

NUTRITION

DÉCEMBRE 2019

ÉTUDES ET ENQUÊTES
ÉTUDE DE SANTÉ SUR
L'ENVIRONNEMENT,
LA BIOSURVEILLANCE,
L'ACTIVITÉ PHYSIQUE
ET LA NUTRITION
(ESTEBAN 2014-2016)

Volet Nutrition. Chapitre Dosages biologiques : vitamines
et minéraux

Résumé

Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban 2014-2016)

Volet Nutrition. Chapitre Dosages biologiques : vitamines et minéraux

Le volet nutritionnel de l'Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban 2014-2016) avait pour objectif de décrire les consommations alimentaires, l'activité physique, la sédentarité et l'état nutritionnel de la population résidant en France métropolitaine. Il s'agissait d'une reconduction de l'Étude nationale nutrition santé (ENNS) réalisée en 2006-2007.

Esteban a été réalisée sur un échantillon d'enfants de 6 à 17 ans et d'adultes de 18 à 74 ans résidant en France métropolitaine. Suite à un tirage au sort selon un plan de sondage à trois degrés, l'inclusion des sujets s'est déroulée d'avril 2014 à mars 2016 pour tenir compte de la saisonnalité de l'alimentation et des expositions éventuelles. Cette étude incluait une enquête par questionnaires, une enquête alimentaire et un examen de santé avec prélèvements et dosages biologiques.

Ce chapitre rend compte des résultats d'une partie des dosages des biomarqueurs de l'état nutritionnel étudiés dans le cadre de l'étude, notamment le statut en vitamine D, ferritine, folates sériques, vitamine A, vitamine E et caroténoïdes de la population, ainsi que leurs évolutions depuis ENNS, par sexe, classe d'âge et niveau de diplôme. La consommation de compléments alimentaires et la prise d'un traitement médicamenteux spécifique, ont été prises en compte dans le traitement et l'analyse des données biologiques, en cas d'effets reconnus de ces compléments ou médicaments sur les concentrations des biomarqueurs nutritionnels étudiés. Ces données ont porté sur un échantillon national représentatif de 2 472 adultes et 794 enfants de 6 à 17 ans ayant participé à l'examen de santé et pour qui nous disposions de matériel biologique. Elles ont été pondérées en tenant compte du plan de sondage et redressées selon plusieurs caractéristiques sociodémographiques.

Les résultats indiquent qu'en 2015, seulement un adulte sur quatre et trois enfants sur dix atteignaient un seuil adéquat de vitamine D. La prévalence de la carence en vitamine D concernait près de 7% des adultes et 4% des enfants et atteignait 13% chez les adolescents. Si la situation s'est améliorée depuis 2006 chez les femmes, on relève toutefois une augmentation de la carence chez les hommes âgés de 55-74 ans. Concernant le statut en fer, 20% des femmes en âge de procréer témoignaient d'une déplétion totale des réserves en fer, 7% présentaient une anémie et 4% souffraient d'une anémie ferriprive majoritairement non traitée. Aucune évolution significative n'a été relevée depuis 2006. La prévalence de l'anémie ferriprive atteignait plus de 10% chez les filles de 6-17 ans. Concernant le statut en folates, la prévalence du risque de déficit en folates sériques était quasi-nulle chez les adolescentes (15-17 ans), mais elle a quasiment doublé ces dix dernières années chez les femmes adultes en âge de procréer (18-49 ans non ménopausées) passant de 7% en 2006 à 13% en 2015. Enfin, les prévalences des déficits en rétinol et tocophérol étaient quasi-nulles dans la population française, en 2015 comme en 2006, quels que soient le sexe, l'âge ou le niveau d'études des individus, alors que la concentration sérique moyenne des principaux caroténoïdes était supérieure chez les adultes les plus âgés et les plus diplômés.

De manière générale, on ne relève pas, en 2015, de résultats alarmants concernant les principaux biomarqueurs nutritionnels étudiés. Il n'existe pas de déficit important ou de carence à grande échelle au sein de la population française, qui nécessiterait la mise en œuvre de politiques de santé publique de grande envergure. Ces résultats mettent toutefois en évidence plusieurs points de vigilance qu'il est nécessaire de prendre en compte pour prioriser et orienter des actions de prévention ciblées, en particulier l'augmentation de la carence en

vitamine D chez les hommes de plus de 55 ans, l'augmentation de la prévalence du risque de déficit en folates chez les femmes en âge de procréer, le dépistage et le traitement de la carence martiale chez les femmes en âge de procréer et les déficits en vitamines et minéraux liés à la baisse de consommation de fruits et de légumes dans certaines sous-populations.

MOTS CLÉS : DOSAGES BIOLOGIQUES, BIOMARQUEURS NUTRITIONNELS, VITAMINES, FER, CAROTÉNOÏDES, ENFANTS, ADULTES, FRANCE

Citation suggérée : Équipe de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle (Esen). *Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban), 2014-2016. Volet Nutrition. Chapitre Dosages biologiques : vitamines et minéraux*. Saint-Maurice : Santé publique France, 2019. 61 p. Disponible à partir de l'URL : www.santepubliquefrance.fr

ISSN : 2609-2174 ; ISBN-NET : 979-10-289-0584-2 / RÉALISÉ PAR LA DIRECTION DE LA COMMUNICATION, SANTÉ PUBLIQUE FRANCE / DÉPÔT LÉGAL : DÉCEMBRE 2019

Abstract

Health Study on Environmental, Biomonitoring, Physical Activity and Nutrition (Esteban 2014-2016)

Nutrition section. Chapter Biological dosages: vitamins and minerals

The aim of the nutritional section of the Health Study on Environment, Biomonitoring, Physical Activity and Nutrition (Esteban 2014-2016) was to describe dietary intakes, physical activity, sedentary behaviours and nutritional status of the population living in France. It was a renewal of the National Nutrition and Health Survey (ENNS) realized in 2006-2007.

Esteban was implemented in a national sample including 6-17-year-old children and 18-74-year-old adults living in France. Following a three-degree sampling plan, the subjects' inclusion was carried out between April 2014 and March 2016 to take into account the seasonality of the diet and eventual exposures. This study included a questionnaire survey, a diet survey, and a health examination with biological samples and assays.

This chapter reports results of assays of nutritional biomarkers, including vitamin D, ferritin, folate, vitamin A, vitamin E and carotenoid status of the population, as well as their evolution since ENNS, by sex, age and educational level. The consumption of food supplements and drug treatments were taken into account in the analysis. These data included a nationally representative sample of 2472 adults and 794 children aged 6 to 17 who participated in the health examination and for whom biological material was available. Data have been weighted according to the sampling design and to several socio-demographic characteristics.

The results indicate that in 2015, only one quarter of adults and three out of ten children reached an adequate threshold of vitamin D. The prevalence of vitamin D deficiency was around 7% of adults and 4% of children and reached 13% in adolescents. The situation has improved since 2006 among women, but the deficiency has increased among men aged 55-74. Regarding iron status, 20% of women of childbearing age had a total depletion of iron, 7% had anemia, and 4% had iron deficiency anemia that was mostly untreated. No significant evolution has been noted since 2006. The prevalence of iron deficiency anemia was more than 10% among girls aged 6-17. Regarding the folate status, the prevalence of risk of folate deficiency was almost nil for adolescent girls (15-17 years), but it has almost doubled in the last 10 years in adult women of childbearing age (18-49 years before menopause), from 7% in 2006 to 13% in 2015. Finally, the prevalence of retinol and tocopherol deficiencies were almost nil in the French population, in both 2015 and 2006, regardless of sex, age or educational level of the individuals, while the average serum concentrations of the main carotenoids were higher among older and more educated adults.

In general, there are no alarming results in 2015 concerning the main studied nutritional biomarkers. There is no serious deficit or deficiency in the French population, which would require the implementation of large-scale public health policies. These results, however, highlight several points of vigilance that must be taken into account in order to prioritize and guide prevention actions, and particularly: the increase in vitamin D deficiency in men over 55 years of age, the increase of risk of folate deficiency in women of childbearing age, the screening and treatment of iron deficiency in women of childbearing age, and vitamin and mineral deficits related to decreased consumption of fruits and vegetables in some subpopulations.

KEY WORDS: BIOLOGICAL ASSAYS, NUTRITIONAL BIOMARKERS, VITAMINS, IRON, ANAEMIA, CAROTENOIDS, CHILDREN, ADULTS, FRANCE

Équipe chargée du volet Nutrition

Valérie Deschamps
Benoit Salanave
Marion Torres
Charlotte Verdot

Diététiciennes

Anaïs Belgrand
Amélie Delaine
Amélia Dubois
Eléonore Foucault
Caroline Heuberger
Caroline Louis
Marie Vayne

Équipe projet Esteban

Alexis Balicco
Clémence Fillol
Amivi Oleko
Emmanuelle Szego

Appui statistique et gestion des bases de données

Jessica Gane
Abdessatar Saoudi
Karim Zeghnoun

Réalisation des dosages biologiques

Département de biochimie, toxicologie et pharmacologie – Pôle de biologie du Centre hospitalier universitaire de Grenoble

Relecture du chapitre

Professeur P. Faure, CHU Grenoble Alpes

Financement

Direction générale de la santé
Direction générale de la prévention des risques

Remerciements

Les remerciements des auteurs s'adressent à toutes les personnes ayant contribué à l'élaboration et la mise en œuvre du protocole :

Hamid Aïssat, Emmanuelle Bauchet, Bénédicte Berat, Marie-Laure Bidondo, Christophe Bonaldi, Laura Boschat, Philippe Bretin, Cloé Brisset, Katia Castetbon, Juliette Contrerès, Alwena Dantec, Perrine de Crouy-Chanel, Karine de Proft, Christine de Peretti, Corinne Delamaire, Grégoire Deleforterie, Marie-Christine Delmas, Sébastien Denys, Clémentine Dereumaux, Jean-Claude Désenclos, Céline Druet, Élise Émeville, Anne Fagot-Campagna, Sandrine Fosse, Nadine Fréry, Claire Fuhrman, Isabelle Grémy, Laurence Guldner, Maïka Kracher, Lionel Lacaze, Katel Le Floch, Joëlle Le Moal, Yann Le Strat, Didier Leboeuf, Joséphine Lebon, Agnès Lefranc, Sophie Legond, Christelle Lemoisson, Daniela Leprince, Nicolas Maderay, Sophie Mallejac, Sophie Martinon, Arnaud Musset, Javier Nicolau, Jérôme Pozuelos, Nolwenn Regnault, Laurent Rivas, Georges Salines, Gaëlle Santin, Isabelle Trema, Stéphanie Vandentorren, Michel Vernay.

Les auteurs remercient les Centres d'examens de santé de l'Assurance maladie :

CES d'Albi, CES Irsa d'Alençon, CES d'Amiens, CES Irsa d'Angers, CES d'Angoulême, CES d'Annecy, CES de Auch, CES d'Avignon, CES de Bayonne, CES de Bègles (Bordeaux), CES de Belfort, CES de Bobigny, CES de Boé (Agen), CES de Bourg-en-Bresse, CES de Cahors, CES de Castres, CES de Chambéry, CES Irsa de Châteauroux, CES Irsa de Cholet, CES de Creil, CES de Dammarie-les-Lys, CES de Dijon, CES de Dunkerque, CES Irsa d'Hérouville Saint Clair (Caen), CES Irsa de Tours, CES de La Roche-sur-Yon, CES Irsa du Havre, CES Irsa Le Mans, CES Institut Pasteur de Lille, CES de Limoges, CES UC-CMP de Longwy, CES de Lucé (Chartres), CES de Lyon, CES Cesam 13 de Marseille, CES de Meaux, CES de Metz, CES de Montargis, CES de Mulhouse, CES de Nice, CES de Nîmes, CES d'Orléans, CES CPAM Broca de Paris, CES CPAM Amelot de Paris, CES IPC de Paris, CES de Pau, CES de Périgueux, CES de Reims, CES de Rennes, CES Irsa de Riorges (Roanne), CES de Saint-Brieuc, CES Irsa de Saint-Doulchard (Bourges), CES de Saint-Etienne, CES de Saint-Lô, CES de Saint-Nazaire, CES de Saint-Quentin, CES de Strasbourg, CES de Tarbes, CES de Toulon, CES de Toulouse, CES UC-CMP de Troyes, CES Irsa de Val-de-Reuil, CES de Valenciennes, CES UC-CMP de Vandœuvre-lès-Nancy, CES UC-CMP de Verdun.

Les auteurs remercient les laboratoires ayant participé à la collecte, ainsi que toute l'équipe de biochimie du CHU de Grenoble, en particulier les ARC, cadres et techniciens, pour leur implication et leur professionnalisme dans la réalisation de l'ensemble des dosages biologiques.

Les auteurs remercient enfin l'ensemble des participants à l'étude Esteban.

Sommaire

1. INTRODUCTION.....	10
2. MÉTHODES	12
2.1 <i>Recueil des données</i>	12
2.2 <i>Analyse des données</i>	13
2.2.1 Rappel des principes méthodologiques généraux	13
2.2.2 Éléments méthodologiques spécifiques	14
3. STATUT EN VITAMINE D	16
3.1 <i>Statut en vitamine D chez les adultes</i>	16
3.1.1 Concentration sérique moyenne en vitamine D.....	16
3.1.2 Distribution des adultes selon leur statut en vitamine D	17
3.1.2.1 Analyses selon le sexe et la prise ou non de médicaments ou de compléments alimentaires	17
3.1.2.2 Analyses selon le sexe et l'âge	19
3.1.2.3 Analyses selon le niveau de diplôme	20
3.2 <i>Évolution du statut en vitamine D des adultes depuis ENNS-2006</i>	22
3.2.1 Évolution de la concentration sérique moyenne en 25(OH)D des adultes	22
3.2.2 Évolution du statut en vitamine D des adultes selon le sexe et l'âge	22
3.2.3 Évolution du statut en vitamine D des adultes selon le niveau de diplôme	23
3.3 <i>Statut en vitamine D chez les enfants</i>	24
3.3.1 Concentration sérique moyenne en 25(OH)D.....	24
3.3.2 Distribution des enfants selon leur statut en vitamine D	25
3.3.2.1 Analyses selon le sexe et l'âge	25
3.3.2.2 Analyses selon le niveau de diplôme	26
4. STATUT EN FER.....	28
4.1 <i>Statut en fer chez les adultes</i>	28
4.1.1 Fréquence des anémies.....	28
4.1.2 Distribution des adultes selon leur ferritinémie	29
4.1.2.1 Taux de ferritine	29
4.1.2.2 Fréquence des déplétions en fer.....	30
4.1.3 Fréquence de l'anémie ferriprive.....	32
4.2 <i>Évolution du statut en fer des adultes depuis ENNS-2006</i>	33
4.2.1 Évolution de la fréquence des anémies.....	33
4.2.2 Évolution de la ferritinémie des adultes	34
4.2.3 Évolution de la prévalence de l'anémie ferriprive des adultes	35
4.3 <i>Statut en fer chez les enfants</i>	35
4.3.1 Fréquence des anémies.....	36
4.3.2 Distribution des enfants selon leur ferritinémie	36
4.3.2.1 Taux de ferritine	36
4.3.2.2 Fréquence des déplétions en fer.....	37
4.3.2.3 Fréquence de l'anémie ferriprive.....	39

5. STATUT EN FOLATES	40
5.1 <i>Fréquence des risques de déficit en folates chez les femmes en âge de procréer</i>	40
5.2 <i>Évolution du statut en folates des femmes adultes en âge de procréer (18-49 ans) depuis ENNS-2006</i>	41
5.3 <i>Évolution du statut en folates au regard des objectifs du PNNS</i>	41
6. STATUT EN VITAMINE A, VITAMINE E ET CAROTÉNOÏDES	43
6.1 <i>Statut en vitamine A (rétinol)</i>	43
6.1.1 <i>Statut en vitamine A des adultes dans Esteban-2015</i>	43
6.1.2 <i>Évolution du statut en vitamine A des adultes depuis ENNS-2006</i>	44
6.2 <i>Statut en vitamine E (tocophérol)</i>	44
6.2.1 <i>Statut en vitamine E des adultes dans Esteban-2015</i>	44
6.2.2 <i>Évolution du statut en vitamine E des adultes depuis ENNS-2006</i>	46
6.3 <i>Statut en caroténoïdes</i>	47
6.3.1 <i>Alpha-carotène</i>	47
6.3.1.1 <i>Taux d'alpha-carotène des adultes dans Esteban-2015</i>	47
6.3.1.2 <i>Évolution du taux d'alpha-carotène des adultes depuis ENNS-2006</i>	47
6.3.2 <i>Béta-carotène</i>	48
6.3.2.1 <i>Taux de béta-carotène des adultes dans Esteban-2015</i>	48
6.3.2.2 <i>Évolution du taux de béta-carotène des adultes depuis ENNS-2006</i>	49
6.3.3 <i>Lycopène</i>	49
6.3.3.1 <i>Taux de lycopène des adultes dans Esteban-2015</i>	49
6.3.3.2 <i>Évolution du taux de lycopène des adultes depuis ENNS-2006</i>	50
6.3.4 <i>Lutéine</i>	51
6.3.4.1 <i>Taux de lutéine des adultes dans Esteban-2015</i>	51
6.3.4.2 <i>Évolution du taux de lutéine des adultes depuis ENNS-2006</i>	52
6.3.5 <i>Zéaxanthine</i>	53
6.3.5.1 <i>Taux de zéaxanthine des adultes dans Esteban-2015</i>	53
6.3.5.2 <i>Évolution du taux de zéaxanthine des adultes depuis ENNS-2006</i>	53
6.3.6 <i>Béta-cryptoxanthine</i>	54
6.3.6.1 <i>Taux de béta-cryptoxanthine des adultes dans Esteban-2015</i>	54
6.3.6.2 <i>Évolution du taux de béta-cryptoxanthine des adultes depuis ENNS-2006</i>	55
7. DISCUSSION	56
8. CONCLUSION	59
Références bibliographiques.....	60

Abréviations

25(OH)D	25-Hydroxy-vitamine D (vitamine D)
AFTN	Anomalie de fermeture du tube neural
Bac	Baccalauréat
BEA	Brevet d'enseignement agricole
BEC	Brevet d'enseignement commercial
BEH	Brevet d'enseignement hôtelier
BEI	Brevet d'enseignement industriel
BEP	Brevet d'études professionnelles
BEPC	Brevet d'études du premier cycle
BP	Brevet professionnel
BTS	Brevet de technicien supérieur
CA	Complément alimentaire
CAP	Certificat d'aptitude professionnelle
CES	Centre d'examen de santé
CHU	Centre hospitalier universitaire
Cnamts	Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés
DEUG	Diplôme d'études universitaires générales
DUT	Diplôme universitaire de technologie
ENNS	Étude nationale nutrition santé
Esen	Équipe de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle
Esteban	Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition
HCSP	Haut Conseil de la santé publique
HDL	Lipoprotéines de haute densité
HPLC	Chromatographie en phase liquide à haute performance
IC	Intervalle de confiance
IDE	Infirmier diplômé d'état
LC/MS/MS	Chromatographie liquide haute pression couplée à la spectrométrie de masse en tandem
LDL	Lipoprotéines de faible densité
NANS	<i>Irish National Adult Nutrition Survey</i>
NFS	Numérotation de la formule sanguine
NIR	Numéro d'inscription au répertoire (numéro de sécurité sociale)
OMS	Organisation mondiale de la santé
PNNS	Programme national nutrition santé
VDSP	<i>Vitamin D Standardization Program</i>

1. INTRODUCTION

L'importance de la nutrition en tant que déterminant majeur de la santé est grandement reconnue [1, 2]. L'alimentation, l'activité physique et la sédentarité, ainsi que les marqueurs de l'état nutritionnel sont en effet des facteurs de risque ou de protection de nombreuses maladies non transmissibles, comme les maladies cardiovasculaires, certains cancers (cancers des voies aéro-digestives hautes, gastro-intestinal, colorectal, du col de l'utérus...), le diabète ou l'obésité [3-7]. Une alimentation équilibrée, un niveau d'activité physique suffisant, une sédentarité limitée et un statut nutritionnel satisfaisant sont donc à favoriser, afin de réduire le poids considérable de la nutrition en termes de morbidité et de mortalité [2, 8-13].

Pour définir les enjeux et orientations en matière de santé publique, adapter les interventions et orienter la prévention au plus près des besoins, il est nécessaire d'évaluer régulièrement et précisément la situation nutritionnelle de la population. C'est l'objectif de la surveillance nutritionnelle qui, au travers de la réalisation d'enquêtes nationales représentatives, permet d'identifier, de décrire et de suivre l'évolution de ces facteurs nutritionnels au sein de la population française. Une première étude, l'Étude nationale nutrition santé (ENNS), a été réalisée en 2006-2007 [14] et la seconde, l'Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban) en 2014-2016 [15]. Ces études, incluent une enquête par questionnaires, une enquête alimentaire (rappels des 24h) et un examen de santé avec prélèvements et dosages biologiques, permettant ainsi de surveiller la situation nutritionnelle de la population française dans sa globalité, en incluant les consommations alimentaires, le niveau d'activité physique et de sédentarité et plusieurs marqueurs biologiques de l'état nutritionnel.

Les résultats du volet Nutrition de l'étude Esteban ont déjà fait l'objet de publications spécifiques, notamment sur la corpulence [16, 17], l'activité physique et la sédentarité [18], ainsi que sur les consommations alimentaires [19]. L'objet de ce quatrième et dernier chapitre du volet Nutrition est de rendre compte des résultats concernant des biomarqueurs de l'état nutritionnel, notamment certaines vitamines et minéraux. Les biomarqueurs relatifs aux lipides et à la glycémie feront l'objet de publications spécifiques.

