. Raica, Jr., and L. K. Lowry. 1974. "Vitamin A metabolism and requirements in the human studied with the use of labeled retinol." *Vitam Horm* 32:251-75.
- Schofield, WN, C Schofield, and WTP James. 1985. "Basal metabolic rate: review and prediction together with an annotated bibliography of source material. Human nutrition." *Clinical nutrition* 69C (Suppl 1):1-96.
- Tarr, J. B., T. Tamura, and E. L. Stokstad. 1981. "Availability of vitamin B6 and pantothenate in an average American diet in man." *Am J Clin Nutr* 34 (7):1328-37.
- WCRF. 2007. *Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective*. Amer Inst for Cancer Research.
- WCRF. 2011. *Continuous Update Project Report. Food, nutrition, physical activity, and the prevention of colorectal cancer. Colorectal cancer 2011 report*. Amer Inst for Cancer Research.
- WCRF. 2014. *Continuous Update Project Report. Food, nutrition, physical activity, and prostate cancer 2014 report. Amer Inst for Cancer Research: Amer Inst for Cancer Research*.

- WCRF. 2016. *Continuous Update Project Report. Diet, nutrition, physical activity, and stomach cancer 2016 report*. Amer Inst for Cancer Research: Amer Inst for Cancer Research.
- WHO. 2012a. Potassium intake for adults and children. Genève: World Health Organisation.
- WHO. 2012b. Sodium intake for adults and children. Genève: World Health Organisation.
- WHO/FAO. 1995. Application of risk analysis to food standards issues. edited by World Health Organization. Geneva.
- WHO/FAO. 2003. Expert Report: Diet, nutrition and prevention of chronic diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. WHO Technical Report.
- WHO/FAO. 2004. Human Vitamin and Mineral Requirements. In *Report of a joint FAO/WHO expert consultation*. Rome: World Health Organization / Food Agriculture Organization of the United Nations.
- WHO/ICPS. 2008. Uncertainty and data quality in exposure assessment. Part 1: guidance on characterizing and communicating uncertainty in exposure assesment. Geneva: World Health Organization/International Programme on Chemical Safety.



---

## **ANNEXES**

---

## Annexe 1 : Lettre de saisine

Clone 6 NOT JP

2012-SA-0103

COURRIER ARRIVE

- 5 AVR. 2012

DIRECTION GENERALE



Paris, le 03 AVR. 2012

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SANTÉ  
Sous-direction Prévention des risques liés à  
l'environnement et à l'alimentation  
Bureau de l'alimentation et de la nutrition  
DGS/EA3 – N° 123

Mission PNNS PO – Secrétariat général

Personne chargée du dossier :  
Michel Chauliac / Landy Razanamahefa  
Tel : 01 40 56 41 24 / 89 43  
michel.chauliac@sante.gouv.fr  
landy.razanamahefa@sante.gouv.fr

Le directeur général de la santé

A

Monsieur le Directeur général de l'Anses  
27-31 avenue du Général Leclerc  
94701 Maisons-Alfort

Objet : *Actualisation des repères du PNNS***Éléments de contexte**

Dans le cadre du Programme national nutrition santé 2001 – 2005 (PNNS), suite à trois saisines, l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA) a élaboré les bases scientifiques pour la formulation des repères nutritionnels du PNNS pour la population générale ainsi que pour les enfants et adolescents, pour les personnes de plus de 55 ans, pour les personnes âgées et pour les femmes pendant et après la grossesse. À partir des éléments fournis par l'AFSSA ont été édités les divers guides du PNNS : le guide pour tous, le guide pour les parents d'enfants, le guide pour les plus de 55 ans, le guide pour les aidants de personnes âgées ainsi que le guide pour les femmes avant et pendant la grossesse. Ces repères ont servi de base aux différents messages du PNNS émis par les pouvoirs publics.

**Cadre général de la saisine**

Le Programme national nutrition santé 2011-2015 formule divers principes. Ils mentionnent notamment « les repères nutritionnels du PNNS visent à promouvoir une alimentation et une activité physique favorables à un état nutritionnel et un état de santé optimaux. Aucun des messages du PNNS ne proscrie la consommation d'un quelconque aliment ou boisson mis sur le marché. Les repères nutritionnels conduisent, dans un objectif de santé, à promouvoir certaines catégories d'aliments et boissons, ainsi qu'à recommander la limitation d'autres catégories ».

L'ANSES travaille actuellement sur les bases scientifiques de la répartition énergétique entre les trois macronutriments (les Apports Nutritionnels Conseillés – ANC). Après les protéines en 2007 et les lipides en 2010, une expertise sur les glucides, en lien avec les recommandations sur les deux autres macronutriments, est prévue au programme de travail de l'Unité d'évaluation des risques liés à la nutrition pour 2012. Ces ANC sont des repères pour les professionnels de la santé et de la nutrition et ont donc besoin d'être traduits en recommandations alimentaires pratiques pour la population.

C'est pour cette raison que l'action 11.1 du PNNS 2011-2015 prévoit « l'actualisation des repères nutritionnels » qui doivent correspondre à un objectif communication et d'appropriation par le grand public. Il est entendu que les repères sont destinés à la population générale ne souffrant pas de pathologies spécifiques.

#### Questions posées :

Il est demandé à l'ANSES

1) de proposer une nouvelle formulation des repères nutritionnels du PNNS, y compris ceux concernant l'activité physique sur la base :

- des nouveaux ANC
- des données de consommations INCA
- de la composition des aliments (Oqali, CIQUAL)
- des références internationales

2) de clarifier le positionnement de certains aliments au sein des catégories actuellement utilisées dans les repères nutritionnels en tenant compte de leur qualité nutritionnelle mais également de leur image communément admise par le consommateur :

- (1) les fruits frais, secs et oléagineux ;
- (2) les produits pouvant appartenir à deux catégories différentes : les légumes et les céréales y compris le cas du maïs doux.
- (3) les produits transformés.

3) de quantifier la notion de portion s'il est utile de la préciser dans la nouvelle formulation des repères nutritionnels.

#### Délai de réponse :

L'avis de l'ANSES est attendu pour la fin du premier semestre 2013. La Direction générale de la santé l'adressera pour commentaires aux acteurs économiques de l'alimentation. Puis le document sera transmis au Haut conseil de la santé publique pour une prise en compte du contexte global de santé publique. L'INPES s'attachera ensuite à la formulation des repères en vue de leur communication vers le grand public notamment dans le cadre de l'actualisation des guides nutrition et des messages sanitaires apposés sur les publicités alimentaires.

Copie : DGAL

DGCCRF

*Le Directeur Général de la Santé,*

Dr Jean-Yves GRALL

## Annexe 2 : Présentation des positions divergentes

M. François Mariotti, en tant que membre du CES et M. Jean-François Huneau, membre du CES et du groupe de travail relatif à la thématique 1, ont fait part de leur position divergente au sujet des références nutritionnelles pour la vitamine C pour les femmes. En effet, ils ont considéré que la décision du CES dérogeait à la règle qui a présidé au travail du groupe, c'est-à-dire le principe d'endosser la démarche de l'EFSA sauf en cas d'éléments forts contraires. Pour ce cas très précis, ils ont estimé que les éléments contre la proposition de raisonnement de l'EFSA, bien qu'intéressants, sont trop faibles. En somme, ils ont estimé ne pas être en mesure de savoir si finalement le besoin de la femme est identique ou différent de celui de l'homme, mais que dans cette incertitude, ils ont souhaité inscrire leur jugement dans la logique de décision du groupe de travail selon le mandat qui lui a été donné.

Par ailleurs, M. Ambroise Martin, membre du GT-thématique 1, a exprimé la même position divergente au sujet des références nutritionnelles pour la vitamine C pour les femmes ainsi qu'au sujet de la référence nutritionnelle pour le magnésium pour les hommes et les femmes. On notera que M. Martin est président du panel NDA (dietetic products, nutrition and allergies) qui a élaboré les références nutritionnelles portées par l'EFSA.

### Annexe 3. Synthèse des doses journalières admissibles (DJA) pour les additifs et résidus de pesticides hors POP non retenus pour l'outil d'optimisation (pour lesquels une vérification du non dépassement des DJA est faite a posteriori)

Familles	Substances	Valeurs cibles	Substances	Valeurs cibles
Additifs	Rocou	DJA = 65 µg/kg pc/j	Sulfites	DJA = 0,7 mg/kg pc/j
	Nitrites	DJA = 60 µg/kg pc/j	Acide tartrique	DJA = 30 mg/kg pc/j
Résidus pesticides	de 2,4-D	DJA = 50 µg/kg pc/j	Diflubenzuron	DJA = 100 µg/kg pc/j
	Alphamethrin	DJA = 15 µg/kg pc/j	Epoxiconazole	DJA = 8 µg/kg pc/j
	Benalaxyl	DJA = 40 µg/kg pc/j	Fenpropidine	DJA = 20 µg/kg pc/j
	Carbendazim (somme)	DJA = 20 µg/kg pc/j	Fenpropimorph	DJA = 3 µg/kg pc/j
	Chlorothalonil	DJA = 15 µg/kg pc/j	Fenpyroximate	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Chlorpropham (somme)	DJA = 50 µg/kg pc/j	Fludioxonil	DJA = 370 µg/kg pc/j
	Chlorpyrifos-ethyl	DJA = 1 µg/kg pc/j	Flutolanil	DJA = 90 µg/kg pc/j
	Chlorpyrifos-methyl	DJA = 10 µg/kg pc/j	Mepiquat	DJA = 200 µg/kg pc/j
	Cyfluthrin	DJA = 3 µg/kg pc/j	Pyriproxyfen	DJA = 100 µg/kg pc/j
	Cypermethrin	DJA = 50 µg/kg pc/j	Bifenthrin	DJA = 15 µg/kg pc/j
	Deltamethrin	DJA = 10 µg/kg pc/j	Chlorthal-dimethyl	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Dinocap	DJA = 4 µg/kg pc/j	Etofenprox	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Diquat	DJA = 2 µg/kg pc/j	Imidacloprid	DJA = 60 µg/kg pc/j
	Esfenvalerate	DJA = 20 µg/kg pc/j	Teflubenzuron	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Flusilazole	DJA = 2 µg/kg pc/j	Tetraconazole	DJA = 4 µg/kg pc/j
	Imazalil	DJA = 25 µg/kg pc/j	Triadimenol (somme)	DJA = 50 µg/kg pc/j
	Iprodione (somme)	DJA = 60 µg/kg pc/j	Triflumuron	DJA = 14 µg/kg pc/j
	Lambda-Cyhalothrin	DJA = 2,5 µg/kg pc/j	Cymoxanil	DJA = 13 µg/kg pc/j
	Linuron	DJA = 3 µg/kg pc/j	Cyromazine	DJA = 60 µg/kg pc/j
	Pendimethalin	DJA = 125 µg/kg pc/j	Diphenylamine	DJA = 75 µg/kg pc/j
	Propiconazole	DJA = 40 µg/kg pc/j	Tebuconazole	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Propyzamide	DJA = 20 µg/kg pc/j	Tebufenpyrad	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Pyridate	DJA = 36 µg/kg pc/j	Tri-allate	DJA = 25 µg/kg pc/j
	Thiabendazole	DJA = 100 µg/kg pc/j	Acrinathrin	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Acephate	DJA = 30 µg/kg pc/j	Bitertanol	DJA = 3 µg/kg pc/j
	Aldicarb (somme)	DJA = 3 µg/kg pc/j	Bioresmethrin	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Amitraz (somme)	DJA = 3 µg/kg pc/j	Bromopropylate	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Atrazine (somme)	DJA = 20 µg/kg pc/j	Bromuconazole	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Azinphos-ethyl	DJA = 2 µg/kg pc/j	Bupirimate	DJA = 50 µg/kg pc/j
	Azinphos-methyl	DJA = 5 µg/kg pc/j	Buprofezin	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Chlozolinate	DJA = 100 µg/kg pc/j	Carbetamide	DJA = 60 µg/kg pc/j
	Endosulfan (somme)	DJA = 6 µg/kg pc/j	Carboxin	DJA = 8 µg/kg pc/j
	Fenarimol	DJA = 10 µg/kg pc/j	Chinomethionat	DJA = 6 µg/kg pc/j
	Fenthion (somme)	DJA = 7 µg/kg pc/j	Chlorofenizon	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Fentin acetate	DJA = 0,4 µg/kg pc/j	Chlorfluazuron	DJA = 5 µg/kg pc/j
	Fentin hydroxide	DJA = 0,4 µg/kg pc/j	Cyhexatin	DJA = 3 µg/kg pc/j
			Cyproconazole	DJA = 20 µg/kg pc/j
	Methamidophos	DJA = 1 µg/kg pc/j	Dichlobenil	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Paraquat	DJA = 4 µg/kg pc/j	Dichlofluanid	DJA = 300 µg/kg pc/j
	Parathion	DJA = 0,6 µg/kg pc/j	Diclobutrazol	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Parathion-methyl (somme)	DJA = 3 µg/kg pc/j	Dicofol (somme)	DJA = 2,2 µg/kg pc/j
	Permethrin (somme)	DJA = 50 µg/kg pc/j	Dicloran	DJA = 5 µg/kg pc/j
	Résidus de Procymidone	DJA = 2,8 µg/kg pc/j	Diethofencarb	DJA = 430 µg/kg pc/j