Les vitamines et minéraux sont des micronutriments indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Ils sont impliqués dans de nombreuses fonctions biologiques, que ce soit au niveau de la structure de l'organisme, de la régulation du métabolisme, ou du fonctionnement des systèmes musculaire, nerveux et immunitaire. Le corps ne pouvant les synthétiser en quantité suffisante, ils doivent être fournis par l'alimentation. Une alimentation équilibrée et diversifiée doit permettre de couvrir l'ensemble des besoins de l'organisme. A l'inverse, un régime déséquilibré peut entraîner un déficit ou une carence, ce qui augmente le risque de développer certaines pathologies comme les maladies liées au vieillissement, les maladies cardiovasculaires ou certains cancers. Il est donc nécessaire, en matière de santé publique, de veiller à ce que les besoins de la population en vitamines et minéraux soient couverts.

Cette surveillance nécessite des prélèvements biologiques. Dans le cadre des études ENNS et Esteban, ces dosages ont concerné les vitamines et minéraux suivants :

- la vitamine D ;
- le fer, le dosage de la ferritinémie, couplé à celui de l'hémoglobine a permis de mesurer la prévalence de l'anémie ferriprive ;
- la vitamine B9 (folate) ;
- la vitamine E (alpha-tocophérol) ;
- la vitamine A (rétinol) ;
- les caroténoïdes (alpha-carotène, bêta-carotène, lycopène, lutéine, zéaxanthine, bêta-cryptoxanthine).

Ce chapitre présente ainsi l'ensemble des résultats de ces dosages, obtenus d'après les données de l'étude Esteban 2014-2016, ainsi que l'évolution de leur concentration depuis ENNS 2006-2007.

2. MÉTHODES

2.1 Recueil des données

L'ensemble des mesures (poids, taille, pression artérielle) et des prélèvements biologiques de l'étude Esteban (urine, sang, cheveux) ont été effectués dans le cadre d'un examen de santé réalisé dans un centre d'examen de santé (CES) de l'Assurance maladie ou au domicile du participant avec la venue d'un infirmier diplômé d'état (IDE). L'ensemble du matériel nécessaire aux mesures et prélèvements (balances, toises, tensiomètres, tubes, aiguilles, cryotubes, etc.) a été fourni aux CES et IDE afin d'en assurer la standardisation.

Nb. Concernant les données issues de l'examen de santé, les données de corpulence ont fait l'objet d'un chapitre spécifique et d'un article publiés en 2017 [16, 17] ; et celles relatives à l'hypertension artérielle ont été publiées en 2018 [20].

Concernant les prélèvements sanguins, les participants de 18 à 74 ans devaient être à jeun 12h avant les prélèvements (le jeûne était recommandé chez les 12-17 ans et exclu pour les 6-11 ans). Il avait été demandé aux participants de ne pas consommer de crustacés, de poissons ou de coquillages dans les 3 jours précédant l'examen et de ne pas fumer dans les 2 heures précédentes. Les infirmiers préleveurs avaient été formés spécifiquement aux contraintes de l'étude, afin de garantir une homogénéisation des prélèvements et de limiter les risques d'hémolyse et de coagulation auxquels certains dosages de biomarqueurs nutritionnels sont sensibles. Après le prélèvement, les tubes ont été conservés entre +4°C et +10°C puis transférés aux laboratoires qui ont réalisé les dosages biologiques immédiats et les traitements nécessaires à la conservation des échantillons (centrifugation, aliquotage des matrices, cryoconservation). Les aliquots ont ensuite été conservés en biothèque à -80°C.

La première partie des dosages (dosages immédiats), réalisée dans les heures suivant les prélèvements, comprenait un bilan lipidique (cholestérol total, HDL, LDL calculé, triglycérides et créatinémie), une glycémie et une numération de la formule sanguine (NFS) pour les adultes, et une NFS pour les enfants.

Nb. Concernant les données relatives aux dosages des lipides et de la glycémie, elles seront traitées dans d'autres publications.

Les dosages des vitamines et minéraux ont quant à eux été réalisés de manière centralisée, par l'Institut de Biologie et de Pathologie du CHU de Grenoble :

- la vitamine D a été dosée chez les adultes et les enfants, par chromatographie liquide haute pression couplée à la spectrométrie de masse en tandem (LC/MSMS) sur l'appareil API 5500 QT® de Sciex ;
- la ferritine et la transferrine ont été dosées chez les adultes et les enfants : la ferritine par immuno-analyse LCO (immuno-analyse en phase homogène) et la transferrine par néphélométrie sur l'appareil VISTA1500® ;
- les folates sériques ont été dosés chez les femmes en âge de procréer par immuno-analyse et détection par chimiluminescence sur l'appareil Centaur-XP® de Siemens ;
- les caroténoïdes, tocophérol et rétinol ont été dosées chez les adultes par HPLC avec détection par spectrophotométrie UV visible (barrettes de diodes) sur l'appareil ULTIMATE 3000® de Dionex ;

Nb : Pour une présentation plus détaillée du protocole concernant les mesures et prélèvements biologiques se référer aux publications précédentes [15].

Pour compléter ces données, lors de la deuxième visite à domicile, les participants avaient été interrogés sur leur consommation éventuelle de compléments alimentaires. Il leur avait été demandé de détailler leur consommation au cours des 3 dernières semaines et au cours de l'année écoulée. Ont été recueillis, les noms et marques des compléments alimentaires consommés, leur composition détaillée (à l'aide des étiquettes des boîtes), leur forme, le nombre de prises par jour ainsi que le nombre d'unités par prise.

Par ailleurs, les participants ont également eu la possibilité, s'ils le souhaitaient, de communiquer leur numéro de sécurité sociale (numéro d'inscription au répertoire des personnes physiques, NIR) afin de permettre l'appariement ultérieur avec les données de consommations de soins de l'Assurance maladie de la CnamTS. Cette donnée (NIR) a permis d'obtenir l'ensemble des consommations médicales du participant sur les 12 mois précédant son examen de santé. Ces consommations ont pu être prises en compte dans le traitement et l'analyse des données biologiques en cas d'effets reconnus de ces médicaments sur les concentrations des biomarqueurs nutritionnels étudiés. Pour les personnes ayant refusé de communiquer leur NIR, un recueil des consommations médicamenteuses a été effectué par questionnaire.

2.2 Analyse des données

2.2.1 Rappel des principes méthodologiques généraux

Comme dans les autres chapitres du volet Nutrition de l'étude Esteban, l'ensemble des analyses a été réalisé sur des données pondérées et redressées à l'aide du logiciel Stata14®. Le plan de sondage complexe de l'étude a été pris en compte en particulier dans l'estimation des variances et des intervalles de confiance à 95% (IC 95%) en utilisant la fonction « svyset » sous Stata. Compte tenu des effectifs plus restreints d'enfants ayant été prélevés (environ 85% de l'effectif initial, contre plus de 95% des adultes), une pondération spécifique a été recalculée pour les enfants pour lesquels nous disposons de résultats de dosages biologiques.

De façon générale, les résultats sont présentés sous forme de prévalence ou de moyenne. Les figures permettent de visualiser les valeurs estimées pour chaque sexe. Les fréquences ou moyennes sont indiquées numériquement, avec la visualisation des bornes des IC 95 %. Pour évaluer l'effet éventuel du niveau scolaire sur ces différents indicateurs, les résultats ont été systématiquement présentés selon le niveau de diplôme le plus élevé obtenu par l'adulte participant, ou la personne de référence du ménage pour les enfants. Cette variable était alors utilisée selon 4 classes :

- < Bac (aucun diplôme, certificat d'études primaires, CAP, BEP, BEPC, brevet élémentaire, brevet de compagnon) ;
- Bac, BP (baccalauréat général, technologique ou professionnel, brevet professionnel ou de technicien, BEA, BEC, BEI, BEH, capacité en droit) ;
- Bac +1 à Bac +3 (diplôme de 1^{er} cycle universitaire, bac +3, licence, BTS, DUT, DEUG, diplôme des professions sociales ou de la santé, diplôme d'infirmier) ;
- > Bac +3 (diplôme de 2^e ou 3^e cycle universitaire [y compris médecine, pharmacie, dentaire], master, doctorat, diplôme d'ingénieur, diplôme d'une grande école).

Pour certaines analyses, cette variable a été utilisée en 2 classes : utilisation de la première classe inchangée (< Bac) et regroupement des 3 classes suivantes en une seule et même classe (Bac et +).

Enfin, pour rendre compte de l'évolution de l'ensemble de ces indicateurs entre 2006 et 2015, les données de l'étude Esteban-2015 ont été comparées à celles obtenues dans le cadre de l'étude ENNS, réalisée en 2006. **Cette comparaison n'a concerné que les adultes** puisqu'en 2006 les dosages biologiques ne s'étaient adressés qu'aux personnes âgées de 18 ans et plus. Les analyses des données biologiques ont ainsi porté sur un échantillon national représentatif de 2 472 adultes pour l'étude Esteban et de 2 102 adultes pour l'étude ENNS. Les évolutions statistiquement significatives ont été confirmées par standardisation des données ENNS sur les caractéristiques de la population d'Esteban, afin de s'affranchir d'un éventuel effet de l'évolution du profil de la population au cours de la dernière décennie. Cette standardisation des données ENNS a été réalisée par le calcul d'un nouveau jeu de pondérations pour ENNS, recalculées selon les mêmes principes de redressement et avec les mêmes données de calage que ceux d'Esteban. Les différences statistiquement significatives issues de cette standardisation sont indiquées par une p-value standardisée (p_s).

Nb : Pour une présentation plus détaillée des méthodes d'analyse des données (incluant le calcul des pondérations et le redressement), des taux de participation et des caractéristiques des participants, se référer aux précédentes publications [15, 16].

2.2.2 Éléments méthodologiques spécifiques

Les consommations de compléments alimentaires, au cours des 3 semaines précédentes, et les traitements médicamenteux, pris dans les mois précédents, ont été pris en compte dans les analyses concernant les données biologiques en cas d'effets reconnus de ces compléments ou médicaments sur les concentrations des biomarqueurs nutritionnels étudiés. Ainsi pour chaque biomarqueur étudié, les analyses ont porté sur la population entière ainsi que sur 2 ou 3 sous-populations :

- Participants n'ayant consommé ni complément alimentaire ni traitement médicamenteux en lien avec le biomarqueur considéré ;
- Participants ayant déclaré une prise de compléments alimentaires et/ou un traitement médicamenteux en lien avec le biomarqueur considéré :
 - Participants ayant déclaré consommer des compléments alimentaires en lien avec le biomarqueur considéré dans les 3 semaines précédentes, mais sans traitement médicamenteux associé ;
 - Participants ayant eu un traitement médicamenteux en lien avec le biomarqueur considéré dans les mois précédents, avec ou sans prise de compléments alimentaires dans les 3 dernières semaines.

Pour le statut en fer des femmes (anémie et ferritinémie), les analyses ont été réalisées sur trois sous-populations, distinguant les femmes en âge de procréer de 18-39 ans, les femmes en âge de procréer de 40 ans et plus, et les femmes déclarées ménopausées (la ménopause ayant été définie par une absence de règles depuis au moins 12 mois).

Enfin, le dosage des folates n'ayant concerné que les femmes en âge de procréer, les résultats rendent compte du statut en folates des femmes de 15-49 ans, non ménopausées.

Concernant les mesures et dosages réalisés, les résultats présentés rendent compte de prévalences basées sur des valeurs de référence habituellement utilisés au niveau national ou international. Celles-ci sont détaillées dans le Tableau 1.

I TABLEAU 1 I

Valeurs de référence et unités de mesure des marqueurs biologiques de l'état nutritionnel, étude Esteban 2015

Marqueurs de l'état nutritionnel	Définitions	Références
Statut en fer		
<i>Hémoglobine – Hb (g/dl)</i>		
Anémie	Hommes : < 13 Femmes : < 12 Femmes enceintes : < 11 Enfants (6-14 ans) : < 12	OMS [21]
<i>Ferritine (µg/L)</i>		
Déplétion des réserves en fer	< 15,0	OMS [22]
Faibles réserves en fer	[15,0-30,0[
Valeur normale	≥ 30,0	
<i>Anémie ferriprive</i>	Hommes : Hb < 13 g/dl et ferritine < 15 µg/L Femmes : Hb < 12 g/dl et ferritine < 15 µg/L	OMS [23]
25(OH)D (vitamine D) (ng/ml)		
Carence	< 10,0	[24]
Déficit modéré	[10,0-20,0[
Insuffisance	[20,0-30,0[
Seuil adéquat	≥ 30,0	
Folates (B9) (ng/ml)		
Déficiência	< 3,0	[25]
Valeur normale	≥ 3,0	
Vitamine A (rétinol) (µmol/L)		
Déficiência sévère	< 0,35	[26]
Déficiência modérée	0,35 < rétinol < 0,70	
Valeur normale	≥ 0,70	
Vitamine E (tocophérol) (µmol/L)		
Déficiência	< 11,6	[26]
Valeur normale	≥ 11,6	

3. STATUT EN VITAMINE D

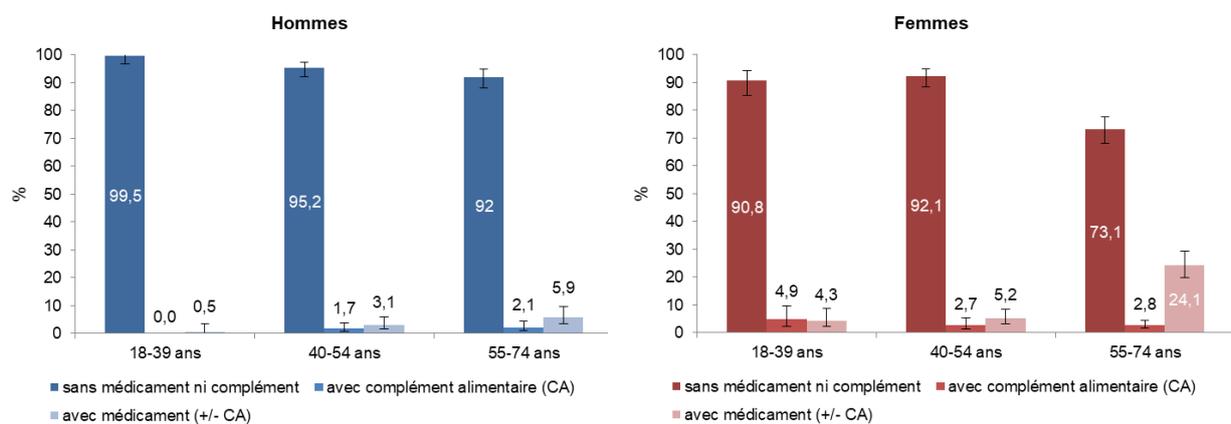
3.1 Statut en vitamine D chez les adultes

Le dosage de la vitamine D était disponible pour 2344 adultes (1035 hommes et 1309 femmes) soit 94,8% des adultes ayant participé à l'examen de santé de l'étude Esteban.

Parmi les adultes ayant réalisé un dosage de la vitamine D, 2,4% [1,8-3,3] ont déclaré avoir consommé des compléments alimentaires à base de vitamine D au moins 3 jours par semaine dans les semaines précédentes, sans prise de médicament associée (1,4% [0,8-2,4] des hommes et 3,4% [2,3-5,0] des femmes ; $p < 0,01$) et 7,8% [6,5-9,2] avaient pris un traitement médicamenteux à base de vitamine D dans les 3 mois précédant le prélèvement, associé ou non à des compléments alimentaires (3,4% [2,2-5,0] des hommes et 12,0% [9,9-14,4] des femmes ; $p < 0,001$). Ce pourcentage atteignait 24,1% [19,7-29,2] chez les femmes âgées de 55-74 ans (Figure 1).

I FIGURE 1 I

Distribution des hommes et des femmes de 18-74 ans selon leur consommation de compléments alimentaires et/ou médicaments à base de vitamine D et selon l'âge, étude Esteban 2015

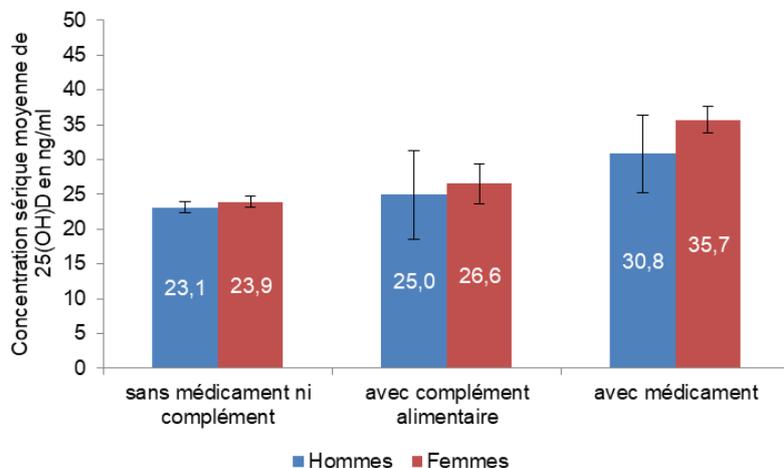


3.1.1 Concentration sérique moyenne en vitamine D

De manière générale, la concentration sérique moyenne en 25(OH)D des adultes était de 24,4 ng/ml [23,9-25,0]. Elle était de 23,5 ng/ml [22,9-24,0] chez les adultes n'ayant déclaré ni prise de médicament, ni consommation de compléments alimentaires à base de vitamine D ; elle était de 26,1 ng/ml [23,4-28,9] chez les adultes ayant consommé des compléments alimentaires à base de vitamine D au moins 3 jours par semaine dans les semaines précédant le prélèvement et atteignait 34,7 ng/ml [32,7-36,7] chez les adultes ayant eu un traitement médicamenteux de vitamine D dans les 3 mois précédents ($p < 0,001$). Il n'y avait pas de différence significative entre hommes et femmes (Figure 2). Chez les femmes, la concentration sérique moyenne en 25(OH)D était supérieure chez les 55-74 ans sans apport spécifique en vitamine D (traitement médicamenteux ou complément alimentaire) (25,7 ng/ml [24,4-27,0] ; $p < 0,01$) en comparaison des 18-39 ans (23,5 ng/ml [21,8-25,2]) et des 40-54 ans (22,6 ng/ml [21,4-23,8]).

I FIGURE 2 I

Concentration sérique moyenne en 25(OH)D (en ng/ml) chez les adultes, selon le sexe, étude Esteban 2015



25(OH)D : vitamine D sérique

3.1.2 Distribution des adultes selon leur statut en vitamine D

3.1.2.1 Analyses selon le sexe et la prise ou non de médicaments ou de compléments alimentaires

De manière générale, la prévalence de la carence en vitamine D (< 10,0 ng/ml) était de 6,5% [5,2-8,1] en moyenne chez les adultes (7,0% [5,2-9,5] chez les hommes et 5,9% [4,3-8,1] chez les femmes ; différence non significative). Elle était deux fois moins importante chez les adultes ayant déclaré un traitement médicamenteux ou une consommation de complément alimentaire de vitamine D en comparaison de ceux non traités ou non complémentés (3,4% [1,2-9,3] *versus* 6,8% [5,4-8,5] ; différence non significative ; Tableau 2).

La prévalence du déficit modéré ([10,0-20,0[ng/ml) était de 28,0% [25,7-30,5] au sein de la population adulte entière (30,8% [27,3-34,6] chez les hommes et 25,4% [22,3-28,7] chez les femmes ; $p < 0,05$). Elle était trois fois moindre chez les adultes ayant déclaré une prise de médicament ou de complément alimentaire à base de vitamine D en comparaison de ceux n'en ayant pas déclaré (8,5% [5,4-13,0] *versus* 30,3% [27,7-33,0] ; $p < 0,001$; Tableau 2).

Seul un quart des adultes (26,7% [24,4-29,1] témoignait d'un seuil adéquat en vitamine D. Cela concernait davantage les femmes que les hommes (30,6% [27,3-34,0] *versus* 22,6% [19,4-26,1] ; $p = 0,001$), celles-ci étant plus nombreuses à avoir déclaré un apport en vitamine D dans les semaines précédentes par complément alimentaire ou traitement médicamenteux. Le pourcentage d'adultes atteignant un seuil adéquat en vitamine D descendait à 23,3% [21,0-25,8] chez ceux ne déclarant ni traitement médicamenteux ni consommation de complément alimentaire (21,7% [18,5-25,2] chez les hommes et 25,0% [21,8-28,6] chez les femmes ; différence non significative ; Tableau 2).

I TABLEAU 2 I

Distribution des adultes selon leur statut en vitamine D, étude Esteban 2015

Statut	Sexe	Population adulte entière n=2 344		Adultes sans traitement médicamenteux ni complément alimentaire de vitamine D n=2 056		Adultes avec traitement médicamenteux ou compléments alimentaires de vitamine D n=288		p*
		%	IC 95 %	%	IC 95 %	%	IC 95 %	
Carence < 10,0 ng/ml	Tous	6,5	[5,2-8,1]	6,8	[5,4-8,5]	3,4	[1,2-9,3]	ns
	Hommes	7,0	[5,2-9,5]	7,0	[5,2-9,6]	6,8	[1,0-34,9]	ns
	Femmes	5,9	[4,3-8,1]	6,6	[4,7-9,1]	2,4	[0,9-6,6]	0,05
Déficit modéré [10,0-20,0[ng/ml	Tous	28,0	[25,7-30,5]	30,3	[27,7-33,0]	8,5	[5,4-13,0]	< 0,001
	Hommes	30,8	[27,3-34,6]	31,7	[28,1-35,6]	13,1	[6,1-26,0]	0,008
	Femmes	25,4	[22,3-28,7]	28,7	[25,2-32,5]	7,1	[4,1-12,1]	< 0,001
Insuffisance [20,0-30,0[ng/ml	Tous	38,4	[35,8-41,0]	39,3	[36,5-42,2]	29,9	[23,1-37,7]	0,03
	Hommes	39,1	[35,2-43,1]	39,1	[35,1-43,2]	38,2	[23,8-54,9]	ns
	Femmes	37,7	[34,2-41,3]	39,6	[35,7-43,5]	27,5	[20,0-36,5]	0,02
Seuil adéquat [30,0-60,0] ng/ml	Tous	26,7	[24,4-29,1]	23,3	[21,0-25,8]	56,4	[48,5-64,0]	< 0,001
	Hommes	22,6	[19,4-26,1]	21,7	[18,5-25,2]	40,7	[25,7-57,7]	0,01
	Femmes	30,6	[27,3-34,0]	25,0	[21,8-28,6]	61,0	[52,1-69,2]	< 0,001
Valeur haute > 60,0 ng/ml	Tous	0,4	[0,2-0,9]	0,3	[0,1-0,8]	1,8	[0,9-3,7]	0,002
	Hommes	0,5	[0,2-1,5]	0,5	[0,1-1,6]	1,2	[0,2-8,1]	ns
	Femmes	0,4	[0,2-0,9]	0,1	[0,0-0,8]	2,0	[0,9-4,3]	< 0,001

* p-value du test de Pearson entre Adultes sans traitement ni complément alimentaire versus Adultes avec traitement ou complément alimentaire

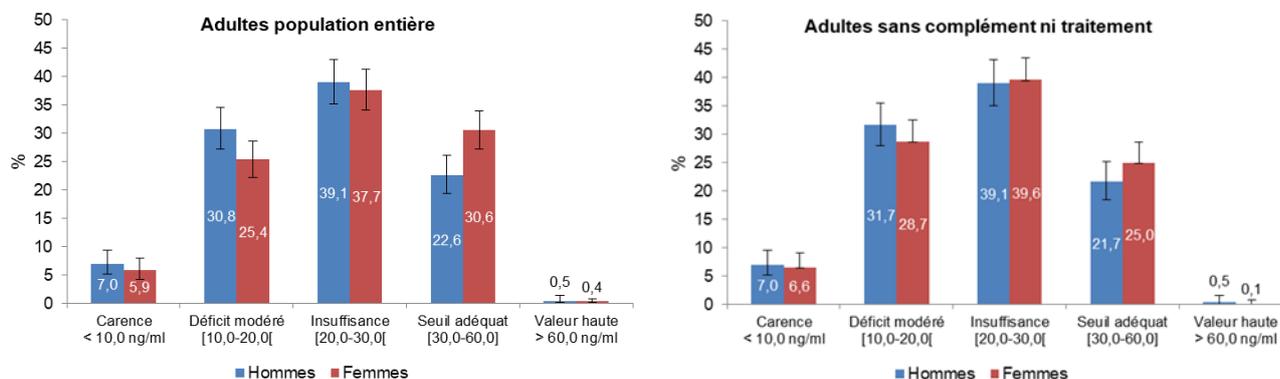
ns : non significatif à hauteur de 5% (p>0,05)

En gras, différence significative selon le sexe (p<0,05)

Finalement les 2/3 des adultes présentaient un déficit modéré ou une insuffisance en vitamine D ([10,0-30,0] ng/ml ; Figure 3).

I FIGURE 3 I

Distribution des adultes selon leur statut en vitamine D et selon le sexe, étude Esteban 2015



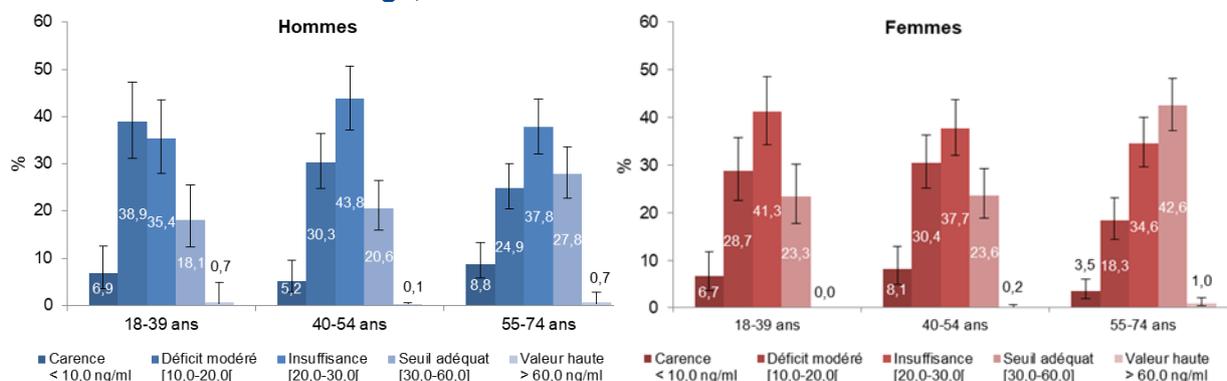
3.1.2.2 Analyses selon le sexe et l'âge

Chez les hommes, la prévalence de la carence en vitamine D ne différait pas de manière significative selon l'âge. La prévalence du déficit modéré diminuait quant à elle avec l'avancée en âge, passant de 38,9% [31,1-47,3] chez les 18-39 ans à 24,9% [20,4-30,0] chez les 55-74 ans ($p < 0,01$; Figure 4). Cela se faisait au profit d'une augmentation (toutefois non significative, $p = 0,06$) de la prévalence d'un seuil adéquat en vitamine D, laquelle atteignait 27,8% [22,7-33,6] chez les 55-74 ans.

Chez les femmes également, la prévalence de la carence ne différait pas selon l'âge. Le statut en vitamine D des femmes de 55-74 ans était cependant plus favorable que celui des femmes plus jeunes : la prévalence du déficit modéré était plus faible (18,3% [14,3-23,1] ; $p < 0,01$) et celle de l'atteinte d'un seuil adéquat plus élevée (42,6% [37,2-48,2] ; $p < 0,001$; Figure 4).

I FIGURE 4 I

Distribution de l'ensemble des hommes et des femmes de 18-74 ans* selon leur statut en vitamine D et selon l'âge, étude Esteban 2015



* Ces données concernent la population entière, intégrant les adultes ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de vitamine D.

En excluant les adultes ayant déclaré consommer des compléments alimentaires ou des médicaments à base de vitamine D, le statut en vitamine D de la population se dégrade quelque peu, notamment chez les plus âgés (davantage sujets à la prise d'un traitement médicamenteux). Ainsi :

- les prévalences de déficit modéré sont plus élevées :
 - o chez les hommes de 55-74 ans (26,4% [21,6-31,9]) et ;
 - o dans toutes les classes d'âge chez les femmes : 30,7% [24,1-38,3] chez les 18-39 ans, 31,9% [26,3-38,1] chez les 40-54 ans et 23,2% [18,0-29,3] chez les 55-74 ans.
- la prévalence de l'insuffisance est plus élevée uniquement chez les femmes de 55-74 ans (38,6% [32,5-45,1]) et ;
- la prévalence d'atteinte d'un seuil adéquat en vitamine D est plus basse :
 - o chez les hommes de 55-74 ans (26,0% [20,8-31,9]) et ;
 - o dans toutes les classes d'âge chez les femmes : 20,8% [15,3-27,6] chez les 18-39 ans, 20,7% [16,0-26,4] chez les 40-54 ans et 34,1% [28,2-40,6] chez les 55-74 ans.

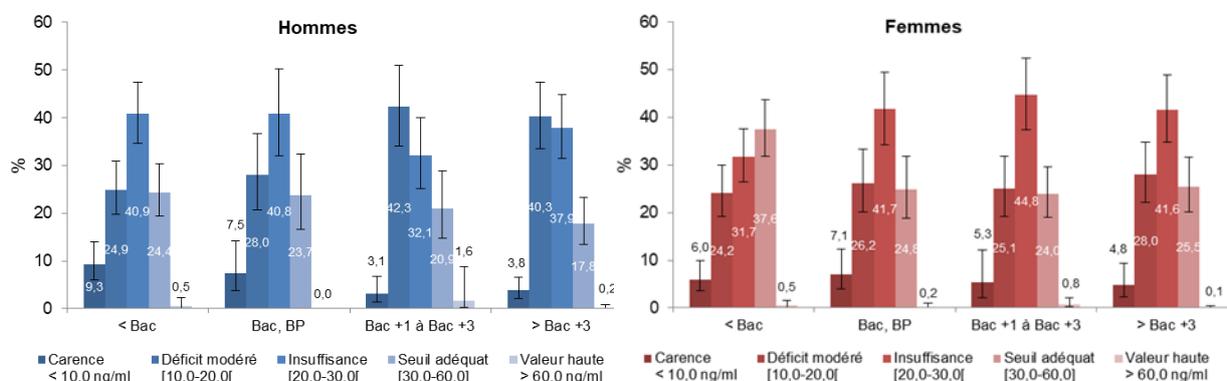
3.1.2.3 Analyses selon le niveau de diplôme

Chez les hommes, la prévalence de la carence en vitamine D était plus importante chez les moins diplômés, atteignant 9,3% [6,1-14,0] chez ceux déclarant un niveau de diplôme inférieur au baccalauréat (contre moins de 4% chez ceux détenant un diplôme d'études supérieur au Bac ; $p < 0,05$). A l'inverse, les plus diplômés étaient davantage sujets à un déficit modéré (plus de 40% des hommes détenant un diplôme supérieur contre 24,9% [19,7-30,9] de ceux de niveau inférieur au baccalauréat ; $p < 0,001$; Figure 5). La prévalence d'un niveau adéquat de vitamine D ne différait pas selon le niveau de diplôme. Ces différences perduraient après exclusion des individus ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou des médicaments à base de vitamine D.

À l'inverse, chez les femmes, les prévalences de la carence et du déficit modéré ne différaient pas selon le niveau de diplôme, et les femmes les moins diplômées (déclarant un niveau de diplôme inférieur au baccalauréat) témoignaient d'un statut en vitamine D plus favorable que les plus diplômées : elles étaient 37,6% [31,9-43,7] à atteindre un niveau adéquat en vitamine D (contre 24,8% [21,4-28,5] en moyenne chez les femmes de niveau de diplôme supérieur ; $p < 0,001$) et elles étaient moins sujettes à une insuffisance en vitamine D (31,7% [26,4-37,6] *versus* 42,6% [38,3-47,0] chez celles de niveau supérieur ou égal au baccalauréat ; $p < 0,01$; Figure 5). Cette situation, d'un statut en vitamine D davantage favorable chez les femmes les moins diplômées perdurait après exclusion des femmes déclarant avoir pris des compléments alimentaires ou des médicaments à base de vitamine D.

I FIGURE 5 I

Distribution de l'ensemble des hommes et des femmes de 18-74 ans* selon leur statut en vitamine D et selon le niveau de diplôme**, étude Esteban 2015



* Ces données concernent la population entière, intégrant les adultes ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de vitamine D.

** Le diplôme rend compte du diplôme d'enseignement général ou technique le plus élevé que la personne de référence du ménage a obtenu. Il est exprimé en 4 classes : < Bac (aucun diplôme, certificat d'études primaires, CAP, BEP, BEPC, brevet élémentaire, brevet de compagnon) ; Bac, BP (baccalauréat général, technologique ou professionnel, brevet professionnel ou de technicien, BEA, BEC, BEI, BEH, capacité en droit) ; Bac +1 à Bac +3 (diplôme de 1er cycle universitaire, bac +3, licence, BTS, DUT, DEUG, diplôme des professions sociales ou de la santé, diplôme d'infirmier) ; > Bac +3 (diplôme de 2ème ou 3ème cycle universitaire [y compris médecine, pharmacie, dentaire], master, doctorat, diplôme d'ingénieur, diplôme d'une grande école).

D'après les résultats de l'étude Esteban-2015, la prévalence de la carence en vitamine D (<10,0 ng/ml) atteignait 6,5% des adultes, sans distinction significative selon le sexe et l'âge. Le déficit modéré (entre 10,0 et 20,0 ng/ml) concernait 3 adultes sur 10 et seulement ¼ des adultes atteignait un seuil adéquat (>30,0 ng/ml).

Le statut en vitamine D était plus favorable chez les femmes en comparaison des hommes, du fait notamment de leur proportion plus importante à avoir recours à des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de vitamine D.

Le statut en vitamine D s'améliorait à partir de 55 ans (baisse de la prévalence du déficit modéré et augmentation de la prévalence d'atteinte d'un seuil adéquat).

Enfin, la carence en vitamine D touchait davantage les hommes les moins diplômés au pendant d'un déficit modéré chez les plus diplômés. À l'inverse, chez les femmes, les moins diplômées présentaient un statut en vitamine D plus favorable que les plus diplômées.

3.2 Évolution du statut en vitamine D des adultes depuis ENNS-2006

Nb : Le recueil d'informations concernant la consommation de compléments alimentaires ou la prise d'un traitement médicamenteux à base de vitamine D étant moins détaillé dans l'étude ENNS, l'analyse de l'évolution du statut en vitamine D des adultes entre ENNS et Esteban a porté sur la population entière, intégrant les adultes ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou un traitement à base de vitamine D dans chacune des deux enquêtes.

3.2.1 Évolution de la concentration sérique moyenne en 25(OH)D des adultes

En 2006, la concentration sérique moyenne en 25(OH)D des adultes était de 23,3 ng/ml [22,6-23,9]. Elle était supérieure chez les hommes en comparaison des femmes (24,0 ng/ml [23,0-24,9] *versus* 22,6 ng/ml [21,7-23,4] ; $p < 0,05$) et ne différait pas selon les classes d'âge.

La concentration sérique moyenne en 25(OH)D des hommes n'a pas évolué entre 2006 et 2015. Par contre celle des femmes a augmenté de manière significative (passant de 22,6 ng/ml [21,7-23,4] en 2006 à 25,4 ng/ml [24,6-26,2] en 2015 ; $p_s < 0,001$), faisant disparaître la différence entre hommes et femmes qui existait en 2006. Cette augmentation de la concentration sérique moyenne en 25(OH)D concernait les femmes de 55-74 ans uniquement et demeurait statistiquement significative après standardisation des données (22,3 ng/ml [21,2-23,3] en 2006 *versus* 28,1 ng/ml [26,9-29,3] en 2015 ; $p_s < 0,001$).

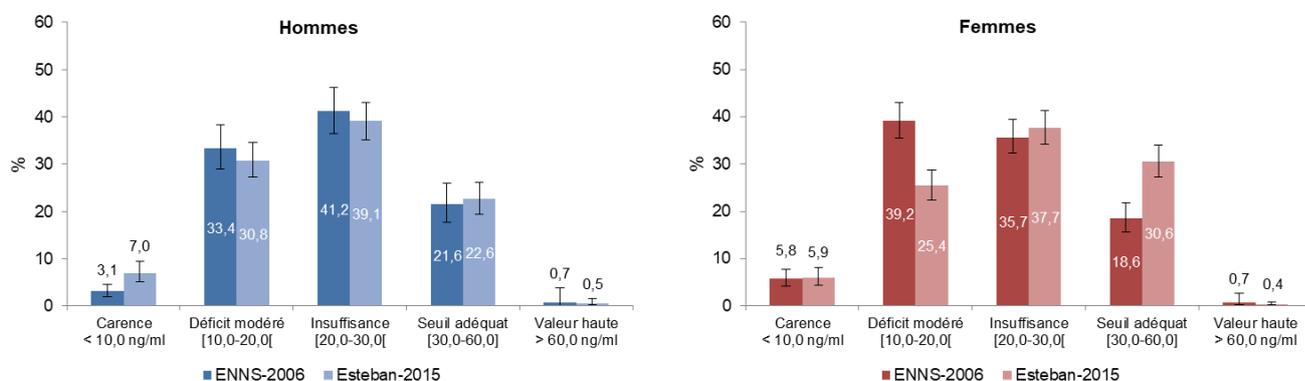
3.2.2 Évolution du statut en vitamine D des adultes selon le sexe et l'âge

De manière générale, la prévalence de la carence en vitamine D a augmenté chez les hommes entre 2006 et 2015. Elle était de 3,1% [2,0-4,6] en 2006 et atteignait 7,0% [5,2-9,5] en 2015. Cette augmentation demeurait statistiquement significative après standardisation des données ($p_s < 0,05$; Figure 6). Elle concernait principalement les hommes de 55-74 ans chez qui la prévalence de la carence a presque triplée en 10 ans (passant de 3,1% [1,6-6,2] en 2006 à 8,8% [5,8-13,3] en 2015 ; $p_s < 0,01$). Aucune autre évolution significative n'a été relevée chez les hommes.

À l'inverse, le statut en vitamine D des femmes s'est amélioré au cours des 10 dernières années. Si la prévalence de la carence n'a pas évolué, celle du déficit modéré a par contre diminué de manière significative passant de 39,2% [35,5-43,0] en 2006 à 25,4% [22,3-28,7] en 2015 ($p_s < 0,001$) et celle de l'atteinte d'un seuil adéquat en vitamine D a augmenté passant de 18,6% [15,7-21,9] en 2006 à 30,6% [27,3-34,0] en 2015 ($p_s < 0,001$; Figure 6). Cette amélioration du statut en vitamine D concernait principalement les femmes de 55-74 ans chez qui la prévalence du déficit modéré a diminué de moitié au cours des 10 dernières années (38,7% [33,2-44,5] en 2006 *versus* 18,3% [14,3-23,1] en 2015 ; $p_s < 0,001$), au profit d'une augmentation significative de la prévalence d'atteinte d'un seuil adéquat en vitamine D (16,4% [12,3-21,4] en 2006 *versus* 42,6% [37,2-48,2] en 2015 ; $p_s < 0,001$). La situation s'est par ailleurs légèrement améliorée chez les femmes de 18-39 ans puisque l'on observe, dans cette classe d'âge, une diminution de la prévalence du déficit modéré (40,2% [32,9-48,1] en 2006 *versus* 28,7% [22,6-35,8] en 2015 ; $p_s < 0,05$) au profit d'une augmentation de la prévalence de l'insuffisance en vitamine D (31,0% [24,8-38,0] en 2006 *versus* 41,3% [34,3-48,6] en 2015 ; $p_s < 0,05$).

I FIGURE 6 I

Distribution des hommes et des femmes* selon leur statut en vitamine D, comparaison ENNS 2006 / Esteban 2015



* Ces données concernent la population entière, intégrant les adultes ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de vitamine D.

3.2.3 Évolution du statut en vitamine D des adultes selon le niveau de diplôme

En 2006, la prévalence de la carence en vitamine D ne différait pas selon le niveau de diplôme chez les hommes alors que ces écarts étaient significatifs en 2015. En 10 ans, la prévalence de la carence en vitamine D a donc augmenté de manière significative chez les moins diplômés en étant multipliée par trois chez les hommes déclarant un niveau de diplôme inférieur au baccalauréat (2,8% [1,6-5,0] en 2006 *versus* 9,3% [6,1-14,0] en 2015 ; $p_s < 0,01$). Chez les femmes, la prévalence du déficit modéré en vitamine D a diminué entre 2006 et 2015 quel que soit le niveau de diplôme. La prévalence d'atteinte d'un seuil adéquat en vitamine D a quant à elle augmenté de manière significative uniquement chez les femmes les moins diplômées les plaçant ainsi en 2015 dans une situation plus favorable que les plus diplômées. Cette prévalence, restée constante entre 2006 et 2015 chez les femmes déclarant détenir un diplôme d'études supérieures, a en effet doublé, sur la même période, chez celles déclarant un niveau de diplôme inférieur au baccalauréat (18,2% [14,4-22,8] en 2006 *versus* 37,6% [31,9-43,7] en 2015 ; $p_s < 0,001$), ou égal au baccalauréat (10,4% [7,0-15,2] en 2006 *versus* 24,8% [18,8-31,9] en 2015 ; $p_s < 0,05$).

D'après les données mesurées dans les études ENNS et Esteban, la prévalence de la carence en vitamine D a augmenté chez les hommes ces 10 dernières années, passant de 3% en 2006 à 7% en 2015. Cette augmentation concernait principalement les hommes de 55-74 ans et les hommes les moins diplômés (avec un niveau de diplôme inférieur au baccalauréat) chez qui la prévalence de la carence a triplé en dix ans.

A l'inverse, le statut en vitamine D des femmes s'est amélioré sur la période. La prévalence du déficit modéré a diminué, passant de 39% en 2006 à 24% en 2015 et celle de l'atteinte d'un seuil adéquat en vitamine D a augmenté passant de 19% à 31% en dix ans. Ces améliorations concernaient principalement les femmes de 55-74 ans.

La prévalence d'atteinte d'un seuil adéquat en vitamine D a par ailleurs doublée entre 2006 et 2015 chez les femmes les moins diplômées (avec un niveau de diplôme inférieur ou égal au baccalauréat) les plaçant ainsi en 2015 dans une situation plus favorable que les femmes les plus diplômées.