Familles	Substances	Valeurs cibles	Substances	Valeurs cibles
pesticides	Pyrazophos	DJA = 4 µg/kg pc/j	Diniconazole	DJA = 20 µg/kg pc/j
	Quintozene (somme)	DJA = 10 µg/kg pc/j	Ethirimol	DJA = 7,5 µg/kg pc/j
	Simazine	DJA = 5 µg/kg pc/j	Etridiazole	DJA = 15 µg/kg pc/j
	Tecnazene	DJA = 20 µg/kg pc/j	Fenazaquin	DJA = 5 µg/kg pc/j
	Vinclozolin (somme)	DJA = 5 µg/kg pc/j	Fenbuconazole	DJA = 6 µg/kg pc/j
	Captan	DJA = 100 µg/kg pc/j	Fenbutatin oxide	DJA = 50 µg/kg pc/j
	Cyprodinyl	DJA = 30 µg/kg pc/j	Fenoxycarb	DJA = 53 µg/kg pc/j
	Dichlorprop-P	DJA = 60 µg/kg pc/j	Fenpropathrin	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Dimethoate (somme)	DJA = 1 µg/kg pc/j	Fluazifop-P-butyl (somme)	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Dimethomorph	DJA = 50 µg/kg pc/j	Flubenzimine	DJA = 25 µg/kg pc/j
	Diuron (somme)	DJA = 7 µg/kg pc/j	Flufenoxuron	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Ethoprophos	DJA = 0,4 µg/kg pc/j	Fluquinconazole	DJA = 2 µg/kg pc/j
	Fenamiphos (somme)	DJA = 0,8 µg/kg pc/j	Flutriafol	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Fipronil [parent]	DJA = 0,2 µg/kg pc/j	Hexaconazole	DJA = 5 µg/kg pc/j
	Folpet	DJA = 100 µg/kg pc/j	Hexaflumuron	DJA = 20 µg/kg pc/j
	Metconazole	DJA = 10 µg/kg pc/j	Hexythiazox	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Methiocarb (somme)	DJA = 13 µg/kg pc/j	Mepronil	DJA = 50 µg/kg pc/j
	Metribuzin	DJA = 13 µg/kg pc/j	Methacrifos	DJA = 6 µg/kg pc/j
	Oxamyl	DJA = 1 µg/kg pc/j	Metoxuron	DJA = 5 µg/kg pc/j
	Phosmet (somme)	DJA = 10 µg/kg pc/j	Myclobutanil	DJA = 25 µg/kg pc/j
	Pirimicarb (somme)	DJA = 35 µg/kg pc/j	Nitrothal-isopropyl	DJA = 50 µg/kg pc/j
	Pirimiphos-methyl	DJA = 4 µg/kg pc/j	Nuarimol	DJA = 21 µg/kg pc/j
	Propamocarb	DJA = 290 µg/kg pc/j	Ofurace	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Pyrimethanil	DJA = 170 µg/kg pc/j	Oxadixyl	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Toclofos methyl	DJA = 64 µg/kg pc/j	Pencycuron	DJA = 200 µg/kg pc/j
	Tolyfluanide	DJA = 100 µg/kg pc/j	Penconazole	DJA = 30 µg/kg pc/j
	Triticonazole	DJA = 25 µg/kg pc/j	Prochloraz	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Azametiphos	DJA = 3 µg/kg pc/j	Propachlor	DJA = 16 µg/kg pc/j
	Bendiocarb	DJA = 4 µg/kg pc/j	Pyridaben	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Benfuracarb	DJA = 10 µg/kg pc/j	Tau-Fluvalinate	DJA = 5 µg/kg pc/j
	Bromophos	DJA = 40 µg/kg pc/j	Tebufenozid	DJA = 20 µg/kg pc/j
	Bromophos-ethyl	DJA = 3 µg/kg pc/j	Tefluthrin	DJA = 5 µg/kg pc/j
	Cadusafos	DJA = 0,4 µg/kg pc/j	Tetradifon	DJA = 15 µg/kg pc/j
	Carbaryl	DJA = 7,5 µg/kg pc/j	Tetramethrin	DJA = 20 µg/kg pc/j
	Carbofuran (somme)	DJA = 0,15 µg/kg pc/j	Tralomethrin	DJA = 1 µg/kg pc/j
	Carbosulfan	DJA = 5 µg/kg pc/j	Triforine	DJA = 20 µg/kg pc/j
	Chlorfenvinphos	DJA = 0,5 µg/kg pc/j	OPP	DJA = 400 µg/kg pc/j
	Chlorobenzilate	DJA = 20 µg/kg pc/j	Ethoxyquin	DJA = 5 µg/kg pc/j
	Diazinon	DJA = 0,2 µg/kg pc/j	Pyrethrins	DJA = 40 µg/kg pc/j
	Dichlorvos	DJA = 4 µg/kg pc/j	Sulphur	DJA = 1500 µg/kg pc/j
	Ethiofencarb	DJA = 100 µg/kg pc/j	Biphenyl	DJA = 500 µg/kg pc/j
	Ethion	DJA = 2 µg/kg pc/j	Phoxim	DJA = 4 µg/kg pc/j
	Fenitrothion	DJA = 5 µg/kg pc/j	Rotenon	DJA = 1 µg/kg pc/j
	Haloxypop	DJA = 0,65 µg/kg pc/j	Piperonyl butoxide	DJA = 200 µg/kg pc/j
	Heptenophos	DJA = 2 µg/kg pc/j	Fenchlorphos	DJA = 10 µg/kg pc/j
	Malathion (somme)	DJA = 30 µg/kg pc/j	Acetamiprid	DJA = 25 µg/kg pc/j
Mecarbam	DJA = 2 µg/kg pc/j	Acibenzolar-S-methyl	DJA = 100 µg/kg pc/j	
Methidathion	DJA = 1 µg/kg pc/j	Azoxystrobin	DJA = 200 µg/kg pc/j	
Methomyl (somme)	DJA = 2,5 µg/kg pc/j	Boscalid	DJA = 40 µg/kg pc/j	
Methoxychlor	DJA = 5 µg/kg pc/j	Fenamidone	DJA = 30 µg/kg pc/j	
Résidus pesticides de	Metolachlor (somme)	DJA = 100 µg/kg pc/j	Fenhexamid	DJA = 200 µg/kg pc/j



Familles	Substances	Valeurs cibles	Substances	Valeurs cibles
	<b>Monocrotophos</b>	DJA = 0,6 µg/kg pc/j	<b>Indoxacarbe</b>	DJA = 6 µg/kg pc/j
	<b>Oxydemeton-methyl (somme)</b>	DJA = 0,3 µg/kg pc/j	<b>Iprovalicarb</b>	DJA = 15 µg/kg pc/j
	<b>Pentachlorophenol</b>	DJA = 1500 µg/kg pc/j	<b>Kresoxim-methyl</b>	DJA = 400 µg/kg pc/j
	<b>Phorate (somme)</b>	DJA = 0,7 µg/kg pc/j	<b>Mepanipyrim</b>	DJA = 20 µg/kg pc/j
	<b>Phosalone</b>	DJA = 10 µg/kg pc/j	<b>Metalaxyl-M</b>	DJA = 80 µg/kg pc/j
	<b>Profenofos</b>	DJA = 30 µg/kg pc/j	<b>Metrafenone</b>	DJA = 250 µg/kg pc/j
	<b>Promecarb</b>	DJA = 50 µg/kg pc/j	<b>Picoxystrobin</b>	DJA = 43 µg/kg pc/j
	<b>Prometryn</b>	DJA = 40 µg/kg pc/j	<b>Pymetrozine</b>	DJA = 30 µg/kg pc/j
	<b>Propoxur</b>	DJA = 20 µg/kg pc/j	<b>Pyraclostrobin</b>	DJA = 30 µg/kg pc/j
	<b>Quinalphos</b>	DJA = 0,5 µg/kg pc/j	<b>Quinoxyfen</b>	DJA = 200 µg/kg pc/j
	<b>Temefos</b>	DJA = 100 µg/kg pc/j	<b>Spiroxamine</b>	DJA = 25 µg/kg pc/j
	<b>Terbufos</b>	DJA = 0,6 µg/kg pc/j	<b>Trifloxystrobin</b>	DJA = 100 µg/kg pc/j
	<b>Tetrachlorvinphos</b>	DJA = 50 µg/kg pc/j	<b>Coumaphos</b>	DJA = 0,5 µg/kg pc/j
	<b>Thiometon</b>	DJA = 3 µg/kg pc/j	<b>Dithiocarbamates</b>	DJA = 6 µg/kg pc/j
	<b>Triazophos</b>	DJA = 1 µg/kg pc/j	<b>Abamectin</b>	DJA = 2,5 µg/kg pc/j
	<b>Trichlorfon</b>	DJA = 2 µg/kg pc/j	<b>Clofentezine</b>	DJA = 20 µg/kg pc/j
	<b>Trifluralin</b>	DJA = 15 µg/kg pc/j	<b>Dicamba</b>	DJA = 300 µg/kg pc/j
	<b>Vamidithion</b>	DJA = 8 µg/kg pc/j	<b>Difenoconazole</b>	DJA = 10 µg/kg pc/j

DJA : dose journalière admissible

## Annexe 4 : Procédure de comblement des valeurs manquantes de la base de données CIQUAL

Les aliments utilisés pour l'outil d'optimisation sont issus des aliments consommés dans l'enquête INCA2. Pour un aliment consommé lors de cette enquête, lorsque le Ciqua1 n'a pas collecté de données par des analyses *ad hoc*, des projets de recherche, auprès des professionnels ou dans la littérature scientifique, la valeur est dite manquante : aucune valeur n'est mise à disposition du grand public dans les tables publiées par le Ciqua1. Cependant, l'estimation d'apports nutritionnels ne peut se faire qu'à partir de données de composition complètes pour chaque aliment consommé dans le cadre de l'enquête INCA2 et chaque constituant exploité par l'outil d'optimisation.

Pour les constituants hors vitamines et minéraux, le comblement des valeurs manquantes a été effectué de la manière suivante :

- reprise des données d'un aliment similaire ;
- calculs par recette ;
- utilisation des données moyennes du groupe ou sous-groupe d'aliments auquel appartient l'aliment ayant une valeur manquante ;
- déduction logique (par exemple, si l'aliment ne contient pas de glucides, il ne contient pas non plus de sucres totaux, ni de lactose).

Pour les vitamines et les minéraux, le comblement des valeurs manquantes a été effectué de manière différente :

- Dans un premier temps, ont été écartées les données-sources de la table Ciqua1 2013 identifiées comme aberrantes suite à un travail de vérification systématique mis en œuvre pour la préparation de la prochaine table Ciqua1 à paraître.
- Puis les valeurs agrégées et vérifiées pour les vitamines et minéraux déjà prêtes pour la future table Ciqua1 2016 ont été utilisées pour combler ces valeurs manquantes (une mise à jour des teneurs en vitamines et minéraux n'impacte pas les autres constituants).
- Si la valeur était toujours manquante après les étapes précédentes, les données d'un aliment similaire ont été empruntées.
- A défaut, la moyenne du sous-groupe d'aliments INCA2 pour le constituant en question a été utilisée.
- Pour quelques cas, la valeur manquante a été estimée à zéro lorsque cela paraissait plausible.