3.3 Statut en vitamine D chez les enfants

Le dosage de la vitamine D était disponible pour 676 enfants âgés de 6 à 17 ans (336 garçons et 340 filles) soit 85,1% des enfants ayant participé à l'examen de santé.

Parmi les enfants ayant réalisé un dosage de la vitamine D, 0,5% [0,3-1,1] ont déclaré avoir consommé des compléments alimentaires à base de vitamine D au moins 3 jours par semaine dans les semaines précédentes, sans prise de médicament associée (0,3% [0,1-1,2] des garçons et 0,8% [0,4-1,8] des filles) et 3,4% [1,6-7,4] avaient pris un traitement médicamenteux à base de vitamine D dans les 3 mois précédent le prélèvement, associé ou non à des compléments alimentaires (5,3% [2,0-13,4] des garçons et 1,4% [0,7-2,7] des filles ; $p < 0,05$).

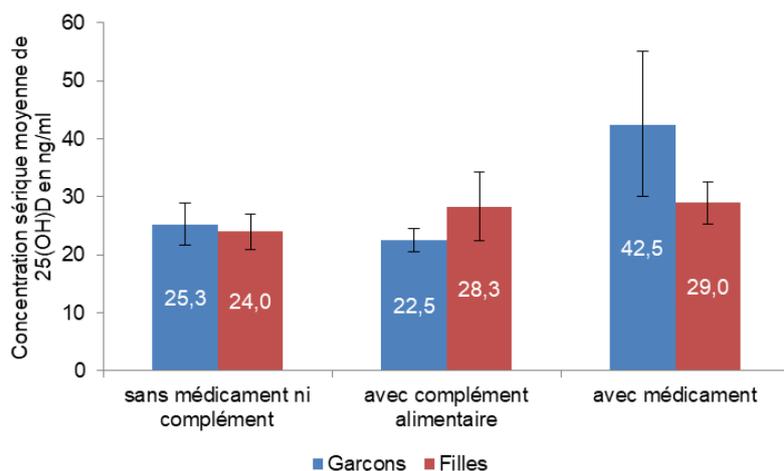
3.3.1 Concentration sérique moyenne en 25(OH)D

La concentration sérique moyenne en 25(OH)D des enfants de 6-17 ans était de 25,2 ng/ml [22,8-27,6], sans distinction entre garçons et filles. Elle était de 24,7 ng/ml [22,3-27,1] chez les enfants n'ayant déclaré ni prise de médicament, ni consommation de compléments alimentaires à base de vitamine D ; elle était de 26,7 ng/ml [22,0-31,3] chez les enfants ayant consommé des compléments alimentaires à base de vitamine D de manière régulière dans les semaines précédant le prélèvement et atteignait 40,0 ng/ml [28,3-51,6] chez les enfants ayant eu un traitement médicamenteux de vitamine D dans les 3 mois précédents (42,5 ng/ml [30,0-55,1] chez les garçons et 29,0 ng/ml [25,3-32,6] chez les filles ; $p < 0,05$; Figure 7).

La concentration sérique moyenne en 25(OH)D était inférieure chez les adolescents en comparaison des enfants plus jeunes et ce, sans distinction entre garçons et filles (concentrations sériques moyennes de 26,4 ng/ml [23,0-29,7] chez les 6-10 ans, 28,6 ng/ml [25,1-32,1] chez les 11-14 ans et 17,9 ng/ml [15,0-20,8] chez les 15-17 ans ; $p < 0,001$).

I FIGURE 7 I

Concentration sérique moyenne en 25(OH)D (en ng/ml) chez les enfants, selon le sexe, étude Esteban 2015



25(OH)D : vitamine D sérique

3.3.2 Distribution des enfants selon leur statut en vitamine D

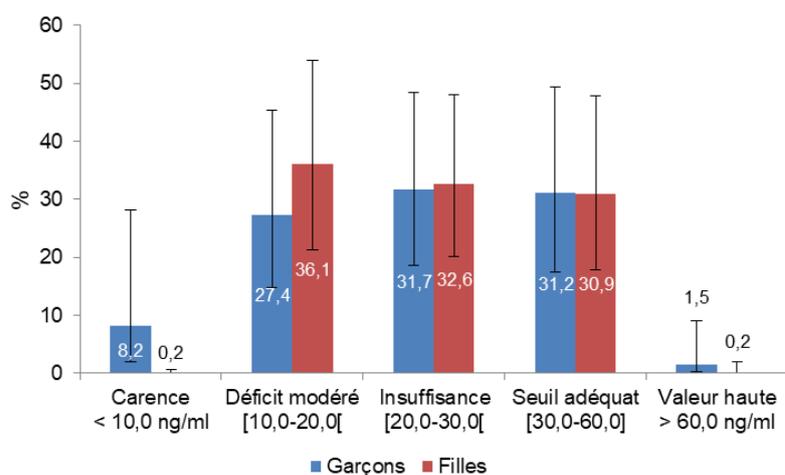
3.3.2.1 Analyses selon le sexe et l'âge

La prévalence de la carence en vitamine D était de 4,3% [1,1-15,3] en moyenne chez les enfants de 6-17 ans (Figure 8). Trois enfants sur 10 présentaient un déficit modéré (32,8% [22,1-45,6]), sans distinction entre garçons et filles et il en était de même concernant la prévalence de l'insuffisance (32,1% [22,6-43,3]) et l'atteinte d'un seuil adéquat en vitamine D (31,0% [21,0-43,2]). Aucune différence n'était relevée en excluant des analyses les enfants ayant déclaré consommer des compléments alimentaires ou des médicaments à base de vitamine D.

De manière générale, le statut en vitamine D était moins favorable chez les adolescents (15-17 ans) en comparaison des enfants plus jeunes ($p < 0,001$) : la prévalence de la carence atteignait 12,8% [2,0-51,7] et 6 adolescents sur 10 (61,9% [35,3-82,9]) présentaient un déficit modéré. Ils n'étaient ainsi que 4,1% [1,8-9,0] de cette classe d'âge à atteindre un seuil adéquat en vitamine D (Figure 9). La situation la plus favorable concernait les 11-14 ans où la moitié d'entre eux témoignait d'un seuil adéquat en vitamine D. Ces constatations étaient comparables chez les garçons et chez les filles et ne différaient pas après exclusion des enfants ayant déclaré consommer des compléments alimentaires ou des médicaments à base de vitamine D.

I FIGURE 8 I

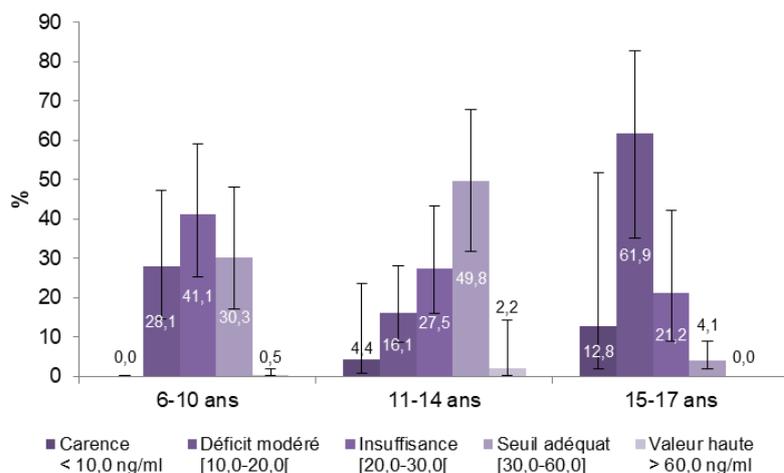
Distribution des enfants de 6-17 ans* selon leur statut en vitamine D et selon le sexe, étude Esteban 2015



* Ces données concernent la population entière, intégrant les enfants ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de vitamine D.

I FIGURE 9 I

Distribution des enfants de 6-17 ans* selon leur statut en vitamine D et selon l'âge, étude Esteban 2015



* Ces données concernent la population entière, intégrant les enfants ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de vitamine D.

3.3.2.2 Analyses selon le niveau de diplôme

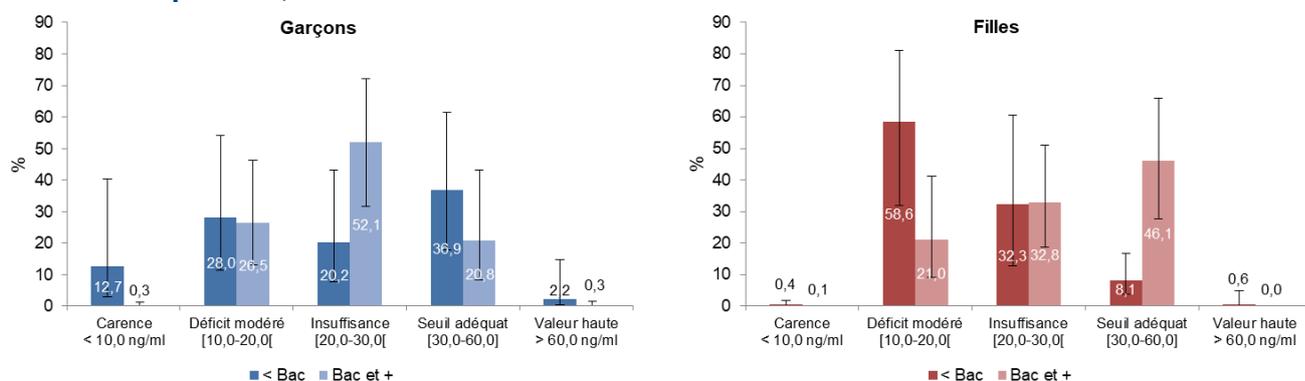
Chez les garçons, la prévalence de la carence en vitamine D était plus importante chez ceux dont la personne de référence du ménage déclarait un niveau de diplôme inférieur au baccalauréat, en comparaison de ceux déclarant détenir le baccalauréat ou un diplôme supérieur (12,7% [3,0-40,3] *versus* 0,3% [0,01-1,2] ; $p < 0,001$; Figure 10). A l'inverse, la prévalence de l'insuffisance était supérieure chez les garçons issus des ménages les plus diplômés (52,1% [31,5-72,1] chez les Bac et + *versus* 20,3% [7,8-43,2] chez les < Bac ; $p < 0,05$; Figure 10).

Chez les filles, la différence se faisait sur la prévalence du déficit modéré, qui était près de 3 fois plus importante chez les filles issues des ménages les moins diplômés en comparaison des ménages les plus diplômés (58,6% [31,9-81,0] chez les < Bac *versus* 21,0% [9,2-41,2] chez les Bac et + ; $p < 0,05$; Figure 10). Ainsi, seules 8,1% [3,7-16,8] des filles dont la personne de référence du ménage déclarait un niveau de diplôme inférieur au baccalauréat atteignaient un seuil adéquat en vitamine D, contre 46,1% [27,6-65,9] des filles issues de ménages plus diplômés ($p < 0,001$; Figure 10).

L'ensemble de ces différences perdurait après exclusion des enfants ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou des médicaments à base de vitamine D.

I FIGURE 10 I

Distribution des garçons et des filles de 6-17 ans* selon leur statut en vitamine D et selon le diplôme**, étude Esteban 2015



* Ces données concernent la population entière, intégrant les enfants ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de vitamine D.

** Le diplôme rend compte du diplôme d'enseignement général ou technique le plus élevé que la personne de référence du ménage ait obtenu. Il est exprimé ici en 2 classes : < Bac (sans diplôme ou diplôme inférieur au baccalauréat) et Bac et + (baccalauréat et diplôme de niveau supérieur).

D'après les résultats de l'étude Esteban-2015, la prévalence de la carence en vitamine D (<10,0 ng/ml) était de 4% chez les enfants de 6-17 ans. Un tiers des enfants présentait un déficit modéré (entre 10,0 et 20,0 ng/ml) et seulement 3 enfants sur 10 atteignaient un seuil adéquat en vitamine D (>30,0 ng/ml).

Le statut en vitamine D était moins favorable chez les adolescents (15-17 ans) en comparaison des enfants plus jeunes : la prévalence de la carence atteignait 13% et ils n'étaient que 4% à atteindre un seuil adéquat en vitamine D contre 50% des 11-14 ans.

Enfin, la carence en vitamine D touchait davantage les garçons dont la personne de référence du ménage déclarait un niveau de diplôme inférieur au baccalauréat (en comparaison de ceux déclarant détenir le baccalauréat ou un diplôme supérieur). De même, chez les filles, la prévalence du déficit modéré était près de 3 fois plus importante chez celles issues des ménages les moins diplômés en comparaison des ménages les plus diplômés.

4. STATUT EN FER

4.1 Statut en fer chez les adultes

Le dosage de l'hémoglobine (réalisé en dosage immédiat le jour de l'examen de santé) était disponible pour 2422 adultes (1071 hommes et 1351 femmes) soit 98,0% des adultes ayant participé à l'examen de santé de l'étude Esteban.

Le dosage de la ferritine était quant à lui disponible pour 2335 adultes (1026 hommes et 1309 femmes) soit 94,5% des participants à l'examen de santé.

Au total, 2293 adultes (1008 hommes et 1285 femmes) disposaient à la fois d'un dosage de l'hémoglobine et d'un dosage de ferritine (92,8% des participants à l'examen de santé).

Parmi les adultes ayant réalisé un dosage de l'hémoglobine, 3,8% [2,9-5,0] ont déclaré avoir consommé des compléments alimentaires à base de fer au moins 3 jours par semaine dans les semaines précédentes, sans prise de médicament associée (2,5% [1,5-4,1] des hommes et 5,0% [3,6-6,9] des femmes ; $p < 0,05$) et 3,3% [2,4-4,5] avaient pris un traitement médicamenteux à base de fer dans l'année précédant le prélèvement, associé ou non à des compléments alimentaires (0,7% [0,3-1,7] des hommes et 5,8% [4,2-7,9] des femmes ; $p < 0,001$).

Parmi les adultes ayant réalisé un dosage de ferritine, 3,8% [2,9-5,0] avaient consommé des compléments alimentaires à base de fer dans les semaines précédentes, sans prise de médicament associée (2,2% [1,3-3,7] des hommes et 5,4% [3,9-7,3] des femmes ; $p < 0,01$) et 3,2% [2,3-4,3] avaient pris un traitement médicamenteux à base de fer dans l'année précédant le prélèvement, associé ou non à des compléments alimentaires (0,7% [0,3-1,8] des hommes et 5,5% [4,0-7,6] des femmes ; $p < 0,001$).

Enfin, parmi les adultes ayant réalisé les deux dosages (hémoglobine et ferritine), 3,9% [2,9-5,1] avaient consommé des compléments alimentaires à base de fer dans les semaines précédentes, sans prise de médicament associée (2,3% [1,4-3,8] des hommes et 5,3% [3,9-7,3] des femmes ; $p < 0,001$) et 3,1% [2,3-4,3] avaient pris un traitement médicamenteux à base de fer dans l'année précédant le prélèvement, associé ou non à des compléments alimentaires (0,7% [0,3-1,8] des hommes et 5,4% [3,9-7,5] des femmes ; $p < 0,001$).

4.1.1 Fréquence des anémies

De manière générale, le taux moyen d'hémoglobine dans le sang était de 15,3 g/dl [15,2-15,4] chez les hommes et de 13,5 g/dl [13,4-13,6] chez les femmes. Il était légèrement plus faible chez les hommes déclarant avoir consommé des compléments alimentaires à base de fer au moins 3 jours par semaine dans les semaines précédant le prélèvement (14,9 g/dl [13,7-16,0]) ainsi que chez les personnes ayant eu un traitement médicamenteux à base de fer dans l'année précédente (14,2 g/dl [13,9-14,5] chez les hommes, $p < 0,001$ et 13,0 g/dl [12,7-13,3] chez les femmes, $p < 0,01$).

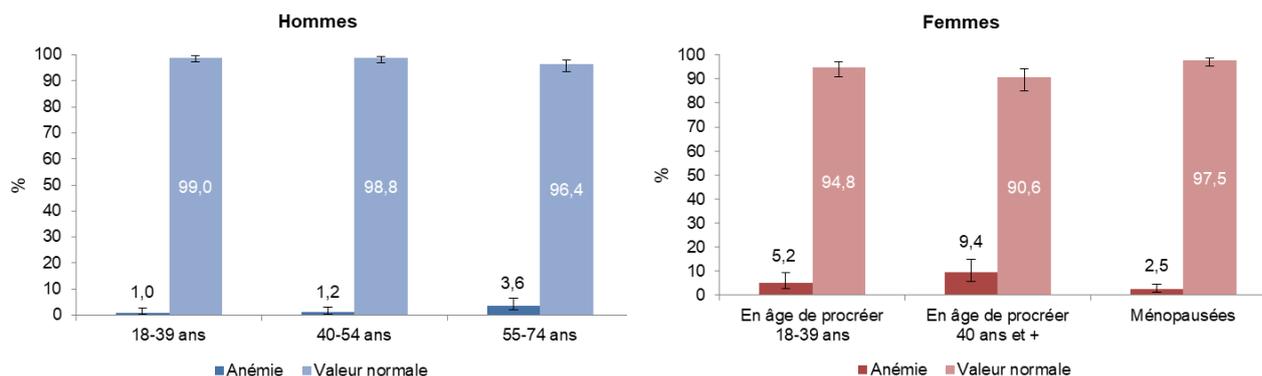
Selon les valeurs de référence définies dans le Tableau 1, 2,0% [1,3-3,2] des hommes et 5,1% [3,6-7,0] des femmes présentaient une anémie. La prévalence de l'anémie augmentait avec l'âge chez les hommes pour atteindre 3,6% [1,9-6,5] chez les 55-74 ans ($p < 0,05$; Figure 11). Chez les femmes, la prévalence de l'anémie était plus faible chez les femmes ménopausées (2,5% [1,4-4,7] *versus* 7,0% [4,8-10,1] chez les non-ménopausées ; $p < 0,01$) et culminait à 9,4% [5,8-15,0] chez les femmes de 40 ans et plus non ménopausées ($p < 0,01$; Figure 11).

Ces données ne différaient pas de manière significative après exclusion des personnes ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou des médicaments à base de fer.

Par ailleurs, aucune différence n'était relevée selon le niveau de diplôme des individus.

I FIGURE 11 I

Distribution des hommes et des femmes (en âge de procréer ou ménopausées) de 18-74 ans* selon la présence d'une anémie et selon l'âge, étude Esteban 2015



* Ces données concernent la population entière, intégrant les adultes ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de fer.

4.1.2 Distribution des adultes selon leur ferritinémie

4.1.2.1 Taux de ferritine

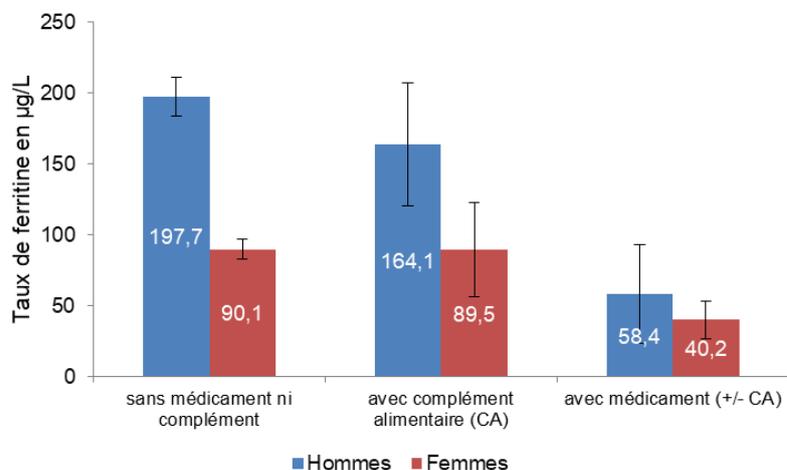
De manière générale, le taux de ferritine était en moyenne de 195,9 µg/L [182,4-209,4] chez les hommes et de 87,3 µg/L [80,9-93,8] chez les femmes. Il était beaucoup plus faible chez les personnes ayant eu un traitement médicamenteux à base de fer dans l'année écoulée ($p < 0,001$) atteignant dans ce cas 58,4 µg/L [23,8-93,0] en moyenne chez les hommes et 40,2 µg/L [26,7-53,8] chez les femmes (Figure 12).

Le taux de ferritine augmentait avec l'avancée en âge, tant chez les hommes que chez les femmes et ce, indépendamment de la prise éventuelle de complément alimentaire ou de médicament à base de fer ($p < 0,001$). Il atteignait ainsi 225,7 µg/L [204,4-247,1] chez les hommes de 55-74 ans et 128,0 µg/L [117,0-139,1] chez les femmes ménopausées.

Le taux de ferritine était par ailleurs supérieur chez les hommes et les femmes les moins diplômés (niveau de diplôme inférieur au baccalauréat) en comparaison de ceux détenant le baccalauréat ou un diplôme supérieur (216,1 µg/L *versus* 177,8 µg/L chez les hommes, $p < 0,01$; et 108,1 µg/L *versus* 69,9 µg/L chez les femmes, $p < 0,001$).

I FIGURE 12 I

Taux de ferritine (en $\mu\text{g/L}$) chez les adultes, selon le sexe et selon la prise de compléments alimentaires et/ou de médicaments à base de fer, étude Esteban 2015



CA : complément alimentaire

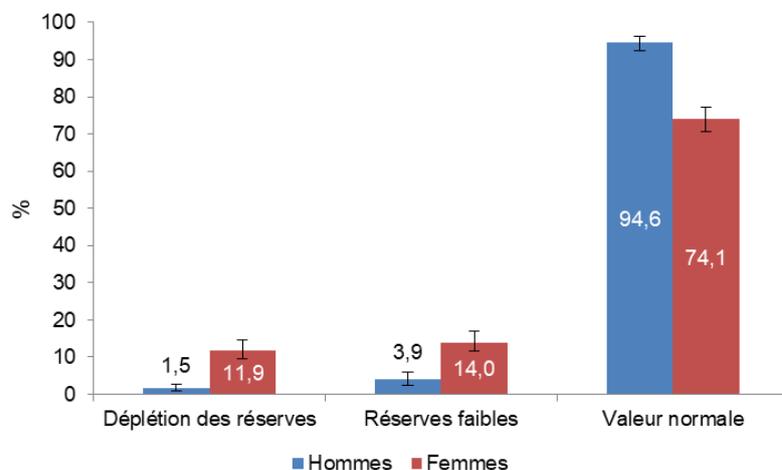
4.1.2.2 Fréquence des déplétions en fer

4.1.2.2.1 Analyses selon le sexe et la prise ou non de médicaments ou de compléments alimentaires

De manière générale, parmi les adultes de 18-74 ans, 6,9% [5,6-8,4] présentaient une déplétion totale des réserves en fer (ferritine $< 15,0 \mu\text{g/L}$) et 9,1% [7,6-10,9] des réserves faibles ([15,0-30,0] $\mu\text{g/L}$). Cela concernait davantage les femmes que les hommes, puisque 11,9% [9,6-14,6] d'entre elles présentaient une déplétion totale des réserves en fer et 14,0% [11,5-17,0] des réserves faibles, contre respectivement 1,5% [0,8-2,8] et 3,9% [2,5-5,9] des hommes ($p < 0,001$; Figure 13). Au final, si plus de 9 hommes sur 10 témoignaient d'une valeur normale de ferritinémie ($\geq 30,0 \mu\text{g/L}$), ce n'était le cas que de 3 femmes sur 4 (différence significative ; $p < 0,001$).

I FIGURE 13 I

Distribution des hommes et des femmes de 18-74 ans* selon le niveau des réserves en fer (ferritinémie), étude Esteban 2015



* Ces données concernent la population entière, intégrant les adultes ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de fer.

Le statut en fer des personnes déclarant avoir pris des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de fer était davantage défavorable : la prévalence de la déplétion totale des réserves en fer atteignait 11,2% [5,2-22,8] chez les adultes consommant des compléments alimentaires sans prise de médicament associée et 18,0% [9,3-32,0] chez ceux ayant pris un traitement médicamenteux dans l'année écoulée, associé ou non à des compléments alimentaires ; et la prévalence des réserves faibles atteignait 13,1% [5,8-26,7] chez les adultes consommant des compléments alimentaires sans prise de médicament associé et 37,7% [24,0-53,7] chez ceux ayant pris un traitement médicamenteux associé ou non à des compléments alimentaires. Au final, seuls 75,7% [61,7-85,8] des adultes prenant des compléments alimentaires sans prise de médicament associée et 44,3% [29,7-59,9] des adultes ayant reçu un traitement médicamenteux associé ou non à des compléments alimentaires atteignaient une valeur normale de ferritinémie ($p < 0,001$).

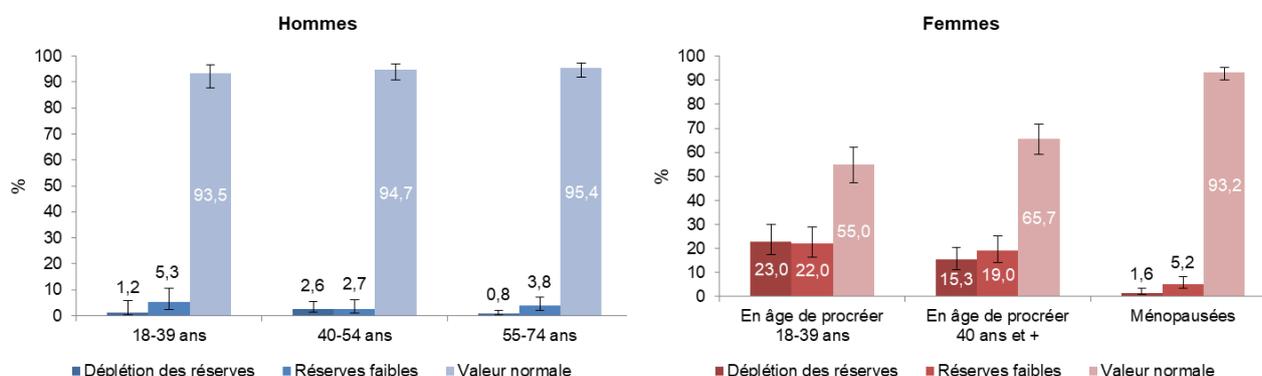
4.1.2.2 Analyses selon le sexe et l'âge

Le niveau des réserves en fer des hommes ne variait pas selon l'âge. Quelle que soit la classe d'âge, ils étaient plus de 9 sur 10 à avoir une valeur normale de ferritinémie.

Par contre, la ferritinémie variait selon l'âge chez les femmes ($p < 0,001$; Figure 14). La prévalence des déplétions des réserves en fer et celle des réserves faibles étaient les plus élevées chez les femmes en âge de procréer : elles atteignaient respectivement 20,3% [16,3-24,9] et 21,5% [17,3-26,3]. Cela affectait notamment les plus jeunes puisque près d'1/4 des femmes de 18-39 ans témoignait d'une déplétion totale des réserves en fer (Figure 14).

I FIGURE 14 I

Distribution des hommes et des femmes (en âge de procréer ou ménopausées) de 18-74 ans* selon le niveau des réserves en fer (ferritinémie) et selon l'âge, étude Esteban 2015



* Ces données concernent la population entière, intégrant les adultes ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de fer.

Les résultats ne différaient pas après exclusion des adultes ayant déclaré consommer des compléments alimentaires ou des médicaments à base de fer.

De même, aucune différence n'était relevée selon le niveau de diplôme chez les hommes, ni chez les femmes en tenant compte de leur âge et de leur statut ménopausique.

4.1.3 Fréquence de l'anémie ferriprive

Au total, 3,9% [2,4-6,4] des femmes en âge de procréer présentaient à la fois une hémoglobinémie < 12 g/dl et une ferritinémie < 15 µg/L, marqueurs d'une anémie ferriprive. Cette prévalence était de 2,8% [1,2-6,2] chez les femmes en âge de procréer de 18-39 ans et atteignait 5,5% [2,9-10,0] chez les femmes en âge de procréer de 40 ans et plus. Aucune différence n'était relevée selon le niveau de diplôme.

La prévalence de l'anémie ferriprive était de 0,4% [0,1-1,6] chez les femmes ménopausées et de 0,2% [0,0-0,8] chez les hommes.

Six femmes sur 10 (62,2% [39,6-80,5]) souffrant d'une anémie ferriprive, avait déclaré avoir déjà souffert dans le passé d'une anémie ferriprive ou d'une carence en fer chronique (plus d'un an) ayant nécessité parfois une supplémentation en fer. Cependant, parmi les femmes souffrant actuellement d'une anémie ferriprive, seules 3,8% [0,5-23,1] avaient pris un traitement médicamenteux dans l'année précédente.

D'après les résultats de l'étude Esteban-2015, 2,0% des hommes et 5,1% des femmes présentaient une anémie. La prévalence de l'anémie augmentait avec l'âge chez les hommes pour atteindre 3,6% chez les 55-74 ans. Elle était plus faible chez les femmes ménopausées et culminait à 9,4% chez les femmes en âge de procréer de 40 ans et plus.

Plus de neuf hommes sur 10 avaient une valeur normale de ferritinémie, quel que soit l'âge ; 1,5% avaient une déplétion totale des réserves en fer et 3,9% des réserves faibles.

Moins de 6 femmes en âge de procréer sur 10 avaient une valeur normale de ferritinémie ; 20,3% avaient une déplétion totale des réserves en fer et 21,5% des réserves faibles. Au total, 3,9% des femmes en âge de procréer souffraient d'une anémie ferriprive (la grande majorité non traitée) et cette prévalence atteignait 5,5% chez les femmes de 40 ans et plus non ménopausées.

Le statut en fer des adultes déclarant avoir consommé des compléments alimentaires ou pris un traitement médicamenteux à base de fer était plus défavorable.

Enfin, bien que le taux de ferritine moyen soit supérieur chez les adultes les moins diplômés, aucune différence n'était relevée quant au niveau des réserves en fer (ferritinémie) en fonction du niveau de diplôme des individus.

4.2 Évolution du statut en fer des adultes depuis ENNS-2006

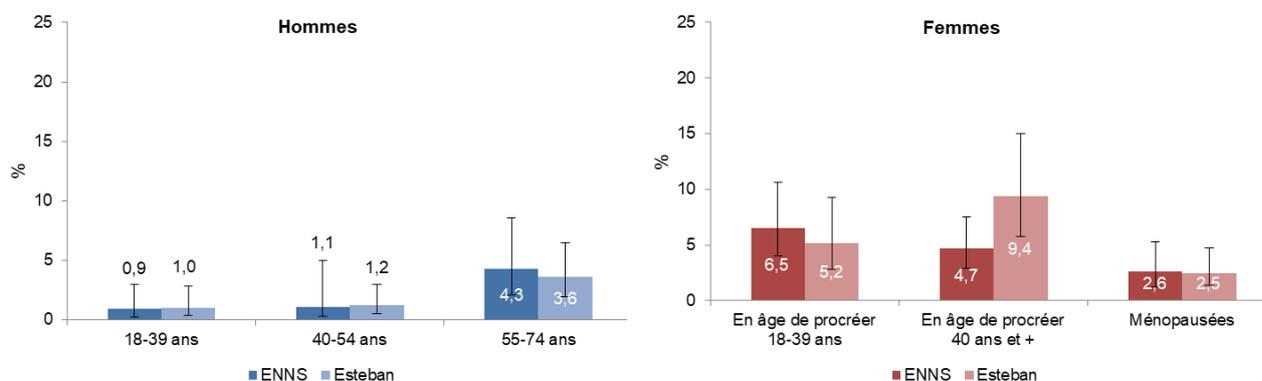
4.2.1 Évolution de la fréquence des anémies

En 2006, le taux moyen d'hémoglobine dans le sang était de 15,3 g/dl [15,2-15,4] chez les hommes et de 13,7 g/dl [13,6-13,8] chez les femmes. En 10 ans, ce taux moyen a diminué de manière significative chez les femmes, notamment chez les femmes ménopausées (13,9 g/dl [13,8-14,0] en 2006 *versus* 13,6 g/dl [13,6-13,7] en 2015 ; $p < 0,001$), indépendamment de la prise éventuelle d'un traitement médicamenteux à base de fer. Par ailleurs, le taux moyen d'hémoglobine dans le sang différait selon le niveau de diplôme en 2006 : il était supérieur chez les hommes les plus diplômés (niveau Bac et +) en comparaison de ceux ne détenant pas le baccalauréat (15,4 g/dl [15,3-15,3] *versus* 15,2 g/dl [15,1-15,3] ; $p < 0,05$) et à l'inverse chez les femmes les moins diplômées (niveau inférieur au baccalauréat) en comparaison de celles de niveau Bac et + (13,8 g/dl [13,7-13,9] *versus* 13,5 g/dl [13,4-13,7] ; $p < 0,01$). Ces différences selon le niveau de diplôme n'existaient plus en 2015 et le taux moyen d'hémoglobine a diminué de manière significative chez les femmes les moins diplômées ($p < 0,05$).

La prévalence de l'anémie était de 1,9% [1,0-3,4] chez les hommes et de 4,5% [3,3-6,2] chez les femmes en 2006. Elle augmentait déjà avec l'âge chez les hommes (atteignant 4,3% [2,1-8,6] chez les 55-74 ans ; $p < 0,05$) mais ne différait pas de manière significative en fonction de l'âge chez les femmes. Entre 2006 et 2015, la prévalence de l'anémie n'a pas évolué de manière significative mais elle est devenue significativement différente selon les classes d'âge chez les femmes (Figure 15).

I FIGURE 15 I

Prévalence de l'anémie chez les hommes et les femmes (en âge de procréer ou ménopausées) de 18-74 ans* selon l'âge, comparaison ENNS 2006 / Esteban 2015



* Ces données concernent la population entière, intégrant les adultes ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de fer.

Enfin, en 2006, la prévalence de l'anémie était supérieure chez les hommes les moins diplômés (2,5% [1,3-4,7] chez ceux ne détenant pas le baccalauréat *versus* 0,7% [0,3-1,9] chez les détenteurs d'un baccalauréat ou d'un diplômé supérieur ; $p < 0,05$) et à l'inverse chez les femmes les plus diplômées en comparaison de celles de niveau inférieur au baccalauréat (6,7% [4,4-10,1] chez les Bac et + *versus* 3,3% [2,0-5,36] chez les < Bac ; $p < 0,05$). Bien que les évolutions par niveau de diplôme ne soient pas significatives, ces différences ont toutefois disparues en 2015.

4.2.2 Évolution de la ferritinémie des adultes

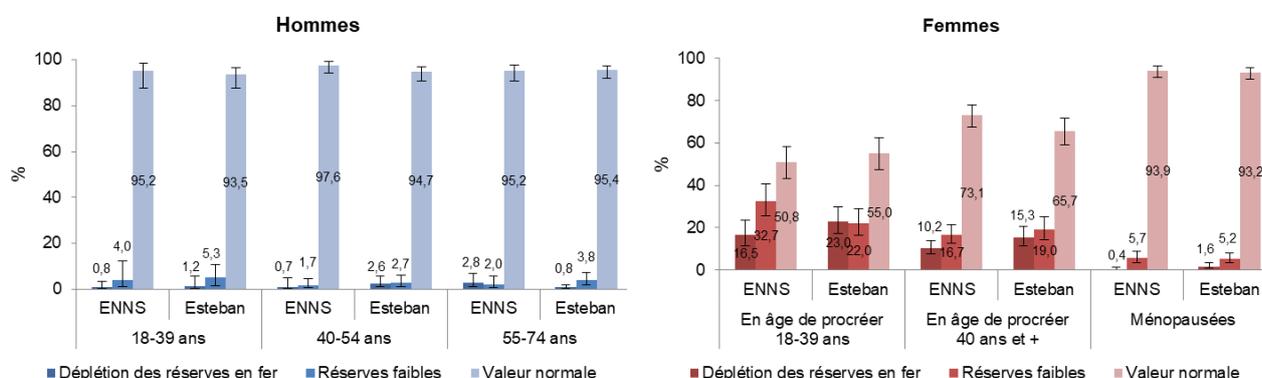
En 2006, le taux de ferritine était en moyenne de 291,0 $\mu\text{g/L}$ [107,3-474,8] chez les hommes et de 81,2 $\mu\text{g/L}$ [76,0-86,5] chez les femmes. Comme en 2015, il différait selon les classes d'âge, étant supérieur chez les hommes de 40-54 ans et augmentant avec l'âge chez les femmes ($p < 0,001$). Le taux de ferritine était également supérieur chez les femmes les moins diplômées en comparaison de celles détenant le baccalauréat ou un diplôme supérieur ($p < 0,001$). Le taux de ferritine n'a pas évolué de manière significative entre 2006 et 2015, quels que soient le sexe, l'âge ou le niveau de diplôme.

En 2006, 1,3% [0,6-2,7] des hommes avaient une déplétion des réserves en fer et 2,6% [1,2-5,5] des réserves faibles. Aucune différence n'était observée selon l'âge ou le niveau de diplôme. Chez les femmes par contre, le niveau des réserves en fer différait selon ces variables : comme en 2015 la prévalence des déplétions en fer et celle des réserves faibles étaient plus élevées chez les femmes en âge de procréer ($p < 0,001$) et la prévalence des réserves faibles en fer était également plus élevée chez les femmes les moins diplômées (niveau de diplôme inférieur au baccalauréat ; $p < 0,05$).

Entre 2006 et 2015, la prévalence de la déplétion des réserves en fer a évolué de manière significative chez les adultes les plus âgés. Elle a diminué chez les hommes de 55-74 ans (2,8% [1,1-6,8] en 2006 *versus* 0,8% [0,3-1,9] en 2015 ; $p_s < 0,05$) et a augmenté chez les femmes ménopausées (0,4% [0,1-1,2] en 2006 *versus* 1,6% [0,8-3,4] en 2015 ; $p_s < 0,05$; Figure 16). Concernant le niveau de diplôme, la seule évolution significative concerne la prévalence d'une valeur normale des réserves en fer qui a diminué en 10 ans chez les hommes détenant le baccalauréat ou un diplôme supérieur. Ils étaient 97,6% [94,8-98,9] à avoir une ferritinémie normale en 2006 contre 94,2% [91,2-96,3] en 2015 ($p_s < 0,05$).

I FIGURE 16 I

Distribution des hommes et des femmes (en âge de procréer ou ménopausées) de 18-74 ans* selon le niveau des réserves en fer (ferritinémie) et selon l'âge, comparaison ENNS 2006 / Esteban 2015



* Ces données concernent la population entière, intégrant les adultes ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de fer.

4.2.3 Évolution de la prévalence de l'anémie ferriprive des adultes

En 2006, 3,0% [1,9-4,7] des femmes en âge de procréer souffraient d'une anémie ferriprive (2,5% [1,2-5,1] des femmes de 18-39 ans et 3,6% [2,0-6,3] des femmes de 40 ans et plus non ménopausées). Il n'y avait pas de différence selon le niveau de diplôme. La prévalence de l'anémie ferriprive était de 0,1% [0,0-0,4] chez les femmes ménopausées et de 0,5% [0,1-1,7] chez les hommes.

Entre 2006 et 2015, aucune évolution significative de la prévalence de l'anémie ferriprive n'a été relevée.

D'après les données mesurées dans les études ENNS et Esteban, la prévalence de l'anémie n'a pas évolué de manière significative ces 10 dernières années. Les différences observées en 2006 selon le niveau de diplôme ont toutefois disparues en 2015.

La prévalence de la déplétion des réserves en fer a évolué de manière significative sur la période chez les adultes les plus âgés : elle a diminué chez les hommes de 55-74 ans (passant de 2,8% en 2006 à 0,8% en 2015) et a augmenté chez les femmes ménopausées (de 0,4% en 2006 à 1,6% en 2015).

Par ailleurs, la prévalence d'atteinte d'un niveau normal de réserves en fer a diminué en 10 ans chez les hommes les plus diplômés.

Enfin, aucune évolution de la prévalence de l'anémie ferriprive n'a été relevée sur la période.

4.3 Statut en fer chez les enfants

Le dosage de l'hémoglobine était disponible pour 764 enfants (373 garçons et 391 filles), soit 96,2% des enfants ayant participé à l'examen de santé de l'étude Esteban.

Le dosage de la ferritine était quant à lui disponible pour 653 enfants (325 garçons et 328 filles) soit 82,2% des participants à l'examen de santé.

Au total, 628 enfants (310 garçons et 318 filles) disposaient à la fois d'un dosage de l'hémoglobine et d'un dosage de ferritine (79,1% des participants à l'examen de santé).

Parmi les enfants ayant réalisé un dosage de l'hémoglobine, 0,9% [0,3-2,7] ont déclaré avoir consommé des compléments alimentaires à base de fer au moins 3 jours par semaine dans les semaines précédentes, sans prise de médicament associée (1,5% [0,4-5,3] des garçons et 0,3% [0,1-1,0] des filles ; différence non significative) et 2,5% [0,5-12,1] avaient pris un traitement médicamenteux à base de fer dans l'année précédant le prélèvement, associé ou non à des compléments alimentaires (0,1% [0,0-0,4] des garçons et 4,9% [0,9-22,9] des filles ; $p < 0,001$).

Parmi les enfants ayant réalisé un dosage de ferritine, 0,9% [0,2-3,0] avaient consommé des compléments alimentaires à base de fer sans prise de médicament associée (1,3% [0,3-6,3] des garçons et 0,4% [0,1-1,2] des filles ; différence non significative) et 2,9% [0,5-14,0] avaient pris un traitement médicamenteux à base de fer dans l'année précédant le prélèvement, associé ou non à des compléments alimentaires (0,1% [0,0-0,4] des garçons et 5,8% [1,1-26,3] des filles ; $p < 0,001$).

Enfin, parmi les enfants ayant réalisé les deux dosages (hémoglobine et ferritine), 0,9% [0,2-3,1] avaient consommé des compléments alimentaires à base de fer dans les semaines précédentes, sans prise de médicament associée (1,4% [0,3-6,5] des garçons et 0,4% [0,1-1,2] des filles ; $p < 0,001$) et 2,9% [0,5-14,3] avaient pris un traitement médicamenteux à base de fer dans l'année précédant le prélèvement, associé ou non à des compléments alimentaires (0,1% [0,0-0,5] des garçons et 5,9% [1,1-26,6] des filles ; $p < 0,001$).

4.3.1 Fréquence des anémies

De manière générale, le taux moyen d'hémoglobine dans le sang était de 14,3 g/dl [13,9-14,8] chez les garçons et de 13,0 g/dl [12,7-13,3] chez les filles. Il était légèrement plus faible chez les garçons ayant eu un traitement médicamenteux à base de fer dans l'année précédente, associé ou non à des compléments alimentaires (13,4 g/dl [12,0-14,8]) et plus élevé chez les filles déclarant avoir consommé des compléments alimentaires à base de fer au moins 3 jours par semaine dans les semaines précédant le prélèvement, sans prise de médicament associée (13,7 g/dl [13,1-14,3]).