## Annexe 5. Apports nutritionnels obtenus après optimisation selon le scénario A1 chez les hommes

Nutriment	Apport en valeur absolue	Contrainte nutritionnelle inf.	Contrainte nutritionnelle sup.	Déviations par rapport à la contrainte nutritionnelle inf. (%)	Déviations par rapport à la contrainte nutritionnelle sup. (%)
Apport énergétique total (AET) (kcal)	2730	2470	2730	111	100
Vitamine A (µg)	2175	750	3000	290	73
<b>Vitamine B1 (mg/kcal)</b>	<b>0,00058</b>	<b>0,00058</b>	-	100	-
Vitamine B2 (mg/kcal)	0,00077	0,00071	-	108	-
<b>Vitamine B3 (mg/kcal)</b>	<b>0,0067</b>	<b>0,0067</b>	-	100	-
Vitamine B5 (mg)	8,8	-	-	-	-
Vitamine B6 (mg)	2,3	1,8	25	127	9
Vitamine B9 (µg)	846	330	-	256	-
Vitamine B12 (µg)	5,8	4	-	144	-
Vitamine C (mg)	149	110	-	135	-
Vitamine D (µg)	5,4	15	50	36	11
Vitamine E (mg)	24	-	300	-	8
<b>Calcium (mg)</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	2500	100	40
Cuivre (mg)	3,98	1,25	5	319	80
Fer (mg)	21	11	-	188	-
<b>Iode (µg)</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	600	100	25
Magnésium (mg)	573	420	-	136	-
Manganèse (mg)	7	-	-	-	-
Phosphore (mg)	1986	700	-	284	-
Potassium (mg)	4796	-	-	-	-
Sélénium (µg)	131	70	300	188	44
Sodium (mg)	2828	-	2992	-	95
<b>Zinc (mg)</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	25	100	56
Eau (g)	2625	2375	2625	111	100
Protéines (% AET)	16	10	20	163	81
<b>Lipides (% AET)</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	40	100	88
AGS (% AET)	9,6	-	12	-	80
Acides laurique + myristique + palmitique (% AET)	6,6	-	8	-	82
Acide linoléique (% AET)	5	4	-	125	-
<b>Acide Alpha-linolénique (% AET)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	-	100	-
EPA+DHA (mg)	581	500	-	116	-
Glucides (% AET)	44	40	55	111	80
Sucres totaux hors lactose (g)	41	-	100	-	41
Fibres (g)	52	30	-	174	-

En gras les nutriments dont l'apport se limite à la contrainte nutritionnelle inférieure

## Annexe 6. Apports nutritionnels obtenus après optimisation selon le scénario B chez les hommes

Nutriment	Apport en valeur absolue	Contrainte nutritionnelle inférieure	Contrainte nutritionnelle supérieure	Déviations par rapport à la contrainte nutritionnelle inférieure (%)	Déviations par rapport à la contrainte nutritionnelle supérieure (%)
Apport énergétique total (AET) (kcal)	2502	2470	2730	101	92
Vitamine A (µg)	968	750	3000	129	32
<b>Vitamine B1 (mg/kcal)</b>	<b>0,00058</b>	<b>0,00058</b>	-	100	-
Vitamine B2 (mg/kcal)	0,00093	0,00071	-	131	-
Vitamine B3 (mg/kcal)	0,0106	0,0067	-	158	-
Vitamine B5 (mg)	7,4	-	-	-	-
Vitamine B6 (mg)	2,6	1,8	25	146	11
Vitamine B9 (µg)	430	330	-	130	-
Vitamine B12 (µg)	6,9	4	-	173	-
Vitamine C (mg)	112	110	-	102	-
Vitamine D (µg)	3,8	15	50	25	8
Vitamine E (mg)	16	-	300	-	5
Calcium (mg)	1214	1000	2500	121	49
Cuivre (mg)	2,32	1,25	5	186	46
Fer (mg)	14	11		123	
Iode (µg)	158	150	600	105	26
Magnésium (mg)	463	420	-	110	-
Manganèse (mg)	6	-	-	-	-
Phosphore (mg)	1914	700	-	273	-
Potassium (mg)	4022	-	-	-	-
Sélénium (µg)	90	70	300	128	30
Sodium (mg)	2372	-	2992	-	79
<b>Zinc (mg)</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	25	100	56
<b>Eau (g)</b>	<b>2375</b>	<b>2375</b>	2625	100	90
Protéines (% AET)	19	10	20	185	93
<b>Lipides (% AET)</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	40	100	88
AGS (% AET)	12	-	12	-	97
Acides laurique + myristique + palmitique (% AET)	7,6	-	8	-	96
Acide linoléique (% AET)	4,6	4	-	115	-
<b>Acide Alpha-linolénique (% AET)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	-	100	-
<b>EPA+DHA (mg)</b>	<b>500</b>	<b>500</b>	-	100	-
Glucides (% AET)	44	40	55	109	79
Sucres totaux hors lactose (g)	92	-	100	-	92
<b>Fibres (g)</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	-	100	-

En gras les nutriments dont l'apport se limite à la contrainte nutritionnelle inférieure

## Annexe 7. Niveaux d'exposition aux additifs alimentaires obtenus après optimisation selon le scénario B1 chez les hommes

Substance (unité)	DJA	Exposition médiane EAT2	Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% DJA	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2
Acide tartrique (mg/kg/j)	30	0,03	0,05	0,06	0,2	215	114
Nitrites (µg/kg/j)	60	1,33	1,65	0,34	1	25	21
Rocou (µg/kg/j)	65	0,82	1,17	0,68	1	83	59
Sulfites (mg/kg/j)	0,7	0,15	0,22	0,03	5	22	15

Les valeurs en rouges correspondent aux valeurs supérieures à 100 %.

## Annexe 8. Niveaux d'exposition aux contaminants hors pesticides obtenus après optimisation selon le scénario B1 chez les hommes

Substance (unité)	Contrainte toxicologique	Exposition médiane EAT2	Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2
Acrylamide (ng/kg/j)	406,537	406,54	474,17	340,50	84	84	72
Aflatoxines (ng/kg/j)	0,454219	0,45	0,49	0,13	28	28	26
Ag (µg/kg/j)		1,35	1,68	1,54		114	92
Al (µg/kg/j)	142,857	36,12	38,29	37,38	26	103	98
AN (ng/kg/j)		1,04	1,15	0,99		95	86
As inorganique (µg/kg/j)	0,43161	0,43	0,53	0,55	127	127	104
As organique (µg/kg/j)		0,16	0,2	0,22		136	110
Ba (µg/kg/j)	200	6,16	6,54	8,30	4	135	127
BcFL (ng/kg/j)		0,26	0,28	0,16		61	57
BDE-209 (ng/kg/j)	0,316157	0,32	0,37	0,28	89	89	76
BghiP (ng/kg/j)		0,39	0,43	0,36		93	84
Biochanine A (ng/kg/j)		0,00	2,04	3,98			195
BjF (ng/kg/j)		0,14	0,16	0,11		81	70
BkF (ng/kg/j)		0,11	0,13	0,08		73	64
BPA (µg/kg/j)	0,083	0,04	0,05	0,05	64	128	107
Cd (µg/kg/j)	0,357143	0,15	0,16	0,15	42	98	93
Co (µg/kg/j)	1,6	0,18	0,19	0,17	11	95	91
Coumestrol (ng/kg/j)		7,46	18,37	40,46		542	220
CPP (ng/kg/j)		0,41	0,44	0,28		67	63
CrIII (µg/kg/j)	300	3,95	4,08	3,92	1	99	96
CrVI (µg/kg/j)	0,496725	0,50	0,53	0,52	105	105	98
Daidzeine (ng/kg/j)		68,98	2252,04	253,80		368	11
DAS (ng/kg/j)		8,58	9,15	9,08		106	99
DbaeP (ng/kg/j)		0,12	0,13	0,07		58	54
DBahA (ng/kg/j)		0,07	0,07	0,04		56	58
DbahP (ng/kg/j)		0,11	0,12	0,08		74	66
DbaiP (ng/kg/j)		0,11	0,12	0,08		75	67
DbalP (ng/kg/j)		0,13	0,14	0,08		61	56
Dioxines et furanes (pg TEQ05/kg/j)		0,15	0,16	0,15		104	94
Dioxines, furanes et PCB-DL (pg TEQ05/kg/j)	0,7	0,36	0,41	0,43	61	120	105
DOM1 (ng/kg/j)		8,24	8,8	7,89		96	90
DON315 (ng/kg/j)	1000	415,98	441,66	317,06	32	76	72
Entérolactone (ng/kg/j)		10,35	57	187,22		1808	328
Equol (ng/kg/j)		7,98	47,6	152,02		1905	319
FA (ng/kg/j)		2,99	3,17	2,19		73	69
FB1+FB2 (ng/kg/j)	2000	23,12	28,57	8,40	0,4	36	29
Formononéine (ng/kg/j)		0,00	14,42	13,88			96
FusX (ng/kg/j)		8,58	9,15	9,08		106	99
Ga (µg/kg/j)		0,02	0,02	0,02		94	82
Ge (µg/kg/j)		0,05	0,06	0,04		79	68
Génistéine (ng/kg/j)		52,96	3092,04	297,27		561	10
Glycitéine (ng/kg/j)		11,23	498,17	78,57		699	16
HAP4 (ng/kg/j)	1,34052	1,34	1,5	0,98	73	73	66
HBCD (ng/kg/j)	0,155667	0,16	0,21	1,42	913	913	677



Substance (unité)	Contrainte toxicologique	Exposition médiane EAT2	Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2
Hg inorganique (µg/kg/j)	0,571429	0,09	0,09	0,09	15	96	95
IP (ng/kg/j)		0,17	0,19	0,13		76	70
Li (µg/kg/j)		0,49	0,66	0,40		82	61
MAS (ng/kg/j)		8,58	9,15	7,89		92	86
Matairésinol (ng/kg/j)		0,00	19,95	4,70			24
MCH (ng/kg/j)		0,12	0,12	0,06		48	49
MeHg (µg/kg/j)	0,185714	0,00	0,02	0,02	9	681	83
Mo (µg/kg/j)		1,34	1,43	1,88		140	131
Ni (µg/kg/j)	2,8	2,28	2,38	2,72	97	119	114
Niv (ng/kg/j)	1200	28,02	31,61	35,78	3	128	113
OTA (ng/kg/j)	17,1429	1,02	1,08	1,13	7	111	105
OTB (ng/kg/j)		0,81	0,85	1,09		135	128
Pat (ng/kg/j)	400	8,85	10,14	13,64	3	154	135
Pb (µg/kg/j)	0,194746	0,19	0,21	0,18	93	93	86
PBB (ng/kg/j)	0,0086457	0,01	0,01	0,00	57	57	50
PBDE (7) (ng/kg/j)	10	0,15	0,21	0,29	3	189	140
PCB indicateurs (6) (pg/kg/j)	10000	1337,46	1821,97	2416,94	24	181	133
PCB-DL (pg TEQ05/kg/j)		0,22	0,25	0,28		129	112
PFBA (ng/kg/j)		1,29	1,35	1,64		128	122
PFBS (ng/kg/j)		0,56	0,61	0,75		133	123
PFDA (ng/kg/j)		0,16	0,17	0,25		160	148
PFDoA (ng/kg/j)		0,32	0,4	0,66		209	165
PFDS (ng/kg/j)		0,17	0,2	0,32		195	161
PFHpA (ng/kg/j)		0,35	0,38	0,55		159	145
PFHpS (ng/kg/j)		0,31	0,35	0,47		152	135
PFHxA (ng/kg/j)		0,40	0,45	0,64		161	142
PFHxS (ng/kg/j)		0,18	0,2	0,27		147	134
PFNA (ng/kg/j)		0,23	0,25	0,36		159	143
PFOA (ng/kg/j)	200	0,33	0,38	0,51	0,3	156	135
PFOS (ng/kg/j)	80	0,34	0,36	0,41	1	121	113
PFPA (ng/kg/j)		0,75	0,78	0,87		117	112
PFTeDA (ng/kg/j)		0,89	1,08	1,85		208	172
PFTrDA (ng/kg/j)		0,55	0,62	0,86		158	139
PFUnA (ng/kg/j)		1,51	1,67	2,16		143	129
PHE (ng/kg/j)		10,20	11,2	8,08		79	72
PY (ng/kg/j)		6,86	7,25	4,58		67	63
Sb (µg/kg/j)		0,03	0,03	0,02		67	63
Sécoisolaricirésinol (ng/kg/j)		83,23	157,62	284,26		342	180
Sn (µg/kg/j)		1,25	3,72	4,87		390	131
Sr (µg/kg/j)	600	16,84	20,36	19,65	3	117	96
Te (µg/kg/j)		0,03	0,04	0,03		84	70
Toxines T2+HT2 (ng/kg/j)	60	31,66	34,08	36,38	61	115	107
V (µg/kg/j)		0,85	0,9	0,64		76	72
Verrucarol (ng/kg/j)		8,19	8,72	7,89		96	90
Zéaralénone et métabolites (ng/kg/j)	250	64,86	67,8	66,42	27	102	98

Les valeurs en rouges correspondent aux valeurs supérieures à 100 %.

## Annexe 9. Niveaux d'exposition aux pesticides après optimisation selon le scénario B1 chez les hommes (substances dont l'exposition est supérieure à 10 % de la VTR)