Selon les valeurs de référence définies dans le Tableau 1, 0,6% [0,3-1,5] des garçons et 13,9% [5,2-31,9] des filles de 6-17 ans présentaient une anémie. Cette prévalence ne différait pas de manière significative selon les classes d'âge, ni après exclusion des enfants ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou des médicaments à base de fer. Aucune différence n'était par ailleurs relevée selon le niveau de diplôme de l'adulte de référence du ménage.

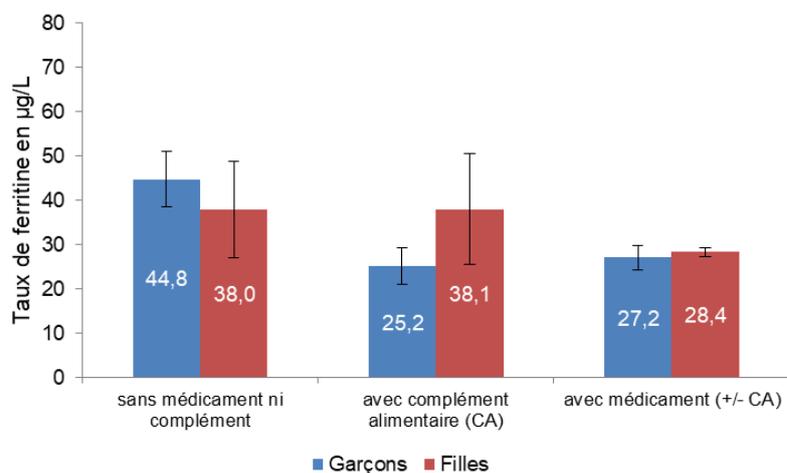
4.3.2 Distribution des enfants selon leur ferritinémie

4.3.2.1 Taux de ferritine

De manière générale, le taux de ferritine était en moyenne de 44,5 µg/L [38,3-50,7] chez les garçons et de 37,4 µg/L [27,2-47,7] chez les filles. Il était plus faible chez les garçons ayant consommé des compléments alimentaires ou pris un traitement médicamenteux à base de fer en comparaison de ceux n'ayant rien consommé ($p < 0,001$; Figure 17).

I FIGURE 17 I

Taux de ferritine (en µg/L) chez les enfants de 6-17 ans, selon le sexe et selon la prise de compléments alimentaires et/ou de traitement médicamenteux à base de fer, étude Esteban 2015



CA : complément alimentaire

Le taux de ferritine ne différait pas de manière significative selon l'âge, chez les garçons comme chez les filles.

Par contre, le taux de ferritine était supérieur chez les garçons dont la personne de référence du ménage était moins diplômée (47,2 µg/L [40,5-53,9] en moyenne chez ceux déclarant un niveau de diplôme inférieur ou égal au baccalauréat *versus* 30,1 µg/L [20,4-39,8] chez ceux détenant un diplôme supérieur ; $p < 0,01$).

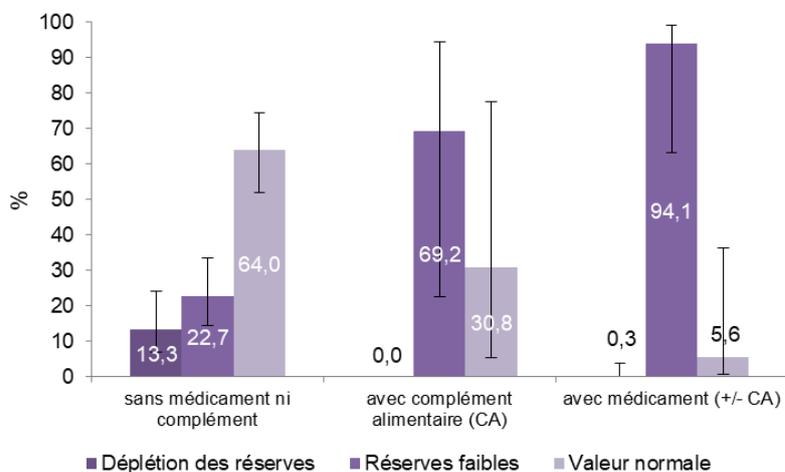
4.3.2.2 Fréquence des déplétions en fer

De manière générale, 12,8% [6,6-23,4] des enfants de 6-17 ans présentaient une déplétion des réserves en fer et 25,1% [16,4-36,4] des réserves faibles. Seuls 6 enfants sur 10 (62,1% [50,1-72,8]) témoignaient donc d'une valeur normale de ferritinémie. Il n'y avait pas de différence significative entre garçons et filles.

La quasi-totalité des enfants présentant une déplétion des réserves en fer (99,9% [99,5-100,0]) ne prenait ni complément alimentaire ni traitement médicamenteux à base de fer. Les enfants déclarant consommer des compléments alimentaires ou prendre un traitement médicamenteux témoignaient, quant à eux, davantage de réserves faibles (Figure 18).

I FIGURE 18 I

Distribution des enfants de 6-17 ans selon le niveau des réserves en fer (ferritinémie) et selon la prise ou non de complément alimentaire et/ou de médicament à base de fer, étude Esteban 2015



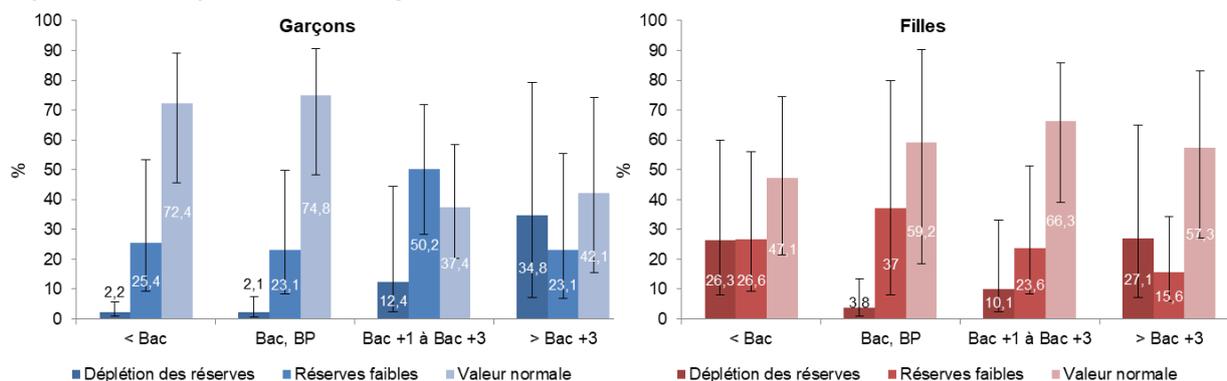
CA : complément alimentaire

Le niveau des réserves en fer des enfants ne différait pas de manière significative selon l'âge, tant chez les garçons que chez les filles.

La prévalence de la déplétion des réserves en fer augmentait par contre chez les garçons avec le niveau de diplôme de la personne de référence du ménage ($p < 0,01$). Elle était de 2,2% [0,8-5,6] chez les garçons issus de ménages dont la personne de référence déclarait un niveau de diplôme inférieur au baccalauréat et atteignait 34,8% [7,0-79,2] chez ceux de niveau supérieur à Bac + 3 (Figure 19).

I FIGURE 19 I

Distribution des garçons et des filles de 6-17 ans* selon le niveau des réserves en fer (ferritinémie) et selon le diplôme, étude Esteban 2015**



* Ces données concernent la population entière, intégrant les enfants ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de fer.

** Le diplôme rend compte du diplôme d'enseignement général ou technique le plus élevé que la personne de référence du ménage ait obtenu. Il est exprimé en 4 classes : < Bac (aucun diplôme, certificat d'études primaires, CAP, BEP, BEPC, brevet élémentaire, brevet de compagnon) ; Bac, BP (baccalauréat général, technologique ou professionnel, brevet professionnel ou de technicien, BEA, BEC, BEI, BEH, capacité en droit) ; Bac +1 à Bac +3 (diplôme de 1er cycle universitaire, bac +3, licence, BTS, DUT, DEUG, diplôme des professions sociales ou de la santé, diplôme d'infirmier) ; > Bac +3 (diplôme de 2ème ou 3ème cycle universitaire [y compris médecine, pharmacie, dentaire], master, doctorat, diplôme d'ingénieur, diplôme d'une grande école).

4.3.2.3 Fréquence de l'anémie ferriprive

Au total, 0,1% [0,0-0,8] des garçons et 10,4% [3,2-28,9] des filles de 6-17 ans présentaient à la fois une hémoglobinémie < 12 g/dl (ou < 13 g/dl pour les garçons de 15-17 ans) et une ferritinémie < 15 µg/L, marqueurs d'une anémie ferriprive. Cette prévalence ne variait pas selon l'âge ni selon le niveau de diplôme de la personne de référence du ménage.

D'après les résultats de l'étude Esteban-2015, 0,6% des garçons et 13,9% des filles de 6-17 ans présentaient une anémie. Cette prévalence ne différait pas selon les classes d'âge ni selon le niveau de diplôme de la personne de référence du ménage.

Seuls 6 enfants sur 10 atteignaient un niveau normal de réserves en fer, quels que soient le sexe et l'âge ; 12,8% présentaient une déplétion des réserves en fer et 25,1% avaient des réserves faibles.

La prévalence de la déplétion des réserves en fer augmentait chez les garçons avec le niveau de diplôme de la personne de référence du ménage.

Enfin, 0,1% des garçons et 10,4% des filles de 6-17 ans souffraient d'une anémie ferriprive.

5. STATUT EN FOLATES

Le dosage des folates a été réalisé uniquement auprès des femmes en âge de procréer. Au total, 622 femmes âgées de 15 à 49 ans (554 femmes adultes et 68 adolescentes) ont été dosées, soit 92,3% des femmes de cette tranche d'âge ayant participé à l'examen de santé de l'étude Esteban. Parmi ces 622 femmes, 22 ont déclaré être ménopausées. Les analyses portent donc sur 600 femmes (532 femmes adultes et 68 adolescentes).

Parmi les femmes adultes ayant réalisé un dosage des folates, 5,9% [3,9-8,8] ont déclaré avoir consommé des compléments alimentaires à base de vitamine B9 au moins 3 jours par semaine dans les semaines précédentes, sans prise de médicament associée, et 6,4% [4,0-10,0] avaient pris un traitement médicamenteux à base d'acide folique dans l'année précédant le prélèvement, associé ou non à des compléments alimentaires.

Chez les adolescentes, seule une adolescente sur les 68 ayant eu un dosage des folates (0,5% [0,1-3,5]), a déclaré avoir consommé des compléments alimentaires à base de vitamine B9 au moins 3 jours par semaine dans les semaines précédant le prélèvement. Aucun cas de traitement médicamenteux à base d'acide folique n'a été recensé.

5.1 Fréquence des risques de déficit en folates chez les femmes en âge de procréer

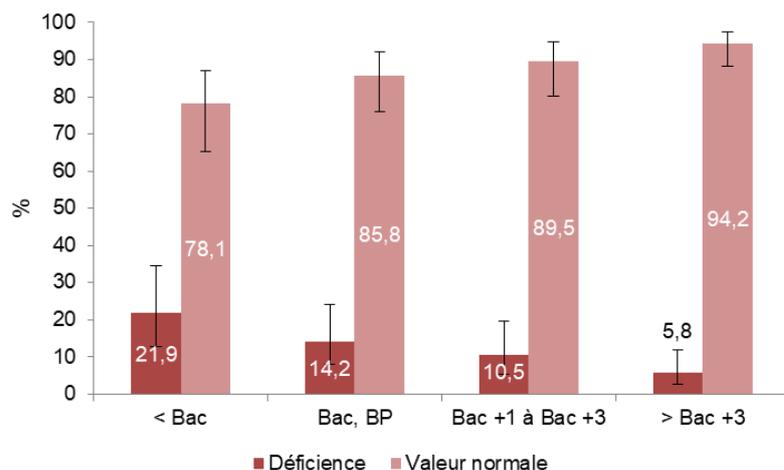
La prévalence du risque de déficit en folates (< 3,0 ng/ml) s'élevait à 13,4% [9,8-18,1] chez les femmes adultes en âge de procréer (18-49 ans non ménopausées). Cette prévalence ne différait pas de manière significative selon la consommation ou non de complément alimentaire à base de vitamine B9 ou selon la prise ou non d'un traitement médicamenteux à base d'acide folique dans l'année précédente. De même, il n'y avait pas de différence significative selon la classe d'âge.

La prévalence du risque de déficit en folates diminuait cependant avec l'augmentation du niveau de diplôme ($p < 0,05$). Elle était de 21,9% [12,9-34,6] chez les femmes déclarant un niveau de diplôme inférieur au baccalauréat et descendait jusqu'à atteindre 5,8% [2,7-11,9] chez celles déclarant un niveau de diplôme supérieur à Bac + 3 (Figure 20).

Chez les adolescentes (15-17 ans), la prévalence du risque de déficit en folates était de 0,6% [0,1-2,7], sans différence significative en fonction de la consommation ou non de complément alimentaire à base de vitamine B9, ni en fonction du niveau de diplôme de la personne de référence du ménage.

I FIGURE 20 I

Distribution des femmes adultes* en âge de procréer (18-49 ans non ménopausées) selon le statut en folates et selon le niveau de diplôme**, étude Esteban 2015



* Ces données intègrent les femmes ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires à base de vitamine B9 ou un traitement médicamenteux à base d'acide folique.

** Le diplôme rend compte du diplôme d'enseignement général ou technique le plus élevé que la personne de référence du ménage a obtenu. Il est exprimé en 4 classes : < Bac (aucun diplôme, certificat d'études primaires, CAP, BEP, BEPC, brevet élémentaire, brevet de compagnon) ; Bac, BP (baccalauréat général, technologique ou professionnel, brevet professionnel ou de technicien, BEA, BEC, BEI, BEH, capacité en droit) ; Bac +1 à Bac +3 (diplôme de 1er cycle universitaire, bac +3, licence, BTS, DUT, DEUG, diplôme des professions sociales ou de la santé, diplôme d'infirmier) ; > Bac +3 (diplôme de 2ème ou 3ème cycle universitaire [y compris médecine, pharmacie, dentaire], master, doctorat, diplôme d'ingénieur, diplôme d'une grande école).

5.2 Évolution du statut en folates des femmes adultes en âge de procréer (18-49 ans) depuis ENNS-2006

En 2006, la prévalence du risque de déficit en folates était de 7,2% [4,4-11,5] chez les femmes adultes en âge de procréer (18-49 ans non ménopausées). Il n'y avait pas de différence significative selon la classe d'âge, ni selon le niveau de diplôme.

Entre 2006 et 2015, la prévalence du risque de déficit en folates chez les femmes adultes en âge de procréer (18-49 ans) a quasiment doublé, passant de 7,2% [4,4-11,5] à 13,4% [9,8-18,1] ($p_s < 0,01$). Cette augmentation touchait toutes les classes d'âge et était plus particulièrement marquée chez les femmes déclarant un niveau de diplôme inférieur au baccalauréat (prévalence de 8,6% [4,2-16,9] en 2006 *versus* 21,9% [12,9-34,6] en 2015 ; $p_s < 0,01$).

5.3 Évolution du statut en folates au regard des objectifs du PNNS

Concernant les objectifs fixés par le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) dans le cadre du PNNS-3 (2011-2015), il était attendu d' « améliorer le statut en folates des femmes en âge de procréer » (sous-objectif général 36-6) et notamment de « réduire de 30% au moins, en 5 ans, la proportion des femmes en âge de procréer (15-49 ans) ayant un risque de déficit en folates (taux de folates < 3 ng/ml) » (OS 3-6-1). Les résultats obtenus quant à l'évolution de la prévalence du risque de déficit en folates chez les femmes en âge de procréer témoignent, contrairement à ce qui était attendu, d'une augmentation de ce risque ces 10 dernières années.

D'après les résultats de l'étude Esteban-2015, la prévalence du risque de déficit en folates (<3,0 ng/ml) était de 13,4% chez les femmes adultes en âge de procréer (18-49 ans non ménopausées). Ce risque diminuait à mesure que le niveau de diplôme augmentait. Chez les adolescentes (15-17 ans) le risque de déficit en folates était inférieur à 1%. La prévalence du risque de déficit en folates chez les femmes adultes en âge de procréer a quasiment doublé ces 10 dernières années. Cette augmentation touchait toutes les classes d'âge et était plus particulièrement marquée chez les femmes les moins diplômées (niveau de diplôme inférieur au baccalauréat).

6. STATUT EN VITAMINE A, VITAMINE E ET CAROTÉNOÏDES

Le dosage des vitamines A (rétinol), E (tocophérol) et caroténoïdes a été réalisé uniquement chez les adultes. Au total, ces dosages sont disponibles pour 2307 adultes (1016 hommes et 1291 femmes), soit 93,3% des adultes ayant participé à l'examen de santé de l'étude Esteban.

6.1 Statut en vitamine A (rétinol)

6.1.1 Statut en vitamine A des adultes dans Esteban-2015

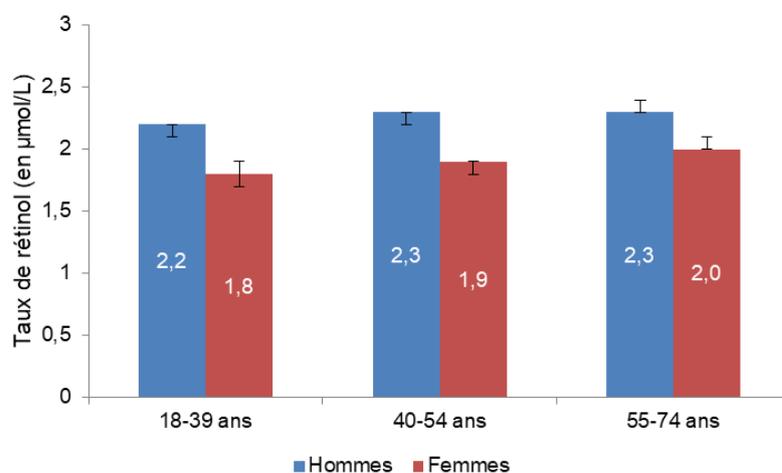
Parmi les adultes ayant réalisé un dosage de rétinol, 2,2% [1,6-3,0] ont déclaré avoir consommé des compléments alimentaires à base de vitamine A au moins 3 jours par semaine dans les semaines précédentes, sans prise de médicament associée, et 1,4% [0,9-2,2] avaient pris un traitement médicamenteux à base de vitamine A dans les 12 mois précédant le prélèvement, associé ou non à des compléments alimentaires. Il n'y avait pas de différence significative selon le sexe. La consommation de compléments alimentaires et la prise de traitement médicamenteux à base de vitamine A augmentaient avec l'âge ($p < 0,05$) pour atteindre respectivement 2,7% [1,8-4,1] et 2,6% [1,5-4,4] chez les 55-74 ans.

La concentration sérique moyenne de rétinol était de 2,3 $\mu\text{mol/L}$ [2,2-2,3] chez les hommes et de 1,9 $\mu\text{mol/L}$ [1,9-2,0] chez les femmes ($p < 0,001$). Elle ne variait pas de manière significative selon la consommation de compléments alimentaires ou la prise de traitement médicamenteux à base de vitamine A. Elle augmentait avec l'avancée en âge, tant chez les hommes ($p < 0,01$) que chez les femmes ($p < 0,001$; Figure 21). Elle était par ailleurs supérieure chez les personnes les moins diplômées (niveau de diplôme inférieur au baccalauréat) en comparaison des personnes déclarant détenir le baccalauréat ou un diplôme supérieur (2,1 $\mu\text{mol/L}$ [2,1-2,2] versus 2,0 $\mu\text{mol/L}$ [2,0-2,1]; $p < 0,05$).

Sur les 2307 adultes ayant réalisé un dosage de rétinol, aucun cas de déficience sévère ($< 0,35 \mu\text{mol/L}$) n'a été recensé et seulement un cas de déficience modérée ($0,35 < \text{rétinol} < 0,70 \mu\text{mol/L}$) était à relever, soit une prévalence de 0,02% [0,0-0,1].

I FIGURE 21 I

Concentration sérique moyenne de rétinol (vitamine A, en $\mu\text{mol/L}$) chez les adultes*, selon le sexe et l'âge, étude Esteban 2015



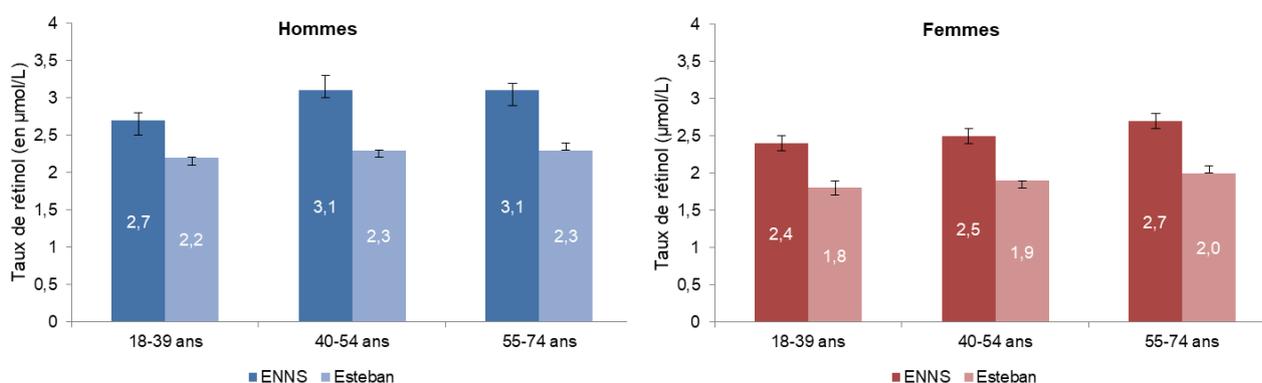
* Ces données concernent la population adulte entière, intégrant les adultes ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de vitamine A.

6.1.2 Évolution du statut en vitamine A des adultes depuis ENNS-2006

En 2006, la concentration sérique moyenne de rétinol était de 3,0 $\mu\text{mol/L}$ [2,9-3,1] chez les hommes et de 2,5 $\mu\text{mol/L}$ [2,5-2,6] chez les femmes ($p < 0,001$). Comme en 2015 elle augmentait avec l'avancée en âge, tant chez les hommes que chez les femmes ($p < 0,001$) et était supérieure chez les adultes les moins diplômés (niveau inférieur au baccalauréat ; $p < 0,05$). La concentration sérique moyenne de rétinol a diminué entre 2006 et 2015, chez les hommes comme chez les femmes ($p_s < 0,001$), dans toutes les classes d'âge ($p_s < 0,001$; Figure 22) et quel que soit le niveau de diplôme ($p_s < 0,001$).

I FIGURE 22 I

Concentration sérique moyenne de rétinol (en $\mu\text{mol/L}$) chez les adultes, selon le sexe et l'âge, comparaison ENNS 2006 / Esteban 2015



En 2006, aucun cas de déficience sévère ou modérée en rétinol n'avait été recensé (contre un seul cas de déficience modérée en 2015). Il n'y a donc pas eu d'évolution significative de la prévalence des déficiences en vitamine A au cours des 10 dernières années.

D'après les résultats de l'étude Esteban-2015, la prévalence d'un déficit en rétinol était quasiment nulle en 2015 chez les adultes ($< 1\%$). C'était déjà le cas en 2006. Il n'y a pas eu d'évolution sur la période.

6.2 Statut en vitamine E (tocophérol)

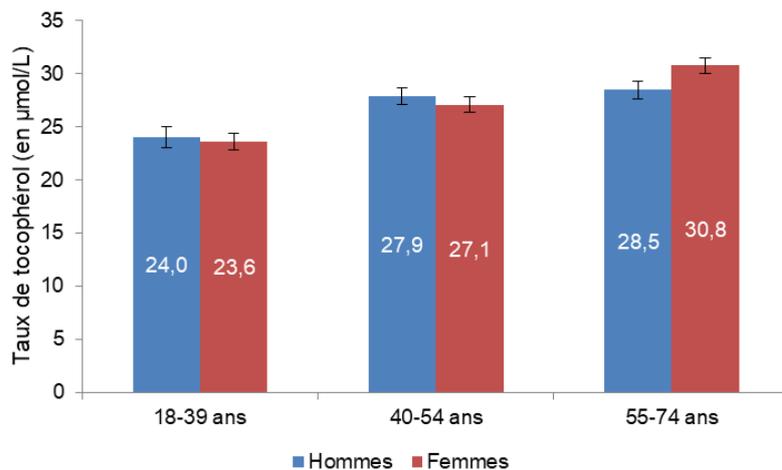
6.2.1 Statut en vitamine E des adultes dans Esteban-2015

Parmi les adultes ayant réalisé un dosage de tocophérol, 4,9% [3,9-6,1] ont déclaré avoir consommé des compléments alimentaires à base de vitamine E au moins 3 jours par semaine dans les semaines précédentes, sans prise de médicament associée (2,9% [1,9-4,2] des hommes et 6,8% [5,2-8,9] des femmes ; $p < 0,001$) et 0,6% [0,3-1,3] avaient pris un traitement médicamenteux à base de vitamine E dans les 12 mois précédant le prélèvement, associé ou non à des compléments alimentaires (sans distinction entre hommes et femmes). La consommation de compléments alimentaires et la prise de traitement médicamenteux à base de vitamine E augmentaient avec l'âge ($p < 0,01$). Ainsi, 4,9% [3,9-6,1] des adultes de 55-74 ans déclaraient consommer des compléments alimentaires à base de vitamine E (3,1% [1,9-5,0] des hommes et 9,2% [6,5-13,0] des femmes ; $p < 0,001$) et 1,4% [0,6-3,3] avaient eu un traitement médicamenteux dans les 12 mois précédents.

La concentration sérique moyenne de tocophérol était de 27,2 $\mu\text{mol/L}$ [26,8-27,5] chez les adultes, sans différence significative entre hommes et femmes. Elle était supérieure chez les femmes ayant pris un traitement médicamenteux à base de vitamine E dans les 12 mois précédents (43,0 $\mu\text{mol/L}$ [33,6-52,4] ; $p < 0,01$). Elle augmentait avec l'avancée en âge, tant chez les hommes que chez les femmes ($p < 0,001$; Figure 23) et ce, indépendamment du fait de prendre des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de vitamine E.

I FIGURE 23 I

Concentration sérique moyenne de tocophérol (vitamine E, en $\mu\text{mol/L}$) chez les adultes*, selon le sexe et l'âge, étude Esteban 2015



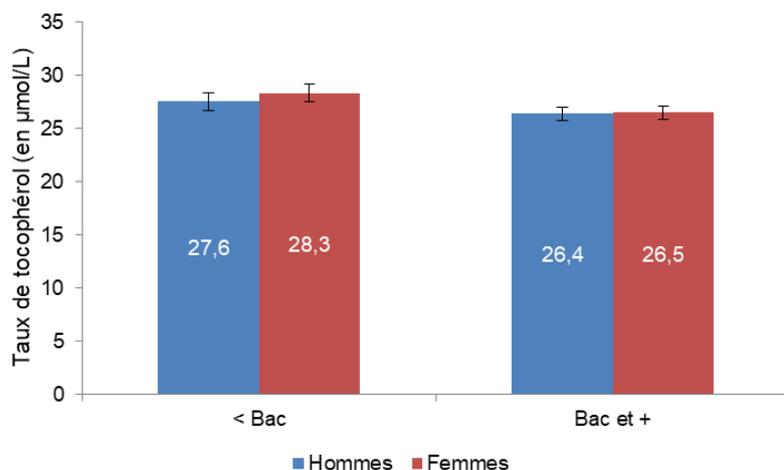
* Ces données concernent la population adulte entière, intégrant les adultes ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de vitamine E.

La concentration sérique moyenne de tocophérol était également supérieure chez les hommes et les femmes les moins diplômées (niveau de diplôme inférieur au baccalauréat) en comparaison de celles et ceux déclarant détenir le baccalauréat ou un diplôme supérieur (Figure 24). Ces différences demeuraient significatives après exclusion des personnes ayant déclaré consommer des compléments alimentaires ou avoir pris un traitement médicamenteux à base de vitamine E.

La prévalence d'une déficience en tocophérol ($< 11,6 \mu\text{mol/L}$) était de 0,2% [0,1-0,6] chez les adultes, sans distinction selon le sexe, l'âge ou le niveau de diplôme.

I FIGURE 24 I

Concentration sérique moyenne de tocophérol (vitamine E, en $\mu\text{mol/L}$) chez les adultes*, selon le sexe et le niveau de diplôme**, étude Esteban 2015



* Ces données concernent la population adulte entière, intégrant les adultes ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires ou un traitement médicamenteux à base de vitamine E.

** Le diplôme rend compte du diplôme d'enseignement général ou technique le plus élevé que la personne ait obtenu. Il est exprimé ici en 2 classes : < Bac (sans diplôme ou diplôme inférieur au baccalauréat) et Bac et + (baccalauréat et diplôme de niveau supérieur).

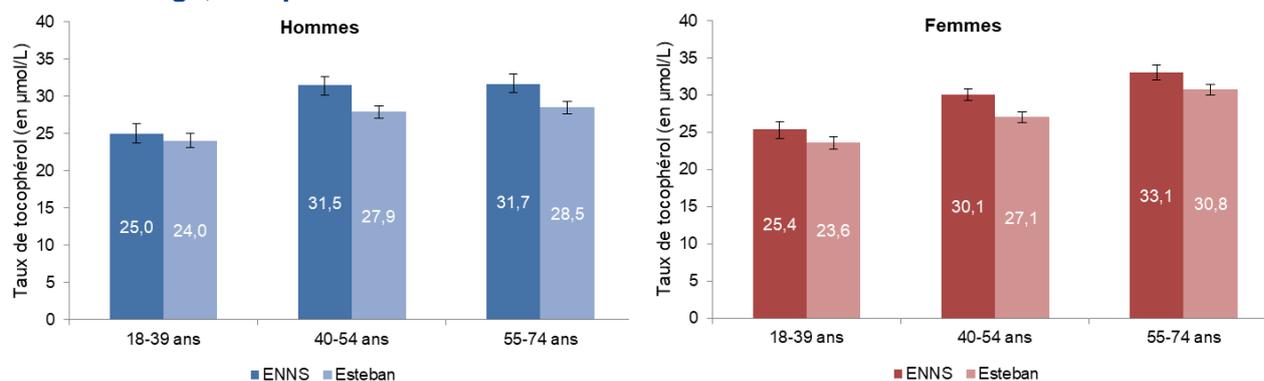
6.2.2 Évolution du statut en vitamine E des adultes depuis ENNS-2006

En 2006, la concentration sérique moyenne de tocophérol était de $29,3 \mu\text{mol/L}$ [28,8-29,8], sans distinction entre hommes et femmes. Comme en 2015, elle augmentait avec l'avancée en âge, tant chez les hommes que chez les femmes ($p < 0,001$) et elle était supérieure chez les femmes les moins diplômées (niveau inférieur au baccalauréat ; $p < 0,001$).

La concentration sérique moyenne de tocophérol a diminué entre 2006 et 2015, chez les hommes comme chez les femmes ($p_s < 0,001$), dans toutes les classes d'âge ($p_s < 0,001$; à l'exception des hommes de 18-39 ans chez qui cette diminution est non significative ; Figure 25) et quel que soit le niveau de diplôme ($p_s < 0,01$).

I FIGURE 25 I

Concentration sérique moyenne de tocophérol (en $\mu\text{mol/L}$) chez les adultes, selon le sexe et l'âge, comparaison ENNS 2006 / Esteban 2015



Concernant la prévalence de la déficience en tocophérol (< 11,6 µmol/L), elle reste très limitée (<0,5%) et n'a pas connu d'évolution significative en 10 ans entre ENNS et Esteban.

D'après les résultats de l'étude Esteban-2015, la prévalence de la déficience en tocophérol était de 0,2% chez les adultes. Elle n'a pas connu d'évolution depuis ENNS-2006.

6.3 Statut en caroténoïdes

6.3.1 Alpha-carotène

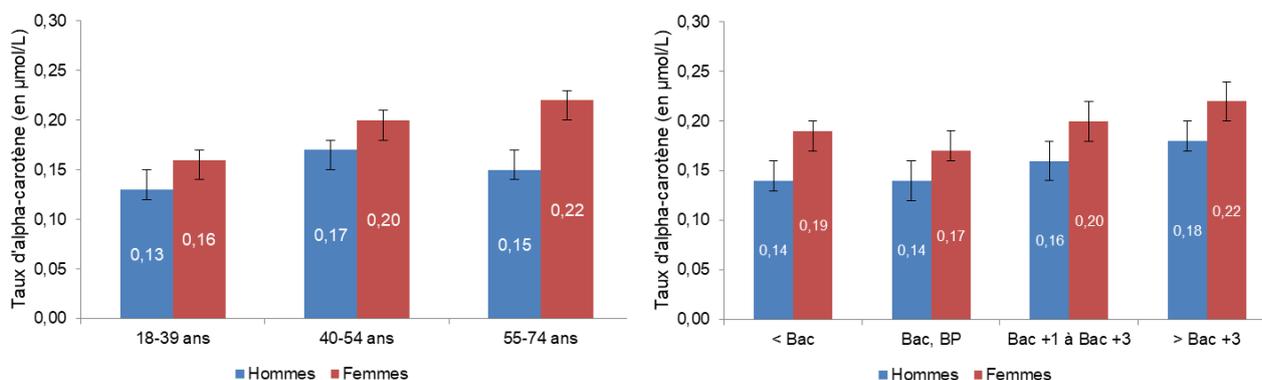
6.3.1.1 Taux d'alpha-carotène des adultes dans Esteban-2015

Aucun adulte ayant réalisé un dosage de caroténoïdes n'a déclaré avoir consommé de compléments alimentaires à base d'alpha-carotène dans les semaines précédant le prélèvement.

La concentration sérique moyenne d'alpha-carotène était de 0,15 µmol/L [0,14-0,16] chez les hommes et de 0,19 µmol/L [0,18-0,20] chez les femmes (différence significative ; $p < 0,001$). Elle augmentait avec l'avancée en âge ($p < 0,001$) et était supérieure chez les plus diplômés ($p < 0,001$; Figure 26).

I FIGURE 26 I

Concentration sérique moyenne d'alpha-carotène (en µmol/L) chez les adultes, selon le sexe, l'âge et le niveau de diplôme*, étude Esteban 2015



* Le diplôme rend compte du diplôme d'enseignement général ou technique le plus élevé que la personne de référence du ménage a obtenu. Il est exprimé en 4 classes : < Bac (aucun diplôme, certificat d'études primaires, CAP, BEP, BEPC, brevet élémentaire, brevet de compagnon) ; Bac, BP (baccalauréat général, technologique ou professionnel, brevet professionnel ou de technicien, BEA, BEC, BEI, BEH, capacité en droit) ; Bac +1 à Bac +3 (diplôme de 1er cycle universitaire, bac +3, licence, BTS, DUT, DEUG, diplôme des professions sociales ou de la santé, diplôme d'infirmier) ; > Bac +3 (diplôme de 2ème ou 3ème cycle universitaire [y compris médecine, pharmacie, dentaire], master, doctorat, diplôme d'ingénieur, diplôme d'une grande école).

6.3.1.2 Évolution du taux d'alpha-carotène des adultes depuis ENNS-2006

En 2006, la concentration sérique moyenne d'alpha-carotène était de 0,14 µmol/L [0,13-0,15] chez les hommes et de 0,20 µmol/L [0,19-0,21] chez les femmes (différence significative ; $p < 0,001$). Elle augmentait avec l'avancée en âge ($p < 0,001$) et était supérieure chez les plus diplômés ($p < 0,001$).

Entre 2006 et 2015, la concentration sérique moyenne d'alpha-carotène des adultes n'a pas connu d'évolution significative, sauf pour les femmes de 40-54 ans chez qui elle a diminué (moyenne de 0,23 $\mu\text{mol/L}$ [0,21-0,25] en 2006 *versus* 0,20 $\mu\text{mol/L}$ [0,18-0,21] en 2015 ; $p_s < 0,01$). Aucune autre évolution significative n'a été relevée, quels que soient le sexe, l'âge ou le niveau de diplôme.

D'après les résultats de l'étude Esteban-2015, la concentration sérique moyenne d'alpha-carotène était de 0,15 $\mu\text{mol/L}$ chez les hommes et de 0,20 $\mu\text{mol/L}$ chez les femmes. Elle augmentait avec l'avancée en âge et était supérieure chez les plus diplômés. Entre 2006 et 2015, la concentration sérique moyenne d'alpha-carotène a diminué chez les femmes de 40-54 ans. Aucune autre évolution significative n'a été relevée, quels que soient le sexe, l'âge ou le niveau de diplôme des adultes.

6.3.2 Béta-carotène

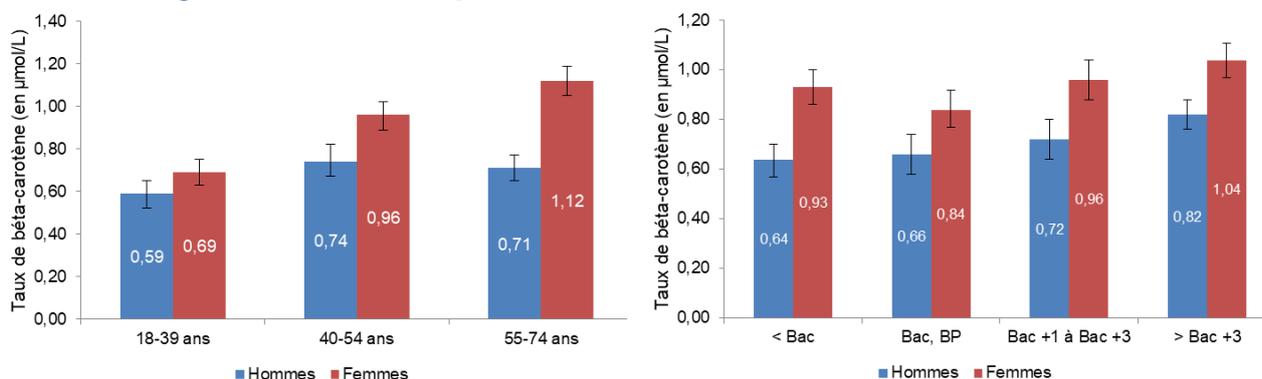
6.3.2.1 Taux de béta-carotène des adultes dans Esteban-2015

Parmi les adultes ayant réalisé un dosage de caroténoïdes, 1,0% [0,6-1,7] ont déclaré avoir consommé des compléments alimentaires à base de béta-carotène au moins 3 jours par semaine dans les semaines précédant le prélèvement. Il n'y avait pas de distinction entre hommes et femmes. Par contre cela concernait davantage les adultes de 40-54 ans chez qui la consommation de compléments alimentaires à base de béta-carotène atteignait 2,3% [1,3-3,9] ($p < 0,05$).

La concentration sérique moyenne de béta-carotène était de 0,69 $\mu\text{mol/L}$ [0,65-0,73] chez les hommes et de 0,93 $\mu\text{mol/L}$ [0,89-0,98] chez les femmes (différence significative ; $p < 0,001$). Elle était supérieure chez les adultes ayant déclaré consommer des compléments alimentaires à base de béta-carotène, atteignant 1,40 $\mu\text{mol/L}$ [0,88-1,92] chez les hommes ($p < 0,01$) et 1,67 $\mu\text{mol/L}$ [1,26-2,08] chez les femmes concernées ($p < 0,001$). Elle augmentait également avec l'âge ($p < 0,001$) et avec le niveau de diplôme ($p < 0,001$; Figure 27) tant chez les hommes que chez les femmes et ce, indépendamment du fait de consommer ou non des compléments alimentaires.

I FIGURE 1 I

Concentration sérique moyenne de béta-carotène (en $\mu\text{mol/L}$) chez les adultes*, selon le sexe, l'âge et le niveau de diplôme**, étude Esteban 2015



* Ces données intègrent les hommes et les femmes ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires à base de béta-carotène.

** Le diplôme rend compte du diplôme d'enseignement général ou technique le plus élevé que la personne de référence du ménage a obtenu. Il est exprimé en 4 classes : < Bac (aucun diplôme, certificat d'études primaires, CAP, BEP, BEPC, brevet élémentaire, brevet de compagnon) ; Bac, BP (baccalauréat général, technologique ou professionnel, brevet professionnel ou de technicien, BEA, BEC, BEI, BEH, capacité en droit) ; Bac +1 à Bac +3 (diplôme de 1er cycle universitaire, bac +3, licence, BTS, DUT, DEUG, diplôme des professions sociales ou de la santé, diplôme d'infirmier) ; > Bac +3 (diplôme de 2^e ou 3^e cycle universitaire [y compris médecine, pharmacie, dentaire], master, doctorat, diplôme d'ingénieur, diplôme d'une grande école).

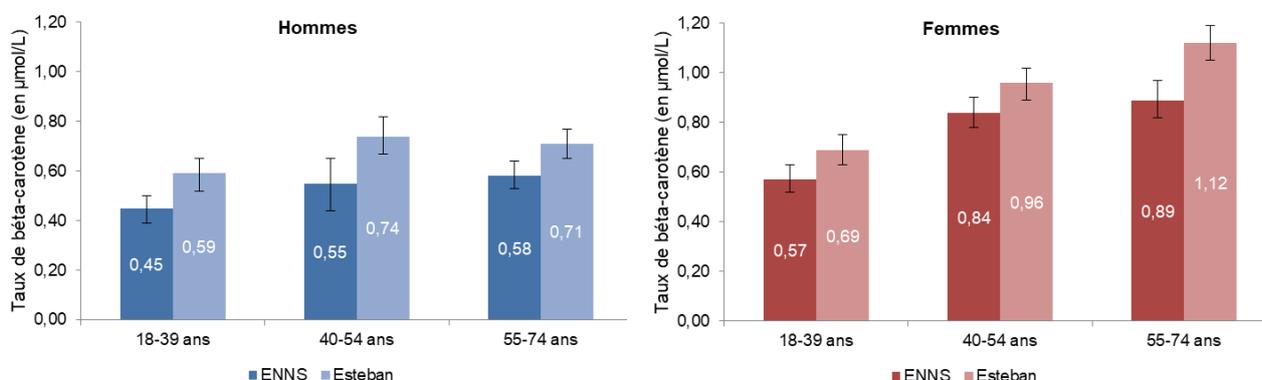
6.3.2.2 Évolution du taux de bêta-carotène des adultes depuis ENNS-2006

En 2006, la concentration sérique moyenne de bêta-carotène était de 0,52 $\mu\text{mol/L}$ [0,47-0,56] chez les hommes et de 0,77 $\mu\text{mol/L}$ [0,73-0,81] chez les femmes (différence significative ; $p < 0,001$). Elle augmentait avec l'avancée en âge, tant chez les hommes ($p < 0,01$) que chez les femmes ($p < 0,001$) et augmentait avec le niveau de diplôme chez les femmes ($p < 0,001$).