Pesticide	Statut UE *	VTR (µg/kg pc/j)	Exposition médiane EAT2 (µg/kg pc/j)	Exposition moyenne EAT2 (µg/kg pc/j)	Exposition totale (µg/kg pc/j)	% VTR	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	plans de surveillance et de contrôle FR : pourcentages de détection et contributeurs				
									2010	2011	2012	2013	Principaux contributeurs** et % détection
<i>Carbofuran (sum)</i>	NA	0,15	0,06	0,06	0,08	53,4	131,6	124,4	0,1	0,1	0,3	0,2	Poivrons et piments (1-2%), tomates (1-3%), haricots verts (1%)
<i>Chlorfenvinphos</i>	NA	0,5	0,05	0,06	0,06	12,7	120,6	113,8	0,1	0,02	0	0	-
<b>Chlorpyrifos-éthyl</b>	<b>A</b>	<b>1</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,11</b>	<b>10,6</b>	<b>170,2</b>	<b>151,9</b>	<b>4,2</b>	<b>4,6</b>	<b>5,3</b>	<b>5,7</b>	<b>Fruits et légumes (1-50% agrumes), thé (2-20%)</b>
<i>Coumaphos</i>	NA	0,5	0,02	0,03	0,07	13,3	333,8	255,0	0	0	0	0	-
<i>Diazinon</i>	NA	0,2	0,06	0,07	0,07	36,7	116,4	111,6	0	0,02	0,1	0,1	Aubergines et poivrons (<1%)
<i>Dieldrine (sum)</i>	POP	0,1	0,13	0,14	0,02	15,5	12,0	11,1	0,04	0,7	0,6	0,4	Produits de la mer et d'eau douce (14-20%), courgettes (0-2%)
<b>Diméthoate (sum)</b>	<b>A</b>	<b>1</b>	<b>0,55</b>	<b>0,61</b>	<b>0,66</b>	<b>65,8</b>	<b>119,0</b>	<b>108,5</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>1,0</b>	<b>2,4</b>	<b>Fruits et légumes (1% fraises à 50% cerises), thé (1-3%)</b>
<b>Dithiocarbamates</b>	<b>A</b>	<b>6</b>	<b>0,80</b>	<b>0,85</b>	<b>1,04</b>	<b>17,3</b>	<b>130,5</b>	<b>123,1</b>	<b>9,9</b>	<b>6,2</b>	<b>9,5</b>	<b>9,5</b>	<b>Salades (20-35%)</b>
<i>Ethoprophos</i>	A	0,4	0,09	0,10	0,11	27,4	119,6	110,0	0	0	0	0	-
<i>Fipronil (sum)</i>	A	0,2	0,02	0,02	0,04	18,9	225,0	197,7	0,03	0	0,2	0,3	Poivrons et piments (1%)
<i>Heptachlor (sum)</i>	POP	0,1	0,12	0,13	0,02	18,7	15,9	14,9	0	0,3	0,1	0,4	Bovins (1%), concombre (n=1/62) (2013 uniquement)
<i>Lindane (HCH-gamma)</i>	POP	0,01	0,09	0,09	0,011	109	11,1	12,2	0	0,1	0,04	0,1	Produits de la mer et d'eau douce (0,5-2%)
<i>Méthamidophos</i>	NA	1	0,16	0,17	0,20	20,1	126,3	115,5	0	0,2	0,3	0,2	Gombos (5-8%)
<i>Méthidathion</i>	NA	1	0,11	0,12	0,10	10,3	92,1	86,7	0,2	0,1	0,1	0,1	Pamplemousses et oranges (1-6%)
<i>Monocrotophos</i>	NA	0,6	0,14	0,16	0,16	27,3	114,2	102,8	0	0,03	0,3	0	-
<i>Parathion (sum)</i>	NA	0,6	0,17	0,17	0,20	33,8	121,7	117,8	0	0	0	0	-
<i>Phorate (sum)</i>	NA	0,7	0,36	0,37	0,47	66,7	131,1	124,7	0	0	0	0	-
<i>Quinalphos</i>	NA	0,5	0,12	0,13	0,14	27,0	110,5	104,1	0	0	0	0	-
<i>Terbufos</i>	NA	0,6	0,04	0,04	0,07	12,2	196,0	185,7	0	0	0	0	-

\*Règlement (CE) n°1107/2009

A : approuvée ; NA : non approuvée (en italique)

\*\* Détectée au moins 2 années et parmi plus de 100 analyses par denrée

## Annexe 10. Apports nutritionnels obtenus après optimisation selon le scénario C2 chez les hommes

Nutriment	Apport en valeur absolue	Contrainte nutritionnelle inférieure	Contrainte nutritionnelle supérieure	Déviations par rapport à la contrainte nutritionnelle inférieure (%)	Déviations par rapport à la contrainte nutritionnelle supérieure (%)
Apport énergétique total (AET) (kcal)	2470	2470	2730	100	90
Vitamine A (µg)	944	750	3000	126	31
<b>Vitamine B1 (mg/kcal)</b>	<b>0,00058</b>	<b>0,00058</b>	-	100	-
Vitamine B2 (mg/kcal)	0,00085	0,00071	-	120	-
Vitamine B3 (mg/kcal)	0,0114	0,0067	-	170	-
Vitamine B5 (mg)	7,4	-	-	-	-
Vitamine B6 (mg)	2,6	1,8	25	145	10
Vitamine B9 (µg)	520	330	-	157	-
Vitamine B12 (µg)	6,7	4	-	168	-
Vitamine C (mg)	193	110	-	176	-
Vitamine D (µg)	4,3	15	50	29	9
Vitamine E (mg)	15	-	300	-	5
Calcium (mg)	1170	1000	2500	117	47
Cuivre (mg)	2,3	1,25	5	187	47
Fer (mg)	14	11	-	124	-
<b>Iode (µg)</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	600	100	25
Magnésium (mg)	444	420	-	106	-
Manganèse (mg)	5,6	-	-	-	-
Phosphore (mg)	1761	700	-	252	-
Potassium (mg)	3860	-	-	-	-
Sélénium (µg)	90	70	300	129	30
Sodium (mg)	2276	-	2992	-	76
<b>Zinc (mg)</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	25	100	56
<b>Eau (g)</b>	<b>2375</b>	<b>2375</b>	2625	100	90
Protéines (% AET)	20	10	20	200	100
<b>Lipides (% AET)</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	40	100	88
AGS (% AET)	12	-	12	-	99
Acides laurique + myristique + palmitique (% AET)	7,9	-	8	-	98
Acide linoléique (% AET)	4,5	4	-	113	-
<b>Acide Alpha-linolénique (% AET)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	-	100	-
<b>EPA+DHA (mg)</b>	<b>500</b>	<b>500</b>	-	100	-
Glucides (% AET)	42	40	55	104	76
Sucres totaux hors lactose (g)	99	-	100	-	99
<b>Fibres (g)</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	-	100	-

En gras les nutriments dont l'apport se limite à la contrainte nutritionnelle inférieure

## Annexe 11. Niveaux d'exposition aux additifs obtenus après optimisation selon le scénario C2 chez les hommes

Substance (unité)	DJA	Exposition médiane EAT2	Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% DJA	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2
Acide tartrique (mg/kg/j)	30	0,03	0,05	0,04	0,1	133	70
Nitrites (µg/kg/j)	60	1,33	1,65	0,20	0,3	15	12
Rocou (µg/kg/j)	65	0,82	1,17	0,79	1	96	68
Sulfites (mg/kg/j)	0,7	0,15	0,22	0,02	3	12	8

DJA, dose journalière admissible.

Les valeurs rouges représentent les valeurs supérieures à 100 %.

## Annexe 12. Niveaux d'exposition aux contaminants hors pesticides obtenus après optimisation selon le scénario C2 chez les hommes

Substance (unité)	Contrainte toxicologique	Exposition médiane EAT2	Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2
Acrylamide (ng/kg/j)	406,537	406,54	474,17	224,49	55	55	47
Aflatoxines (ng/kg/j)	0,454219	0,45	0,49	0,14	31	31	29
Ag (µg/kg/j)		1,35	1,68	1,36		101	81
Al (µg/kg/j)	142,857	36,12	38,29	32,78	23	91	86
AN (ng/kg/j)		1,04	1,15	0,96		92	83
As inorganique (µg/kg/j)	0,43161	0,43	0,53	0,43	100	100	81
As organique (µg/kg/j)		0,16	0,2	0,17		104	84
Ba (µg/kg/j)	200	6,16	6,54	8,83	4	143	135
BcFL (ng/kg/j)		0,26	0,28	0,15		59	55
BDE-209 (ng/kg/j)	0,316157	0,32	0,37	0,32	100	100	85
BghiP (ng/kg/j)		0,39	0,43	0,33		85	77
Biochanine A (ng/kg/j)		0,00	2,04	0,60			29
BjF (ng/kg/j)		0,14	0,16	0,09		62	54
BkF (ng/kg/j)		0,11	0,13	0,06		57	50
BPA (µg/kg/j)	0,083	0,04	0,05	0,06	67	134	112
Cd (µg/kg/j)	0,357143	0,15	0,16	0,13	37	85	82
Co (µg/kg/j)	1,6	0,18	0,19	0,15	9	82	78
Coumestrol (ng/kg/j)		7,46	18,37	40,17		538	219
CPP (ng/kg/j)		0,41	0,44	0,26		63	60
CrIII (µg/kg/j)	300	3,95	4,08	3,61	1	91	88
CrVI (µg/kg/j)	0,496725	0,50	0,53	0,50	100	100	94
Daidzeine (ng/kg/j)		68,98	2252,04	293,29		425	13
DAS (ng/kg/j)		8,58	9,15	8,57		100	94
DbaeP (ng/kg/j)		0,12	0,13	0,07		54	50
DBahA (ng/kg/j)		0,07	0,07	0,04		55	56
DbahP (ng/kg/j)		0,11	0,12	0,08		73	65
DbaiP (ng/kg/j)		0,11	0,12	0,08		73	65
DbalP (ng/kg/j)		0,13	0,14	0,07		58	53
Dioxines et furanes (pg TEQ05/kg/j)		0,15	0,16	0,15		103	94
Dioxines, furanes et PCB-DL (pg TEQ05/kg/j)	0,7	0,36	0,41	0,42	60	117	102
DOM1 (ng/kg/j)		8,24	8,8	7,51		91	85
DON315 (ng/kg/j)	1000	415,98	441,66	303,59	30	73	69
Entérolactone (ng/kg/j)		10,35	57	15,36		148	27
Equol (ng/kg/j)		7,98	47,6	25,02		314	53
FA (ng/kg/j)		2,99	3,17	2,08		69	65
FB1+FB2 (ng/kg/j)	2000	23,12	28,57	21,82	1	94	76
Formononétine (ng/kg/j)		0,00	14,42	0,46			3
FusX (ng/kg/j)		8,58	9,15	8,57		100	94
Ga (µg/kg/j)		0,02	0,02	0,02		91	79
Ge (µg/kg/j)		0,05	0,06	0,04		75	64
Génistéine (ng/kg/j)		52,96	3092,04	330,32		624	11
Glycitéine (ng/kg/j)		11,23	498,17	41,09		366	8
HAP4 (ng/kg/j)	1,34052	1,34	1,5	0,82	61	61	55
HBCD (ng/kg/j)	0,155667	0,16	0,21	0,44	286	286	212
Hg inorganique (µg/kg/j)	0,571429	0,09	0,09	0,08	14	90	89
IP (ng/kg/j)		0,17	0,19	0,12		67	61
Li (µg/kg/j)		0,49	0,66	0,42		85	64
MAS (ng/kg/j)		8,58	9,15	7,51		87	82
Matairésinol (ng/kg/j)		0,00	19,95	0,37			2
MCH (ng/kg/j)		0,12	0,12	0,06		49	50
MeHg (µg/kg/j)	0,185714	0,00	0,02	0,01	5	375	46

Substance (unité)	Contrainte toxicologique	Exposition médiane EAT2	Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2
Mo (µg/kg/j)		1,34	1,43	1,82		136	127
Ni (µg/kg/j)	2,8	2,28	2,38	2,56	92	112	108
Niv (ng/kg/j)	1200	28,02	31,61	35,22	3	126	111
OTA (ng/kg/j)	17,1429	1,02	1,08	1,13	7	111	105
OTB (ng/kg/j)		0,81	0,85	1,09		135	128
Pat (ng/kg/j)	400	8,85	10,14	17,90	4	202	176
Pb (µg/kg/j)	0,194746	0,19	0,21	0,17	89	89	82
PBB (ng/kg/j)	0,0086457	0,01	0,01	0,01	62	62	54
PBDE (7) (ng/kg/j)	10	0,15	0,21	0,31	3	200	148
PCB indicateurs (6) (pg/kg/j)	10000	1337,46	1821,97	2337,69	23	175	128
PCB-DL (pg TEQ05/kg/j)		0,22	0,25	0,27		125	108
PFBA (ng/kg/j)		1,29	1,35	1,23		96	91
PFBS (ng/kg/j)		0,56	0,61	0,57		102	94
PFDA (ng/kg/j)		0,16	0,17	0,16		99	91
PFDoA (ng/kg/j)		0,32	0,4	0,34		106	84
PFDS (ng/kg/j)		0,17	0,2	0,16		100	82
PFHpA (ng/kg/j)		0,35	0,38	0,36		104	95
PFHpS (ng/kg/j)		0,31	0,35	0,31		100	89
PFHxA (ng/kg/j)		0,40	0,45	0,38		96	85
PFHxS (ng/kg/j)		0,18	0,2	0,17		96	87
PFNA (ng/kg/j)		0,23	0,25	0,23		104	94
PFOA (ng/kg/j)	200	0,33	0,38	0,38	0,2	116	101
PFOS (ng/kg/j)	80	0,34	0,36	0,28	0,3	82	77
PFPA (ng/kg/j)		0,75	0,78	0,57		76	73
PFTeDA (ng/kg/j)		0,89	1,08	1,03		116	96
PFTrDA (ng/kg/j)		0,55	0,62	0,71		130	114
PFUnA (ng/kg/j)		1,51	1,67	1,28		85	76
PHE (ng/kg/j)		10,20	11,2	8,00		78	71
PY (ng/kg/j)		6,86	7,25	4,72		69	65
Sb (µg/kg/j)		0,03	0,03	0,02		58	55
Sécoisolaricirésinol (ng/kg/j)		83,23	157,62	254,94		306	162
Sn (µg/kg/j)		1,25	3,72	4,80		384	129
Sr (µg/kg/j)	600	16,84	20,36	20,10	3	119	99
Te (µg/kg/j)		0,03	0,04	0,02		73	61
Toxines T2+HT2 (ng/kg/j)	60	31,66	34,08	35,58	59	112	104
V (µg/kg/j)		0,85	0,9	0,59		69	65
Verrucarol (ng/kg/j)		8,19	8,72	7,51		92	86
Zéaralénone et métabolites (ng/kg/j)	250	64,86	67,8	68,57	27	106	101

Les valeurs rouges représentent les valeurs supérieures à 100 %.



### Annexe 13. Niveaux d'exposition aux pesticides après optimisation selon le scénario C2 chez les hommes (substances dont l'exposition est supérieure à 10% de la VTR)

Pesticide	Statut UE *	VTR (µg/kg pc/j)	Exposition médiane EAT2 (µg/kg pc/j)	Exposition moyenne EAT2 (µg/kg pc/j)	Exposition totale (µg/kg pc/j)	% VTR	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	plans de surveillance et de contrôle FR : pourcentages de détection et contributeurs				
									2010	2011	2012	2013	
<i>Carbofuran (sum)</i>	NA	0,15	0,06	0,06	0,08	55,0	135,5	128,1	0,1	0,1	0,3	0,2	Poivrons et piments (1-2%), tomates (1-3%), haricots verts (1%)
<i>Chlorfenvinphos</i>	NA	0,5	0,05	0,06	0,07	13,3	126,2	119,1	0,1	0,02	0	0	-
<b>Chlorpyrifos-éthyl</b>	<b>A</b>	<b>1</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,11</b>	<b>11,0</b>	<b>176,6</b>	<b>157,6</b>	<b>4,2</b>	<b>4,6</b>	<b>5,3</b>	<b>5,7</b>	<b>Fruits et légumes (1-50% agrumes), thé (2-20%)</b>
<i>Coumaphos</i>	NA	0,5	0,02	0,03	0,07	13,3	333,8	255,0	0	0	0	0	-
<i>Diazinon</i>	NA	0,2	0,06	0,07	0,08	38,6	122,3	117,2	0	0,02	0,1	0,1	Aubergines et poivrons (<1%)
<i>Dieldrine (sum)</i>	POP	0,1	0,13	0,14	0,01	11,4	8,8	8,1	0,04	0,7	0,6	0,4	Produits de la mer et d'eau douce (14-20%), courgettes (0-2%)
<b>Diméthoate (sum)</b>	<b>A</b>	<b>1</b>	<b>0,55</b>	<b>0,61</b>	<b>0,72</b>	<b>72,5</b>	<b>131,0</b>	<b>119,5</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>1,0</b>	<b>2,4</b>	<b>Fruits et légumes (1% fraises à 50% cerises), thé (1-3%)</b>
<b>Dithiocarbamates</b>	<b>A</b>	<b>6</b>	<b>0,80</b>	<b>0,85</b>	<b>1,28</b>	<b>21,4</b>	<b>161,0</b>	<b>151,8</b>	<b>9,9</b>	<b>6,2</b>	<b>9,5</b>	<b>9,5</b>	<b>Salades (20-35%)</b>
<i>Ethoprophos</i>	A	0,4	0,09	0,10	0,12	30,1	131,5	121,0	0	0	0	0	-
<i>Fipronil (sum)</i>	A	0,2	0,02	0,02	0,04	18,8	223,6	196,4	0,03	0	0,2	0,3	Poivrons et piments (1%)
<i>Heptachlor (sum)</i>	POP	0,1	0,12	0,13	0,01	13,8	11,7	11,0	0	0,3	0,1	0,4	Bovins (1%), concombre (n=1/62) (2013 uniquement)
<i>Lindane (HCH-gamma)</i>	POP	0,01	0,09	0,090	0,01	95,4	11,1	10,6	0	0,1	0,04	0,1	Produits de la mer et d'eau douce (0,5-2%)
<i>Méthamidophos</i>	NA	1	0,16	0,17	0,22	22,3	140,4	128,4	0	0,2	0,3	0,2	Gombos (5-8%)
<i>Méthidathion</i>	NA	1	0,11	0,12	0,11	11,2	100,1	94,3	0,2	0,1	0,1	0,1	Pamplemousses, oranges (1-6%)
<i>Monocrotophos</i>	NA	0,6	0,14	0,16	0,18	30,7	128,1	115,4	0	0,03	0,3	0	-
<i>Parathion (sum)</i>	NA	0,6	0,17	0,17	0,22	36,7	132,2	127,9	0	0	0	0	-
<i>Phorate (sum)</i>	NA	0,7	0,36	0,37	0,49	69,5	136,7	130,1	0	0	0	0	-
<i>Quinalphos</i>	NA	0,5	0,12	0,13	0,14	28,5	116,5	109,7	0	0	0	0	-
<i>Terbufos</i>	NA	0,6	0,04	0,04	0,07	12,1	194,7	184,4	0	0	0	0	-

\* Règlement (CE) n°1107/2009 A : approuvée ; NA : non approuvée (en italique) \*\* DéTECTÉE au moins 2 années et parmi plus de 100 analyses par denrée

## Annexe 14. Définition de la taille des portions

Dans le cadre de la révision des repères de consommations alimentaires, de nouvelles quantités d'aliments sont proposées comme repères de consommations pour différents sous-groupes d'aliments. Pour être exprimées de façon simple et claire, ces quantités doivent être traduites en un nombre donné de portions. L'objectif de ce chapitre est de déterminer la taille d'une portion habituelle des différents sous-groupes alimentaires.

Les données de consommation utilisées proviennent de l'étude INCA2 décrite dans la partie 5.5.1.

### **Méthode**

L'estimation des tailles de portions a été réalisée pour chacun des 32 sous-groupes d'aliments issus du travail de catégorisation des aliments décrit dans la partie 5.2.2 (cf. Tableau 25). Ces sous-groupes sont également regroupés en 10 groupes d'aliments.

Une portion alimentaire a été définie comme la quantité totale consommée (en g) lors d'un acte de consommation, soit une ligne de carnet de consommation INCA2. Ainsi, par exemple, 3 biscuits consommés au cours de 3 repas différents correspondent à 3 portions de biscuits (3 lignes de carnet différentes) alors que 3 biscuits consommés durant un seul acte de consommation (1 ligne de carnet) correspondent à une seule portion.

Comme pour les autres chapitres, deux populations ont été considérées : les femmes âgées de 18 à 54 ans et les hommes âgés de 18 à 64 ans. Les estimations ont donc été réalisées pour chacune de ces populations mais également en considérant l'ensemble de l'échantillon adulte (femmes 18-54 ans et hommes 18-64 ans).

### **Résultats**

Après avoir vérifié que les moyennes des tailles de portions étaient statistiquement différentes entre les populations masculines et féminines, une analyse des distributions des tailles de portions a été réalisée séparément chez les hommes et les femmes. Compte tenu des courbes de distribution observées, une démarche au cas par cas a été menée en vue de déterminer une taille de portion représentative des tailles réellement consommées. Selon la forme des distributions, le mode ou la médiane ont été considérés plus pertinents et représentatifs des pratiques que la moyenne. Pour les boissons sucrées de type soda, la taille du contenant commercial a été choisie (33 cL).

Dans certains cas, la distribution était bimodale, liée au fait que le sous-groupe pouvait être consommé en entrée ou en plat, dans des proportions différentes. Il s'est ainsi avéré nécessaire de distinguer les tailles de portion selon les occasions de consommation (en entrée ou en plat). C'est le cas des légumes, des produits amidonnés transformés salés/gras (comme les chips ou les frites), des poissons (comme le saumon fumé ou la darne de saumon).

Dans d'autres cas, la distribution bimodale ou multimodale peut s'expliquer par le fait que certains individus consomment une portion tandis que d'autres en consomment 2 ou plus. Dans ce cas, les modes sont des multiples et la portion retenue est la plus petite. Cela explique que les tailles de portions retenues sont souvent identiques chez les hommes et les femmes (82 %) alors que les quantités moyennes sont majoritairement supérieures chez les hommes. Pour quelques sous-groupes, les portions sont plus grandes chez les hommes. C'est le cas notamment du pain, du fromage et des produits amidonnés transformés salés/gras consommés en plat (Tableau 38).

**Tableau 38. Taille de portions des sous-groupes pour les hommes et les femmes et selon les occasions de consommation le cas échéant.**

Sous-groupes	Occasion de consommation	Taille portion homme (g)	Taille portion femme (g)
Légumes	En entrée	50	50
	En plat	100	100
Fruits frais	-	150	150
Fruits secs	-	20	20
Fruits transformés : compotes et fruits cuits	-	100	100
Oléagineux	-	15	15
Pain et produits de panification raffinés	-	<b>60</b>	<b>50</b>
Pain et produits de panification complets	-	<b>60</b>	<b>50</b>
Autres féculents raffinés	-	100	100
Autres féculents complets	-	100	100
Produits à base d'amidon, transformés sucrés/gras	-	50	50
Produits à base d'amidon, transformés salés/gras	En plat	<b>100</b>	<b>50</b>
	En apéritif	20	20
Légumineuses	-	100	100
Volaille	-	130	130
Viande hors volaille	-	130	130
Charcuterie	-	50	50
Poissons gras	En entrée	<b>40</b>	<b>20</b>
	En plat	110	110
Autres poissons	En entrée	40	40
	En plat	100	100
Œufs	-	50	50
Lait	-	250	250
Produits laitiers frais nature	-	125	125
Produits laitiers frais sucrés	-	125	125
Desserts sucrés lactés	-	<b>125</b>	<b>100</b>
Fromages	-	<b>45</b>	<b>30</b>
Beurre et beurres allégés	-	10	10
Huiles végétales riches en ALA	-	10	10
Huiles végétales pauvres en ALA et margarines	-	10	10
Sauces, crèmes fraîches et condiments	-	15	15
Produits sucrés	-	15	15
Boissons sucrées de type soda	-	330	330
Jus de fruits	-	150	150

## Annexe 15. Apports nutritionnels obtenus après optimisation d'après le scénario A1 chez les femmes de besoin en fer élevé

Nutriment	Apport en valeur absolue	Contrainte nutritionnelle inférieure	Contrainte nutritionnelle supérieure	Déviations par rapport à la contrainte nutritionnelle inférieure (%)	Déviations par rapport à la contrainte nutritionnelle supérieure (%)
Apport énergétique total (AET) (kcal)	2205	1995	2205	111	100
Vitamine A (µg)	1631	650	3000	251	54
<b>Vitamine B1 (mg/kcal)</b>	<b>0,00058</b>	<b>0,00058</b>	-	100	-
Vitamine B2 (mg/kcal)	0,00086	0,00071	-	121	-
<b>Vitamine B3 (mg/kcal)</b>	<b>0,0067</b>	<b>0,0067</b>	-	100	-
Vitamine B5 (mg)	7,5	-	-	-	-
Vitamine B6 (mg)	1,9	1,5	25	126	8
Vitamine B9 (µg)	678	330	-	205	-
Vitamine B12 (µg)	5,8	4	-	146	-
Vitamine C (mg)	114	110	-	104	-
Vitamine D (µg)	6,8	15	50	45	14
Vitamine E (mg)	19	-	300	-	6
<b>Calcium (mg)</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	2500	100	40
Cuivre (mg)	3,1	1	5	307	61
<b>Fer (mg)</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	-	101	-
<b>Iode (µg)</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	600	100	25
Magnésium (mg)	462	360	-	128	-
Manganèse (mg)	5,6	-	-	-	-
Phosphore (mg)	1767	700	-	252	-
Potassium (mg)	3854	-	-	-	-
Sélénium (µg)	109	70	300	156	36
Sodium (mg)	2273	-	2273	-	100
<b>Zinc (mg)</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	25	100	44
Eau (g)	2100	1900	2100	111	100
Protéines (% AET)	17	10	20	174	87
<b>Lipides (% AET)</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	40	100	88
AGS (% AET)	9,4	-	12	-	78
Acides laurique + myristique + palmitique (% AET)	6,5	-	8	-	81
Acide linoléique (% AET)	4,9	4	-	122	-
<b>Acide α-linolénique (% AET)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	-	100	-
EPA+DHA (mg)	934	500	-	187	-
Glucides (% AET)	43	40	55	108	79
Sucres totaux hors lactose (g)	32	-	100	-	32
Fibres (g)	40	30	-	134	-

## Annexe 16. Apports nutritionnels obtenus après optimisation d'après les scénarios B2 et B6 chez les femmes de faible besoin en fer

Nutriment	Scénario B2	Scénario B6			Scénario B2		Scénario B6	
	Apport en valeur absolue	Apport en valeur absolue	contrainte nutritionnelle inférieure	contrainte nutritionnelle supérieure	Déviations par rapport à la contrainte nutritionnelle inférieure (%)	Déviations par rapport à la contrainte nutritionnelle supérieure (%)	Déviations par rapport à la contrainte nutritionnelle inférieure (%)	Déviations par rapport à la contrainte nutritionnelle supérieure (%)
Apport énergétique total (AET) (kcal)	2039	2123	1995	2205	102	92	106	96
Vitamine A (µg)	822	809	650	3000	127	27	124	27
Vitamine B1 (mg/kcal)	0,00059	0,00060	0,00058	-	102	-	103	-
Vitamine B2 (mg/kcal)	0,00096	0,00095	0,00071	-	135	-	134	-
Vitamine B3 (mg/kcal)	0,0088	0,0084	0,0067	-	131	-	125	-
Vitamine B5 (mg)	5,9	6,1	-	-	-	-	-	-
Vitamine B6 (mg)	2,1	2,1	1,5	25	140	8	143	9
Vitamine B9 (µg)	379	417	330	-	115	-	127	-
Vitamine B12 (µg)	6,5	5,6	4	-	162	-	140	-
<b>Vitamine C (mg)</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	-	100	-	100	-
Vitamine D (µg)	3,4	3,5	15	50	23	7	24	7
Vitamine E (mg)	14	14	-	300	-	5	-	5
Calcium (mg)	1058	1095	1000	2500	106	42	110	44
Cuivre (mg)	2	2,0138	1	5	190	38	201	40
<b>Fer (mg)</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	-	100	-	110	-
<b>Iode (µg)</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	600	100	25	100	25
Magnésium (mg)	378	403	360	-	105	-	112	-
Manganèse (mg)	4,6	4,9	-	-	-	-	-	-
Phosphore (mg)	1526	1589	700	-	218	-	227	-
Potassium (mg)	3408	3514	-	-	-	-	-	-
Sélénium (µg)	83	78	70	300	119	28	111	26
Sodium (mg)	2010	2072	-	2273	-	88	-	91
<b>Zinc (mg)</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	25	100	44	100	44

Nutriment	Scénario B2	Scénario B6			Scénario B2		Scénario B6	
	Apport en valeur absolue	Apport en valeur absolue	contrainte nutritionnelle inférieure	contrainte nutritionnelle supérieure	Déviations par rapport à la contrainte nutritionnelle inférieure (%)	Déviations par rapport à la contrainte nutritionnelle supérieure (%)	Déviations par rapport à la contrainte nutritionnelle inférieure (%)	Déviations par rapport à la contrainte nutritionnelle supérieure (%)
Eau (g)	2080	2100	1900	2100	109	99	111	100
Protéines (% AET)	17	16	10	20	169	84	165	82
<b>Lipides (% AET)</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	40	100	88	100	88
AGS (% AET)	11	11	-	12	-	94	-	92
Acides laurique + myristique + palmitique (% AET)	7	7	-	8	-	92	-	91
Acide linoléique (% AET)	5	5	4	-	116	-	124	-
<b>Acide <math>\alpha</math>-linoléique (% AET)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	-	100	-	100	-
<b>EPA+DHA (mg)</b>	<b>500</b>	<b>500</b>	<b>500</b>	-	100	-	100	-
Glucides (% AET)	45	45	40	55	112	82	113	82
Sucres totaux hors lactose (g)	84	86	-	100	-	84	-	86
<b>Fibres (g)</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	-	85	-	100	-



## Annexe 17. Niveaux d'exposition aux additifs hors pesticides après optimisation selon les scénarios chez les femmes avec des besoins en fer bas

Substance (unité)	DJA	Exposition médiane EAT2	Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	Scénario B2			Scénario B6			
					% DJA	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% DJA	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2
Acide tartrique (mg/kg/j)	30	0,03	0,06	0,06	0,2	186	105	0,08	0,3	231	131
Nitrites (µg/kg/j)	60	1,21	1,39	0,10	0,2	8	7	0,09	0,2	8	7
rocou (µg/kg/j)	65	0,84	1,12	0,76	1	90	68	0,75	1	89	67
sulfites (mg/kg/j)	0,7	0,05	0,10	0,03	5	60	32	0,03	5	61	33

DJA, dose journalière admissible

## Annexe 18. Niveaux d'exposition aux contaminants hors pesticides après optimisation selon les scénarios chez les femmes avec des besoins en fer bas

Substance (unité)	Contrainte toxicologique	Exposition médiane EAT2	Exposition moyenne EAT2	Scénario B2			Scénario B6				
				Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2
Acrylamide (ng/kg/j)	339,469	339,47	446,23	315,96	93	93	71	316,56	93	93	71
Aflatoxines (ng/kg/j)	0,404236	0,40	0,43	0,05	12	12	12	0,05	12	12	12
Ag (µg/kg/j)		1,43	1,72	1,82		127	106	1,69		118	98
Al (µg/kg/j)	142,857	38,72	42,18	42,37	30	109	100	46,14	32	119	109
AN (ng/kg/j)		0,96	1,01	0,89		93	88	0,88		92	87
As inorganique (µg/kg/j)	0,506682	0,51	0,61	0,93	183	183	152	0,78	153	153	127
As organique (µg/kg/j)		0,18	0,23	0,38		209	165	0,32		173	137
Ba (µg/kg/j)	200	6,02	6,30	8,45	4	140	134	9,51	5	158	151
BcFL (ng/kg/j)		0,25	0,26	0,17		68	66	0,17		66	64
BDE-209 (ng/kg/j)	0,303109	0,30	0,34	0,27	89	89	79	0,27	88	88	78
BghiP (ng/kg/j)		0,37	0,41	0,41		111	100	0,39		105	94
Biochanine A (ng/kg/j)		0,00	6,66	21,60			324	65,46			983
BjF (ng/kg/j)		0,13	0,16	0,17		129	107	0,13		101	83
BkF (ng/kg/j)		0,11	0,13	0,13		118	98	0,10		92	76
BPA (µg/kg/j)	0,083	0,04	0,04	0,06	76	160	158	0,07	90	189	186
Cd (µg/kg/j)	0,357143	0,14	0,15	0,17	48	120	114	0,17	48	121	114
Co (µg/kg/j)	1,6	0,17	0,18	0,18	11	106	102	0,20	13	116	112
Coumestrol (ng/kg/j)		9,37	32,85	56,25		600	171	56,25		600	171
CPP (ng/kg/j)		0,39	0,42	0,32		83	77	0,31		81	75
CrIII (µg/kg/j)	300	3,73	3,85	4,10	1	110	106	4,22	1	113	109
CrVI (µg/kg/j)	0,509611	0,51	0,56	0,55	108	108	98	0,56	110	110	100
Daidzeine (ng/kg/j)		85,60	3632,05	2399,69		2803	66	7085,48		8277	195
DAS (ng/kg/j)		7,46	7,82	8,44		113	108	8,44		113	108
DbæP (ng/kg/j)		0,11	0,12	0,08		69	66	0,08		67	64
DBahA (ng/kg/j)		0,07	0,07	0,04		65	63	0,04		61	59
DbahP (ng/kg/j)		0,10	0,11	0,08		81	76	0,08		79	75
DbaiP (ng/kg/j)		0,10	0,11	0,09		82	77	0,08		80	76

Substance (unité)	Contrainte toxicologique	Exposition médiane EAT2	Exposition moyenne EAT2	Scénario B2			Scénario B6				
				Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2
DbalP (ng/kg/j)		0,12	0,13	0,08		71	65	0,08		70	64
DIOX05 (pg TEQ05/kg/j)		0,14	0,15	0,17		120	113	0,17		121	113
Dioxines, furanes et PCB-DL (pg TEQ05/kg/j)	0,7	0,34	0,40	0,51	73	150	128	0,51	73	151	129
DOM1 (ng/kg/j)		7,27	7,57	7,60		105	100	7,61		105	101
DON315 (ng/kg/j)	1000	336,28	357,17	297,45	30	88	83	296,73	30	88	83
Entérolactone (ng/kg/j)		15,91	70,37	216,70		1362	308	225,56		1418	321
Equol (ng/kg/j)		12,97	58,78	183,00		1411	311	198,16		1527	337
FA (ng/kg/j)		2,81	3,00	2,21		79	74	2,08		74	69
FB1+FB2 (ng/kg/j)	2000	17,21	23,25	11,67	1	68	50	11,13	1	65	48
Formononétine (ng/kg/j)		0,19	24,75	30,44		15665	123	64,50		33198	261
FusX (ng/kg/j)		7,46	7,82	8,44		113	108	8,44		113	108
Ga (µg/kg/j)		0,02	0,02	0,02		100	93	0,02		101	94
Ge (µg/kg/j)		0,05	0,06	0,04		83	74	0,04		83	74
Génistéine (ng/kg/j)		65,64	4907,47	3097,19		4719	63	9292,42		14157	189
Glycitéine (ng/kg/j)		13,90	704,40	446,83		3214	63	1249,66		8988	177
HAP4 (ng/kg/j)	1,30359	1,30	1,48	1,29	99	99	87	1,09	83	83	73
HBCD (ng/kg/j)	0,137901	0,14	0,18	1,61	1167	1167	894	1,64	1192	1192	913
Hg inorganique (µg/kg/j)	0,571429	0,10	0,10	0,10	17	101	97	0,10	17	101	96
IP (ng/kg/j)		0,17	0,19	0,16		96	87	0,15		86	78
Li (µg/kg/j)		0,61	0,73	0,44		72	61	0,47		77	64
MAS (ng/kg/j)		7,77	8,12	7,60		98	94	7,61		98	94
Matairésinol (ng/kg/j)		0,00	25,98	18,03			69	45,52			175
MCH (ng/kg/j)		0,11	0,11	0,05		51	50	0,05		49	48
MeHg (µg/kg/j)	0,185714	0,01	0,02	0,04	21	731	199	0,03	14	494	135
Mo (µg/kg/j)		1,24	1,34	1,94		156	145	2,82		227	210
Ni (µg/kg/j)	2,8	2,19	2,33	2,75	98	126	118	3,21	115	147	138
Niv (ng/kg/j)	1200	21,93	25,13	32,03	3	146	127	32,00	3	146	127
OTA (ng/kg/j)	17,1429	0,90	0,95	1,07	6	120	113	1,07	6	119	113
OTB (ng/kg/j)		0,73	0,77	1,01		138	131	1,01		138	131

Substance (unité)	Contrainte toxicologique	Exposition médiane EAT2	Exposition moyenne EAT2	Scénario B2			Scénario B6				
				Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2
Pat (ng/kg/j)	400	9,30	11,01	15,41	4	166	140	15,29	4	164	139
Pb (µg/kg/j)	0,174303	0,17	0,19	0,20	117	117	107	0,21	122	122	112
PBB (ng/kg/j)	0,0085212	0,01	0,01	0,01	67	67	57	0,01	70	70	59
PBDE (7) (ng/kg/j)	10	0,14	0,21	0,34	3	248	163	0,38	4	279	183
PCB indicateurs (6) (pg/kg/j)	10000	1256,39	1822,04	3080,69	31	245	169	3182,68	32	253	175
PCB-DL (pg TEQ05/kg/j)		0,20	0,25	0,34		173	138	0,34		173	138
PFBA (ng/kg/j)		1,23	1,29	1,73		140	134	1,89		153	146
PFBS (ng/kg/j)		0,55	0,59	0,81		148	137	0,90		165	152
PFDA (ng/kg/j)		0,17	0,18	0,29		171	159	0,30		178	166
PFDoA (ng/kg/j)		0,35	0,45	0,81		229	179	0,85		241	188
PFDS (ng/kg/j)		0,19	0,21	0,37		199	177	0,38		206	182
PFHpA (ng/kg/j)		0,38	0,44	0,63		164	142	0,66		173	150
PFHpS (ng/kg/j)		0,32	0,37	0,53		168	144	0,56		177	152
PFHxA (ng/kg/j)		0,41	0,47	0,73		177	155	0,78		189	165
PFHxS (ng/kg/j)		0,19	0,21	0,30		161	144	0,32		172	155
PFNA (ng/kg/j)		0,23	0,25	0,41		177	163	0,44		192	177
PFOA (ng/kg/j)	200	0,35	0,40	0,58	0,3	168	145	0,66	0,3	192	166
PFOS (ng/kg/j)	80	0,34	0,35	0,50	1	148	142	0,51	1	151	145
PFPA (ng/kg/j)		0,72	0,75	0,99		137	132	1,06		147	141
PFTeDA (ng/kg/j)		1,04	1,18	2,08		200	177	2,15		206	182
PFTrDA (ng/kg/j)		0,63	0,67	0,95		151	141	0,98		156	146
PFUnA (ng/kg/j)		1,50	1,64	2,51		167	153	2,69		179	164
PHE (ng/kg/j)		9,07	9,83	7,40		82	75	7,17		79	73
PY (ng/kg/j)		6,44	6,76	4,78		74	71	4,58		71	68
Sb (µg/kg/j)		0,03	0,03	0,02		66	67	0,02		69	70
Sécoisolaricirésinol (ng/kg/j)		92,94	220,94	376,46		405	170	483,38		520	219
Sn (µg/kg/j)		1,36	3,56	5,15		378	145	5,19		381	146
Sr (µg/kg/j)	600	19,63	24,32	22,62	4	115	93	24,09	4	123	99
Te (µg/kg/j)		0,03	0,04	0,03		89	75	0,03		93	78
Toxines T2+HT2 (ng/kg/j)	60	27,58	28,64	33,84	56	123	118	33,81	56	123	118

Substance (unité)	Contrainte toxicologique	Exposition médiane EAT2	Exposition moyenne EAT2	Scénario B2			Scénario B6				
				Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2
V (µg/kg/j)		0,77	0,82	0,73		95	89	0,74		96	90
Verrucarol (ng/kg/j)		7,26	7,51	7,60		105	101	7,61		105	101
Zéaralénone et métabolites (ng/kg/j)	250	60,42	62,90	62,70	25	104	100	63,99	26	106	102

Les valeurs rouges représentent les valeurs supérieures à 100 %.

## Annexe 19. Niveaux d'exposition aux pesticides après optimisation selon les scénarios chez les femmes avec des besoins en fer bas (substances dont l'exposition est supérieure à 10 % de la VTR)

Pesticide	Statut UE *	VTR (µg/kg pc/j)	Exposition médiane EAT2 (µg/kg pc/j)	Exposition moyenne EAT2 (µg/kg pc/j)	Scénario B2				Scénario B6				Plans de surveillance et de contrôle FR : pourcentages de détection et contributeurs				
					Exposition totale (µg/kg pc/j)	% VTR	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale (µg/kg pc/j)	% VTR	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	2010	2011	2012	2013	Principaux contributeurs** et % détection
<i>Carbofuran (sum)</i>	NA	0,15	0,063	0,067	0,09	60,2	142,8	134,3	0,092	61,4	145,5	136,9	0,1	0,1	0,3	0,2	Poivrons et piments (1-2%), tomates (1-3%), haricots verts (1%)
<i>Chlorfenvinphos</i>	NA	0,5	0,054	0,059	0,071	14,3	131,8	121,0	0,073	14,5	134,1	123,1	0,1	0,02	0	0	-
<b>Chlorpyriphos-éthyl</b>	<b>A</b>	<b>1</b>	<b>0,068</b>	0,079	<b>0,126</b>	<b>12,6</b>	<b>184,4</b>	<b>160,6</b>	<b>0,127</b>	<b>12,7</b>	<b>186,2</b>	<b>162,1</b>	<b>4,2</b>	<b>4,6</b>	<b>5,3</b>	<b>5,7</b>	<b>Fruits et légumes (1-50% agrumes), thé (2-20%)</b>
<i>Coumaphos</i>	NA	0,5	0,026	0,031	0,078	15,6	300,2	253,8	0,078	15,6	300,2	253,8	0	0	0	0	-
<i>Diazinon</i>	NA	0,2	0,062	0,066	0,079	39,6	126,8	119,5	0,081	40,7	130,5	122,9	0	0,02	0,1	0,1	Aubergines et poivrons (<1%)
<i>Dieldrine (sum)</i>	POP	0,1	0,129	0,142	0,017	17,2	13,4	12,2	0,017	17,4	13,5	12,3	0,04	0,7	0,6	0,4	Produits de la mer et d'eau douce (14-20%), courgettes (0-2%)
<b>Diméthoate (sum)</b>	<b>A</b>	<b>1</b>	<b>0,572</b>	0,619	<b>0,72</b>	<b>72</b>	<b>125,9</b>	<b>116,3</b>	<b>0,725</b>	<b>72,5</b>	<b>126,8</b>	<b>117,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>1</b>	<b>2,4</b>	<b>Fruits et légumes (1% fraises à 50% cerises), thé (1-3%)</b>
<b>Dithiocarbamates</b>	<b>A</b>	<b>6</b>	<b>0,669</b>	0,712	<b>1,125</b>	<b>18,7</b>	<b>168</b>	<b>158,0</b>	<b>1,163</b>	<b>19,4</b>	<b>173,8</b>	<b>163,5</b>	<b>9,9</b>	<b>6,2</b>	<b>9,5</b>	<b>9,5</b>	<b>Salades (20-35%)</b>
<i>Ethoprophos</i>	A	0,4	0,095	0,103	0,123	30,7	129,2	119,3	0,125	31,3	131,4	121,4	0	0	0	0	-
<i>Fipronil (sum)</i>	A	0,2	0,018	0,019	0,04	20	227,2	206,2	0,041	20,6	234,5	212,9	0,03	0	0,2	0,3	Poivrons et piments (1%)
<i>Heptachlor (sum)</i>	POP	0,1	0,128	0,134	0,022	22,3	17,4	16,7	0,023	22,6	17,6	16,9	0	0,3	0,1	0,4	Bovins (1%), concombre (n=1/62) (2013 uniquement)
<b>Lindane (HCH-gamma)</b>	<b>POP</b>	<b>0,01</b>	<b>0,083</b>	<b>0,087</b>	<b>0,010</b>	<b>103,6</b>	<b>12,4</b>	<b>11,9</b>	<b>0,011</b>	<b>108,3</b>	<b>12,9</b>	<b>12,4</b>					<b>Produits de la mer et d'eau douce (0,5-2%)</b>
<i>Méthamidophos</i>	NA	1	0,168	0,182	0,227	22,7	135,5	124,7	0,228	22,8	136	125,2	0	0,2	0,3	0,2	Gombos/Camboux (5-8%)
<i>Méthidathion</i>	NA	1	0,11	0,119	0,113	11,3	102,5	94,7	0,118	11,8	107,5	99,4	0,2	0,1	0,1	0,1	Pamplemousses et oranges (1-6%)
<i>Monocrotophos</i>	NA	0,6	0,15	0,165	0,182	30,3	121,4	110,3	0,183	30,5	121,9	110,8	0	0,03	0,3	0	-
<i>Parathion (sum)</i>	NA	0,6	0,163	0,172	0,214	35,7	131,3	124,9	0,221	36,8	135,2	128,6	0	0	0	0	-
<i>Phorate (sum)</i>	NA	0,7	0,339	0,359	0,469	67	138,2	130,8	0,493	70,4	145,2	137,3	0	0	0	0	-
<i>Quinalphos</i>	NA	0,5	0,123	0,132	0,15	30	121,9	113,6	0,155	31	126,2	117,6	0	0	0	0	-
<i>Terbufos</i>	NA	0,6	0,038	0,041	0,081	13,6	215,8	197,8	0,084	14	222,7	204,1	0	0	0	0	-

\* Règlement (CE) n°1107/2009

A : approuvée ; NA : non approuvée (en italique)

\*\* DéTECTÉE au moins 2 années et parmi plus de 100 analyses par denrée



## Annexe 20. Apports nutritionnels obtenus après optimisation d'après les scénarios B3, B4 et B5 chez les femmes avec des besoins en fer élevés

Nutriment	Apport en valeur absolue Scénario B3	Apport en valeur absolue Scénario B4	Apport en valeur absolue Scénario B5	contrainte nutritionnelle inférieure	contrainte nutritionnelle supérieure
Apport énergétique total (AET) (kcal)	2205	2108	2091	1995	2205
Vitamine A (µg)	957	937	935	650	3000
Vitamine B1 (mg/kcal)	0,00072	0,00075	0,00075	0,00058	-
Vitamine B2 (mg/kcal)	0,00109	0,00108	0,00111	0,00071	-
Vitamine B3 (mg/kcal)	0,0119	0,0115	0,0118	0,0067	-
Vitamine B5 (mg)	7,6	6,9	7,1	-	-
Vitamine B6 (mg)	2,6	2,5	2,5	1,5	25
Vitamine B9 (µg)	431	423	424	330	-
Vitamine B12 (µg)	8,2	9,66	8,6	4	-
<b>Vitamine C (mg)</b>	<b>105</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	-
Vitamine D (µg)	4,2	5,7	5,2	15	50
Vitamine E (mg)	15	15	15	-	300
<b>Calcium (mg)</b>	<b>950</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	2500
Cuivre (mg)	2,2	2,0	2,0	1	5
<b>Fer (mg)</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	-
Iode (µg)	160	168	156	150	600
Magnésium (mg)	394	381	378	360	-
Manganèse (mg)	3,5	3,1	3,0	-	-
Phosphore (mg)	1695	1611	1603	700	-
Potassium (mg)	3701	3672	3669	-	-
Sélénium (µg)	106	108	96	70	300
Sodium (mg)	2141	2165	2056	-	2273
<b>Zinc (mg)</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	25
Eau (g)	2100	2100	2100	1900	2100
Protéines (% AET)	20	19	19	10	20
<b>Lipides (% AET)</b>	<b>35</b>	38	38	<b>35</b>	40
AGS (% AET)	11	12	12	-	12
Acides laurique + myristique + palmitique (% AET)	7,5	7,9	8,0	-	8
Acide linoléique (% AET)	4,5	5,0	5	4	
<b>Acide α-linolénique (% AET)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	-
<b>EPA+DHA (mg)</b>	<b>475</b>	854	745	500	-
Glucides (% AET)	42	40	40	40	55
<b>Sucres totaux hors lactose (g)</b>	<b>85</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	-	<b>100</b>
<b>Fibres (g)</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	-

## Annexe 21. Niveaux d'exposition aux additifs après optimisation selon les scénarios chez les femmes avec des besoins en fer hauts

Substance (unité)	DJA	Exposition médiane EAT2	Exposition moyenne EAT2	Scénario B3				Scénario B4				Scénario B5			
				Exposition totale en valeur absolue	% DJA	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% DJA	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% DJA	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2
Acide tartrique (mg/kg/j)	30	0,03	0,06	0,08	0,3	230	130	0,09	0,3	263	149	0,09	0,3	263	149
nitrites (µg/kg/j)	60	1,21	1,39	0,48	1	39	34	0,73	1	60	52	0,77	1	64	56
rocou (µg/kg/j)	65	0,84	1,12	0,77	1	92	69	2,62	4	313	234	2,61	4	311	233
Sulfites (mg/kg/j)	0,7	0,05	0,10	0,04	6	78	42	0,06	9	117	63	0,06	9	114	61

DJA, dose journalière admissible

## Annexe 22. Niveaux d'exposition aux contaminants hors pesticides après optimisation selon les scénarios chez les femmes avec des besoins en fer hauts

Substance (unité)	Contrainte toxicologique	Exposition médiane EAT2	Exposition moyenne EAT2	Scénario B3				Scénario B4				Scénario B5			
				Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2
Acrylamide (ng/kg/j)	339,469	339,47	446,23	99,09	29	29	22	98,60	29	29	22	100,06	29	29	22
Aflatoxines (ng/kg/j)	0,404236	0,40	0,43	0,08	20	20	19	0,08	21	21	20	0,11	28	28	26
Ag (µg/kg/j)		1,43	1,72	1,94		136	113	2,21		155	129	2,00		140	116
Al (µg/kg/j)	142,857	38,72	42,18	43,83	31	113	104	49,98	35	129	118	48,58	34	125	115
AN (ng/kg/j)		0,96	1,01	0,73		76	72	0,77		80	76	0,76		80	76
As inorganique (µg/kg/j)	0,506682	0,51	0,61	1,15	228	228	189	1,44	284	284	236	1,16	228	228	190
As organique (µg/kg/j)		0,18	0,23	0,48		262	207	0,60		329	260	0,48		262	207
Ba (µg/kg/j)	200	6,02	6,30	8,58	4	143	136	8,54	4	142	136	8,53	4	142	135
BcFL (ng/kg/j)		0,25	0,26	0,18		71	69	0,18		72	69	0,17		70	67
BDE-209 (ng/kg/j)	0,303109	0,30	0,34	0,26	85	85	76	0,34	112	112	100	0,36	118	118	106
BghiP (ng/kg/j)		0,37	0,41	0,27		74	66	0,27		75	67	0,25		68	62
Biochanine A (ng/kg/j)		0,00	6,66	33,38			501	65,46			983	65,46			983
BjF (ng/kg/j)		0,13	0,16	0,19		140	116	0,23		174	144	0,18		136	113
BkF (ng/kg/j)		0,11	0,13	0,14		127	106	0,17		158	131	0,13		124	103
BPA (µg/kg/j)	0,083	0,04	0,04	0,07	88	185	182	0,09	104	219	216	0,08	101	212	209
Cd (µg/kg/j)	0,357143	0,14	0,15	0,16	44	111	105	0,17	46	117	110	0,15	42	107	101
Co (µg/kg/j)	1,6	0,17	0,18	0,19	12	109	104	0,22	14	125	120	0,21	13	124	119
Coumestrol (ng/kg/j)		9,37	32,85	56,25		600	171	56,25		600	171	56,25		600	171
CPP (ng/kg/j)		0,39	0,42	0,29		74	68	0,28		71	66	0,27		69	64
CrIII (µg/kg/j)	300	3,73	3,85	4,17	1	112	108	4,09	1	110	106	4,11	1	110	107
CrVI (µg/kg/j)	0,509611	0,51	0,56	0,57	111	111	101	0,56	110	110	100	0,56	111	111	101

Substance (unité)	Contrainte toxicologique	Scénario B3			Scénario B4				Scénario B5						
		Exposition médiane EAT2	Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2				
Daidzeine (ng/kg/j)		85,60	3632,05	3675,38		4294	101	7100,54		8295	195	7102,11		8297	196
DAS (ng/kg/j)		7,46	7,82	7,58		102	97	5,92		79	76	5,87		79	75
DbaeP (ng/kg/j)		0,11	0,12	0,08		67	63	0,08		67	63	0,07		66	62
DBahA (ng/kg/j)		0,07	0,07	0,05		72	69	0,05		78	75	0,05		72	69
DbahP (ng/kg/j)		0,10	0,11	0,07		72	68	0,07		72	68	0,07		72	68
DbaiP (ng/kg/j)		0,10	0,11	0,08		73	70	0,08		74	70	0,08		74	70
DbalP (ng/kg/j)		0,12	0,13	0,08		64	58	0,08		64	58	0,07		63	58
DIOX05 (pg TEQ05/kg/j)		0,14	0,15	0,19		136	128	0,20		139	130	0,19		133	125
Dioxines, furanes et PCB-DL (pg TEQ05/kg/j)	0,7	0,34	0,40	0,60	86	177	151	0,63	89	183	157	0,58	83	170	145
DOM1 (ng/kg/j)		7,27	7,57	7,51		103	99	5,92		81	78	5,87		81	78
DON315 (ng/kg/j)	1000	336,28	357,17	228,96	23	68	64	142,79	14	42	40	141,18	14	42	40
Entérolactone (ng/kg/j)		15,91	70,37	226,75		1425	322	228,34		1435	324	228,64		1437	325
Equol (ng/kg/j)		12,97	58,78	202,01		1557	344	207,15		1597	352	208,11		1604	354
FA (ng/kg/j)		2,81	3,00	2,26		80	75	2,40		85	80	2,29		81	76
FB1+FB2 (ng/kg/j)	2000	17,21	23,25	4,94	0,2	29	21	6,18	0,3	36	27	6,24	0,3	36	27
Formononétine (ng/kg/j)		0,19	24,75	39,86		20516	161	64,50		33198	261	64,50		33198	261
FusX (ng/kg/j)		7,46	7,82	7,58		102	97	5,92		79	76	5,87		79	75
Ga (µg/kg/j)		0,02	0,02	0,02		102	94	0,02		94	88	0,02		94	87
Ge (µg/kg/j)		0,05	0,06	0,05		85	76	0,05		85	76	0,05		85	76
Génistéine (ng/kg/j)		65,64	4907,47	4767,04		7263	97	9299,90		14169	190	9300,69		14170	190
Glycitéine		13,90	704,40	665,61		4787	94	1251,58		9002	178	1251,78		9003	178

Substance (unité)	Contrainte toxicologique	Exposition médiane EAT2	Exposition moyenne EAT2	Scénario B3			Scénario B4				Scénario B5				
				Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2
(ng/kg/j)															
HAP4 (ng/kg/j)	1,30359	1,30	1,48	1,33	102	102	90	1,56	120	120	105	1,28	99	99	87
HBCD (ng/kg/j)	0,13790 1	0,14	0,18	1,53	1106	1106	847	1,55	1122	1122	860	1,57	1141	1141	874
Hg inorganique (µg/kg/j)	0,57142 9	0,10	0,10	0,10	17	104	99	0,10	18	106	101	0,10	17	103	98
IP (ng/kg/j)		0,17	0,19	0,14		81	73	0,15		88	79	0,13		76	69
Li (µg/kg/j)		0,61	0,73	0,45		74	62	0,42		68	57	0,41		67	57
MAS (ng/kg/j)		7,77	8,12	7,51		97	93	5,92		76	73	5,87		76	72
Matairésinol (ng/kg/j)		0,00	25,98	25,50			98	45,52			175	45,52			175
MCH (ng/kg/j)		0,11	0,11	0,05		48	47	0,06		51	50	0,05		51	50
MeHg (µg/kg/j)	0,18571 4	0,01	0,02	0,05	28	941	256	0,07	38	1307	356	0,05	28	941	256
Mo (µg/kg/j)		1,24	1,34	2,03		164	152	2,63		212	196	2,63		212	196
Ni (µg/kg/j)	2,8	2,19	2,33	2,80	100	128	120	3,26	116	149	140	3,27	117	149	140
Niv (ng/kg/j)	1200	21,93	25,13	30,25	3	138	120	15,51	1	71	62	15,09	1	69	60
OTA (ng/kg/j)	17,1429	0,90	0,95	1,00	6	112	105	0,81	5	90	85	0,83	5	92	87
OTB (ng/kg/j)		0,73	0,77	0,99		135	128	0,80		109	104	0,82		112	106
Pat (ng/kg/j)	400	9,30	11,01	15,17	4	163	138	13,34	3	143	121	13,24	3	142	120
Pb (µg/kg/j)	0,17430 3	0,17	0,19	0,19	111	111	102	0,21	121	121	111	0,21	118	118	108
PBB (ng/kg/j)	0,00852 12	0,01	0,01	0,01	89	89	76	0,01	88	88	75	0,01	83	83	71
PBDE (7) (ng/kg/j)	10	0,14	0,21	0,49	5	358	235	0,52	5	376	247	0,50	5	364	239
PCB indicateurs (6) (pg/kg/j)	10000	1256,39	1822,04	4151,29	42	330	228	4486,90	45	357	246	4115,08	41	328	226
PCB-DL (pg TEQ05/kg/j)		0,20	0,25	0,41		208	165	0,43		217	172	0,39		199	158
PFBA (ng/kg/j)		1,23	1,29	1,73		140	134	1,88		152	145	1,94		157	150
PFBS (ng/kg/j)		0,55	0,59	0,72		131	122	0,79		144	133	0,81		148	137

Substance (unité)	Contrainte toxicologique	Exposition médiane EAT2	Exposition moyenne EAT2	Scénario B3			Scénario B4				Scénario B5				
				Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2
PFDA (ng/kg/j)		0,17	0,18	0,26		157	146	0,27		164	153	0,28		167	155
PFDoA (ng/kg/j)		0,35	0,45	0,69		198	154	0,72		204	159	0,74		212	165
PFDS (ng/kg/j)		0,19	0,21	0,34		182	161	0,35		188	166	0,36		193	171
PFHpA (ng/kg/j)		0,38	0,44	0,60		157	136	0,63		166	144	0,64		168	146
PFHpS (ng/kg/j)		0,32	0,37	0,50		159	136	0,53		168	144	0,54		170	146
PFHxA (ng/kg/j)		0,41	0,47	0,69		167	146	0,73		176	155	0,74		181	158
PFHxS (ng/kg/j)		0,19	0,21	0,29		152	136	0,30		160	144	0,31		164	147
PFNA (ng/kg/j)		0,23	0,25	0,37		159	147	0,39		170	157	0,40		175	161
PFOA (ng/kg/j)	200	0,35	0,40	0,57	0,3	164	142	0,63	0,3	182	157	0,64	0,3	186	161
PFOS (ng/kg/j)	80	0,34	0,35	0,49	1	144	139	0,54	1	159	154	0,52	1	154	148
PFPA (ng/kg/j)		0,72	0,75	0,94		131	125	1,00		139	134	1,02		142	137
PFTeDA (ng/kg/j)		1,04	1,18	1,88		180	159	1,94		186	165	2,06		197	174
PFTrDA (ng/kg/j)		0,63	0,67	0,83		131	123	0,89		141	132	0,95		151	141
PFUnA (ng/kg/j)		1,50	1,64	2,37		157	144	2,53		168	154	2,60		173	159
PHE (ng/kg/j)		9,07	9,83	7,75		85	79	8,14		90	83	7,98		88	81
PY (ng/kg/j)		6,44	6,76	4,57		71	68	4,53		70	67	4,53		70	67
Sb (µg/kg/j)		0,03	0,03	0,02		70	71	0,02		71	72	0,02		71	71
Sécoisolariciré sinol (ng/kg/j)		92,94	220,94	413,46		445	187	483,07		520	219	482,57		519	218
Sn (µg/kg/j)		1,36	3,56	4,09		300	115	3,58		263	101	3,55		260	100
Sr (µg/kg/j)	600	19,63	24,32	23,22	4	118	95	25,54	4	130	105	24,58	4	125	101
Te (µg/kg/j)		0,03	0,04	0,03		83	69	0,03		83	69	0,03		83	69
Toxines T2+HT2 (ng/kg/j)	60	27,58	28,64	31,84	53	115	111	20,33	34	74	71	19,96	33	72	70



Substance (unité)	Contrainte toxicologique	Exposition médiane EAT2	Exposition moyenne EAT2	Scénario B3			Scénario B4			Scénario B5					
				Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale en valeur absolue	% contrainte toxicologique	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2
V (µg/kg/j)		0,77	0,82	0,71		93	87	0,68		89	83	0,66		87	81
Verrucarol (ng/kg/j)		7,26	7,51	7,51		103	100	5,92		82	79	5,87		81	78
Zéaralénone et métabolites (ng/kg/j)	250	60,42	62,90	61,28	25	101	97	48,51	19	80	77	49,63	20	82	79

## Annexe 23. Niveaux d'exposition aux pesticides après optimisation selon les scénarios chez les femmes avec des besoins en fer élevés (substances dont l'exposition est supérieure à 10 % de la VTR)

Pesticide	Statut UE *	VTR (µg/kg pc/j)	Exposition médiane EAT2 (µg/kg pc/j)	Exposition moyenne EAT2 (µg/kg pc/j)	Scénario B3				Scénario B4				Scénario B5			
					Exposition totale (µg/kg pc/j)	% VTR	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale (µg/kg pc/j)	% VTR	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2	Exposition totale (µg/kg pc/j)	% VTR	% Exposition médiane EAT2	% Exposition moyenne EAT2
<i>Carbofuran (sum)</i>	NA	0,15	0,063	0,067	0,090	60,3	143,0	134,5	0,088	58,7	139,1	130,9	0,088	58,7	139,3	131,0
<i>Chlorfenvinphos</i>	NA	0,5	0,054	0,059	0,071	14,3	132,0	121,2	0,070	14,0	129,4	118,8	0,070	14,0	129,7	119,1
<b>Chlorpyrifos-éthyl</b>	<b>A</b>	<b>1</b>	<b>0,068</b>	0,079	<b>0,126</b>	<b>12,6</b>	<b>184,6</b>	<b>160,8</b>	<b>0,118</b>	<b>11,8</b>	<b>172,4</b>	<b>150,2</b>	<b>0,118</b>	<b>11,8</b>	<b>172,0</b>	<b>149,8</b>
<i>Coumaphos (non détecté)</i>	NA	0,5	0,026	0,031	0,078	15,6	300,2	253,8	0,069	13,7	264,4	223,6	0,068	13,6	262,6	222,1
<i>Diazinon</i>	NA	0,2	0,062	0,066	0,079	39,5	126,5	119,2	0,076	38,1	122,0	115,0	0,077	38,3	122,6	115,6
<i>Dieldrine (sum)</i>	POP	0,1	0,129	0,142	0,018	18,5	14,3	13,0	0,019	19,3	15,0	13,6	0,020	19,8	15,4	14,0
<b>Diméthoate (sum)</b>	<b>A</b>	<b>1</b>	<b>0,572</b>	0,619	<b>0,725</b>	<b>72,5</b>	<b>126,8</b>	<b>117,1</b>	<b>0,710</b>	<b>71,0</b>	<b>124,2</b>	<b>114,6</b>	<b>0,710</b>	<b>71,0</b>	<b>124,3</b>	<b>114,7</b>
<b>Dithiocarbamates</b>	<b>A</b>	<b>6</b>	<b>0,669</b>	0,712	<b>1,036</b>	<b>17,3</b>	<b>154,8</b>	<b>145,6</b>	<b>0,827</b>	<b>13,8</b>	<b>123,5</b>	<b>116,2</b>	<b>0,818</b>	<b>13,6</b>	<b>122,3</b>	<b>115,0</b>
<i>Ethoprophos (non détecté)</i>	A	0,4	0,095	0,103	0,124	30,9	130,1	120,1	0,121	30,2	127,0	117,3	0,121	30,2	126,8	117,1
<i>Fipronil (sum)</i>	A	0,2	0,018	0,019	0,039	19,6	223,1	202,6	0,032	15,8	180,2	163,6	0,031	15,7	178,3	161,8
<i>Heptachlor (sum)</i>	POP	0,1	0,128	0,134	0,024	24,0	18,7	17,9	0,025	25,0	19,5	18,7	0,025	25,4	19,8	19,0
<b>Lindane (HCH-gamma)</b>	<b>POP</b>	<b>0,01</b>	<b>0,083</b>	<b>0,087</b>	<b>0,014</b>	<b>142,0</b>	<b>17,0</b>	<b>16,3</b>	<b>0,015</b>	<b>146,9</b>	<b>17,6</b>	<b>16,8</b>	<b>0,015</b>	<b>154,5</b>	<b>18,5</b>	<b>17,7</b>
<i>Méthamidophos</i>	NA	1	0,168	0,182	0,230	23,0	137,1	126,2	0,226	22,6	134,9	124,2	0,226	22,6	134,9	124,2
<i>Méthidathion</i>	NA	1	0,11	0,119	0,112	11,2	102,4	94,7	0,115	11,5	104,4	96,5	0,115	11,5	104,8	96,9
<i>Monocrotophos</i>	NA	0,6	0,15	0,165	0,185	30,9	123,5	112,2	0,186	30,9	123,7	112,5	0,186	31,0	123,9	112,6
<i>Parathion (sum) (non détecté)</i>	NA	0,6	0,163	0,172	0,217	36,1	132,7	126,3	0,208	34,6	127,3	121,1	0,211	35,2	129,3	123,0
<i>Phorate (sum) (non détecté)</i>	NA	0,7	0,339	0,359	0,464	66,3	136,8	129,4	0,408	58,3	120,3	113,8	0,410	58,5	120,7	114,2
<i>Quinalphos (non détecté)</i>	NA	0,5	0,123	0,132	0,149	29,9	121,4	113,2	0,147	29,5	119,9	111,8	0,148	29,6	120,3	112,1
<i>Terbufos (non détecté)</i>	NA	0,6	0,038	0,041	0,080	13,3	212,0	194,4	0,069	11,6	184,3	168,9	0,069	11,5	183,1	167,8

\* Règlement (CE) n°1107/2009

A : approuvée ; NA : non approuvée (en italique)

\*\* Détectée au moins 2 années et parmi plus de 100 analyses par denrée







Agence nationale de sécurité sanitaire  
de l'alimentation, de l'environnement et du travail  
14 rue Pierre et Marie Curie  
94701 Maisons-Alfort Cedex  
[www.anses.fr](http://www.anses.fr) / [@Anses\\_fr](https://twitter.com/Anses_fr)