La concentration sérique moyenne de bêta-carotène a augmenté entre 2006 et 2015, tant chez les hommes que chez les femmes ($p_s < 0,001$). Cette augmentation était significative dans toutes les classes d'âge, hormis pour les femmes les plus jeunes (18-39 ans ; Figure 28).

I FIGURE 28 I

Concentration sérique moyenne de bêta-carotène (en $\mu\text{mol/L}$) chez les adultes, selon le sexe et l'âge, comparaison ENNS 2006 / Esteban 2015



Concernant le niveau de diplôme, seuls les hommes déclarant un niveau de diplôme équivalent au baccalauréat et les femmes de niveau Bac +1 à Bac +3 ne connaissaient pas d'augmentation significative de leur taux de bêta-carotène.

D'après les résultats de l'étude Esteban-2015, la concentration sérique moyenne de bêta-carotène était de 0,69 $\mu\text{mol/L}$ chez les hommes et de 0,93 $\mu\text{mol/L}$ chez les femmes. Elle augmentait avec l'âge et le niveau de diplôme. Cette concentration moyenne a augmenté entre 2006 et 2015 chez l'ensemble des hommes et chez les femmes de plus de 40 ans.

6.3.3 Lycopène

6.3.3.1 Taux de lycopène des adultes dans Esteban-2015

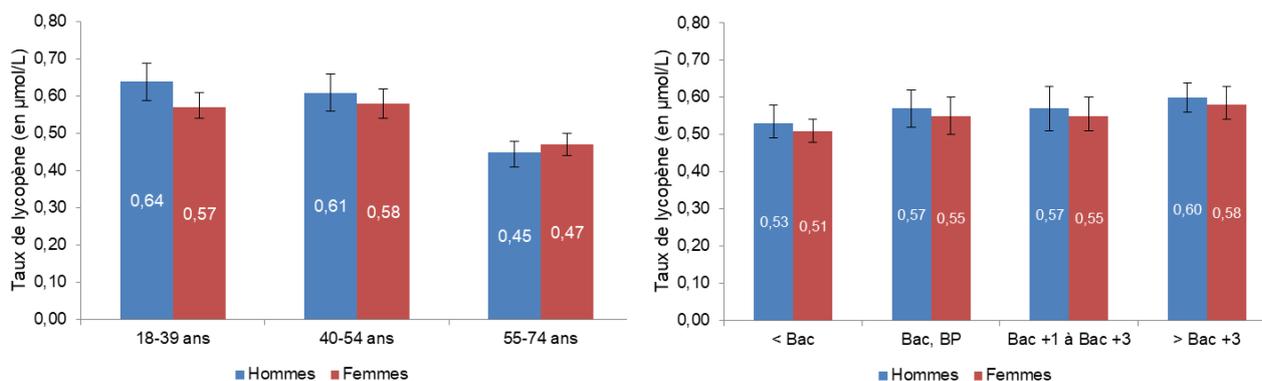
Parmi les adultes ayant réalisé un dosage de caroténoïdes, 0,3% [0,1-0,6] ont déclaré avoir consommé des compléments alimentaires à base de lycopène au moins 3 jours par semaine dans les semaines précédant le prélèvement. Il n'y avait pas de distinction entre hommes et femmes ni selon la classe d'âge.

La concentration sérique moyenne de lycopène était de 0,55 $\mu\text{mol/L}$ [0,53-0,56], sans distinction entre hommes et femmes. Elle était inférieure chez les adultes ayant déclaré consommer des compléments alimentaires à base de lycopène en comparaison de ceux n'en ayant pas consommé (0,34 $\mu\text{mol/L}$ [0,27-0,42] versus 0,55 $\mu\text{mol/L}$ [0,53-0,57] ; $p < 0,001$). Elle diminuait avec l'avancée en âge ($p < 0,001$) tant chez les hommes que chez les femmes et

augmentait avec le niveau de diplôme ($p < 0,05$; Figure 29), indépendamment du fait de consommer ou non des compléments alimentaires.

I FIGURE 29 I

Concentration sérique moyenne de lycopène (en $\mu\text{mol/L}$) chez les adultes*, selon le sexe, l'âge et le niveau de diplôme**, étude Esteban 2015



* Ces données intègrent les hommes et les femmes ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires à base de lycopène.

** Le diplôme rend compte du diplôme d'enseignement général ou technique le plus élevé que la personne de référence du ménage a obtenu. Il est exprimé en 4 classes : < Bac (aucun diplôme, certificat d'études primaires, CAP, BEP, BEPC, brevet élémentaire, brevet de compagnon) ; Bac, BP (baccalauréat général, technologique ou professionnel, brevet professionnel ou de technicien, BEA, BEC, BEI, BEH, capacité en droit) ; Bac +1 à Bac +3 (diplôme de 1er cycle universitaire, bac +3, licence, BTS, DUT, DEUG, diplôme des professions sociales ou de la santé, diplôme d'infirmier) ; > Bac +3 (diplôme de 2ème ou 3ème cycle universitaire [y compris médecine, pharmacie, dentaire], master, doctorat, diplôme d'ingénieur, diplôme d'une grande école).

6.3.3.2 Évolution du taux de lycopène des adultes depuis ENNS-2006

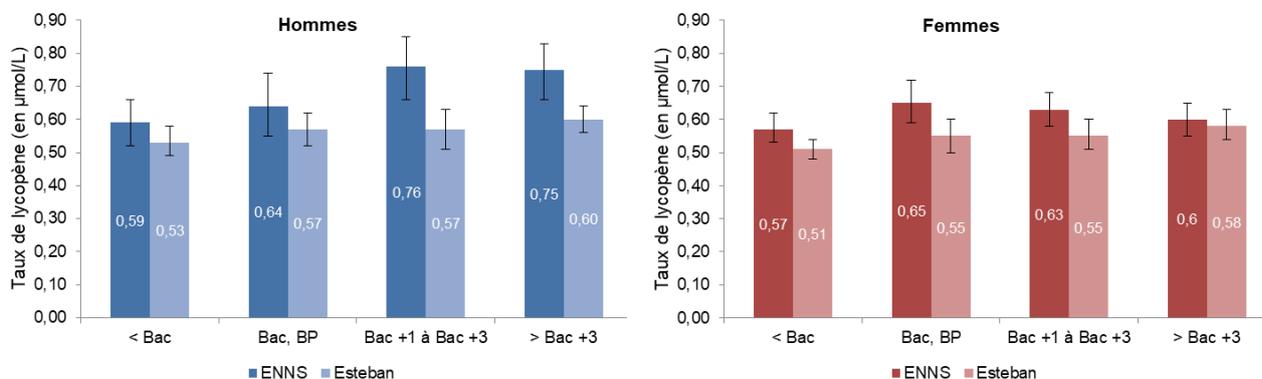
En 2006, la concentration sérique moyenne de lycopène était de $0,61 \mu\text{mol/L}$ [0,58-0,64], sans distinction entre hommes et femmes. Elle diminuait avec l'avancée en âge ($p < 0,001$) et augmentait avec le niveau de diplôme ($p < 0,01$).

La concentration sérique moyenne de lycopène a diminué entre 2006 et 2015, chez les hommes ($p_s < 0,01$) comme chez les femmes ($p_s < 0,001$). En prenant en compte l'âge des participants, il s'avère que cette diminution n'était significative que chez les femmes les plus jeunes, âgées de 18-39 ans ($0,67 \mu\text{mol/L}$ [0,60-0,74] en 2006 *versus* $0,57 \mu\text{mol/L}$ [0,54-0,61] en 2015 ; $p_s < 0,01$).

Concernant le niveau de diplôme, cette diminution de la concentration moyenne de lycopène n'était significative que chez les hommes les plus diplômés (avec un niveau de diplôme supérieur à Bac +1) et chez les femmes les moins diplômées (avec un niveau de diplôme inférieur ou égal au baccalauréat ; Figure 30).

I FIGURE 30 I

Concentration sérique moyenne de lycopène (en $\mu\text{mol/L}$) chez les adultes, selon le sexe et le niveau de diplôme*, comparaison ENNS 2006 / Esteban 2015



* Le diplôme rend compte du diplôme d'enseignement général ou technique le plus élevé que la personne de référence du ménage a obtenu. Il est exprimé en 4 classes : < Bac (aucun diplôme, certificat d'études primaires, CAP, BEP, BEPC, brevet élémentaire, brevet de compagnon) ; Bac, BP (baccalauréat général, technologique ou professionnel, brevet professionnel ou de technicien, BEA, BEC, BEI, BEH, capacité en droit) ; Bac +1 à Bac +3 (diplôme de 1er cycle universitaire, bac +3, licence, BTS, DUT, DEUG, diplôme des professions sociales ou de la santé, diplôme d'infirmier) ; > Bac +3 (diplôme de 2ème ou 3ème cycle universitaire [y compris médecine, pharmacie, dentaire], master, doctorat, diplôme d'ingénieur, diplôme d'une grande école).

D'après les résultats de l'étude Esteban-2015, la concentration sérique moyenne de lycopène était de $0,55 \mu\text{mol/L}$ chez les adultes, sans distinction selon le sexe. Elle diminuait avec l'âge et augmentait avec le niveau de diplôme.

Cette concentration moyenne a diminué entre 2006 et 2015, notamment chez les femmes de 18-39 ans, les hommes les plus diplômés (niveau de diplôme supérieur à Bac +1) et les femmes les moins diplômées (niveau de diplôme inférieur ou égal au baccalauréat).

6.3.4 Lutéine

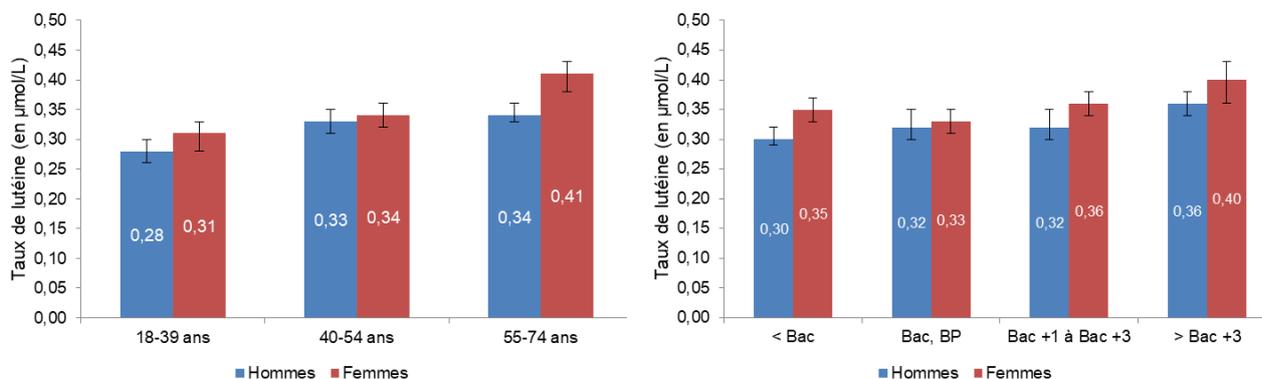
6.3.4.1 Taux de lutéine des adultes dans Esteban-2015

Parmi les adultes ayant réalisé un dosage de caroténoïdes, 0,6% [0,3-1,1] ont déclaré avoir consommé des compléments alimentaires à base de lutéine de manière régulière dans les semaines précédant le prélèvement. Il n'y avait pas de distinction entre hommes et femmes ni selon la classe d'âge.

La concentration sérique moyenne de lutéine était de $0,31 \mu\text{mol/L}$ [0,31-0,33] chez les hommes et de $0,35 \mu\text{mol/L}$ [0,34-0,37] chez les femmes (différence significative ; $p < 0,001$). Elle était supérieure chez les hommes ayant déclaré consommer des compléments alimentaires à base de lutéine en comparaison de ceux n'en ayant pas consommé ($0,83 \mu\text{mol/L}$ [0,64-1,03] versus $0,32 \mu\text{mol/L}$ [0,31-0,33] ; $p < 0,001$). Elle augmentait avec l'avancée en âge ($p < 0,001$) et avec le niveau de diplôme ($p < 0,001$; Figure 31) tant chez les hommes que chez les femmes et ce, indépendamment du fait de consommer ou non des compléments alimentaires.

I FIGURE 31 I

Concentration sérique moyenne de lutéine (en $\mu\text{mol/L}$) chez les adultes*, selon le sexe, l'âge et le niveau de diplôme**, étude Esteban 2015



* Ces données intègrent les hommes et les femmes ayant déclaré avoir pris des compléments alimentaires à base de lutéine.

** Le diplôme rend compte du diplôme d'enseignement général ou technique le plus élevé que la personne de référence du ménage a obtenu. Il est exprimé en 4 classes : < Bac (aucun diplôme, certificat d'études primaires, CAP, BEP, BEPC, brevet élémentaire, brevet de compagnon) ; Bac, BP (baccalauréat général, technologique ou professionnel, brevet professionnel ou de technicien, BEA, BEC, BEI, BEH, capacité en droit) ; Bac +1 à Bac +3 (diplôme de 1er cycle universitaire, bac +3, licence, BTS, DUT, DEUG, diplôme des professions sociales ou de la santé, diplôme d'infirmier) ; > Bac +3 (diplôme de 2ème ou 3ème cycle universitaire [y compris médecine, pharmacie, dentaire], master, doctorat, diplôme d'ingénieur, diplôme d'une grande école).

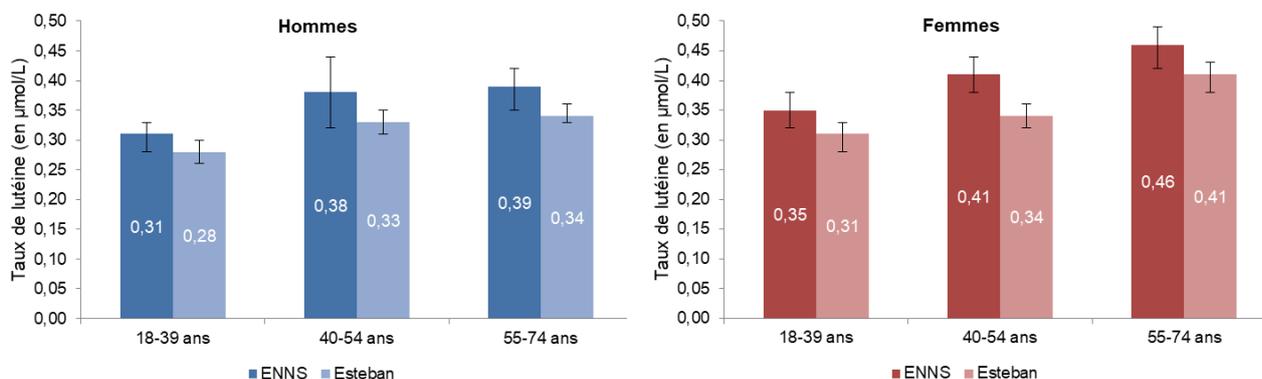
6.3.4.2 Évolution du taux de lutéine des adultes depuis ENNS-2006

En 2006, la concentration sérique moyenne de lutéine était de $0,35 \mu\text{mol/L}$ [0,33-0,38] chez les hommes et de $0,40 \mu\text{mol/L}$ [0,39-0,42] chez les femmes ($p < 0,01$). Comme en 2015, elle augmentait avec l'avancée en âge ($p < 0,001$) et avec le niveau de diplôme ($p < 0,001$), tant chez les hommes que chez les femmes.

La concentration sérique moyenne de lutéine a diminué entre 2006 et 2015, chez les hommes comme chez les femmes ($p_s < 0,001$). Cette diminution était significative chez les hommes les plus âgés (chez les 55-74 ans ; $p_s < 0,05$) et dans toutes les classes d'âge chez les femmes (Figure 32).

I FIGURE 32 I

Concentration sérique moyenne de lutéine (en $\mu\text{mol/L}$) chez les adultes, selon le sexe et l'âge, comparaison ENNS 2006 / Esteban 2015



Concernant le niveau de diplôme, seuls les adultes de niveau équivalent au baccalauréat ne connaissaient pas de diminution significative de leur taux de lutéine.

D'après les résultats de l'étude Esteban-2015, la concentration sérique moyenne de lutéine était de 0,31 $\mu\text{mol/L}$ chez les hommes et de 0,35 $\mu\text{mol/L}$ chez les femmes. Elle augmentait avec l'âge et le niveau de diplôme. Cette concentration moyenne a diminué entre 2006 et 2015 chez les hommes de 55-74 ans et chez l'ensemble des femmes.

6.3.5 Zéaxanthine

6.3.5.1 Taux de zéaxanthine des adultes dans Esteban-2015

Parmi les adultes ayant réalisé un dosage de caroténoïdes, 0,3% [0,1-0,6] ont déclaré avoir consommé des compléments alimentaires à base de zéaxanthine au moins 3 jours par semaine dans les semaines précédant le prélèvement. Il n'y avait pas de distinction entre hommes et femmes. Cela concernait toutefois davantage les adultes les plus âgés, puisque 9 adultes sur 10 consommateurs de compléments alimentaires à base de zéaxanthine étaient âgés de 55-74 ans.

La concentration sérique moyenne de zéaxanthine était de 0,05 $\mu\text{mol/L}$ [0,05-0,05], sans distinction entre hommes et femmes. Elle était supérieure chez les adultes ayant déclaré consommer des compléments alimentaires à base de zéaxanthine en comparaison de ceux n'en ayant pas consommé (0,08 $\mu\text{mol/L}$ [0,07-0,10] *versus* 0,05 $\mu\text{mol/L}$ [0,05-0,05] ; $p < 0,001$). Elle augmentait avec l'avancée en âge, indépendamment du fait de consommer ou non des compléments alimentaires, pour atteindre 0,05 $\mu\text{mol/L}$ [0,05-0,05] chez les hommes de 55-74 ans ($p < 0,05$) et 0,06 $\mu\text{mol/L}$ [0,06-0,06] chez les femmes de 55-74 ans ($p < 0,001$).

La concentration moyenne de zéaxanthine augmentait également avec le niveau de diplôme chez les femmes. Elle était de 0,06 $\mu\text{mol/L}$ [0,05-0,06] chez les femmes déclarant un niveau de diplôme supérieur à Bac +3 en comparaison de 0,05 $\mu\text{mol/L}$ [0,05-0,05] chez celles déclarant un niveau de diplôme inférieur au baccalauréat ; $p < 0,01$).

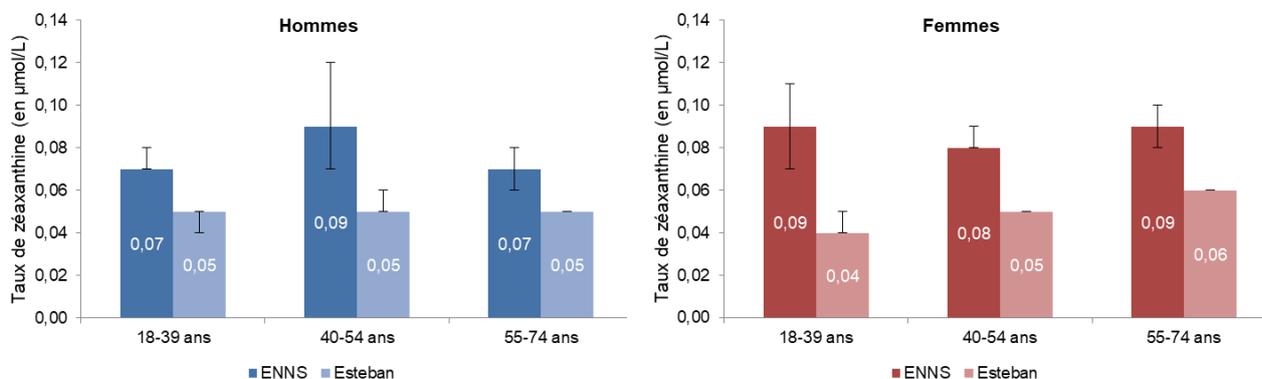
6.3.5.2 Évolution du taux de zéaxanthine des adultes depuis ENNS-2006

En 2006, la concentration sérique moyenne de zéaxanthine était de 0,08 $\mu\text{mol/L}$ [0,08-0,09], sans distinction entre hommes et femmes. Elle ne variait pas en fonction de l'âge, ni en fonction du niveau de diplôme.

La concentration sérique moyenne de zéaxanthine a diminué entre 2006 et 2015, chez les hommes comme chez les femmes ($p_s < 0,001$; Figure 33), quels que soient la classe d'âge ou le niveau de diplôme.

I FIGURE 33 I

Concentration sérique moyenne de zéaxanthine (en $\mu\text{mol/L}$) chez les adultes, selon le sexe et l'âge, comparaison ENNS 2006 / Esteban 2015



D'après les résultats de l'étude Esteban-2015, la concentration sérique moyenne de zéaxanthine était de $0,05 \mu\text{mol/L}$ chez les adultes, sans distinction entre hommes et femmes. Elle augmentait avec l'âge et avec le niveau de diplôme chez les femmes. Cette concentration moyenne a diminué entre 2006 et 2015 chez l'ensemble de la population adulte, quels que soient le sexe, l'âge ou le niveau de diplôme.

6.3.6 Béta-cryptoxanthine

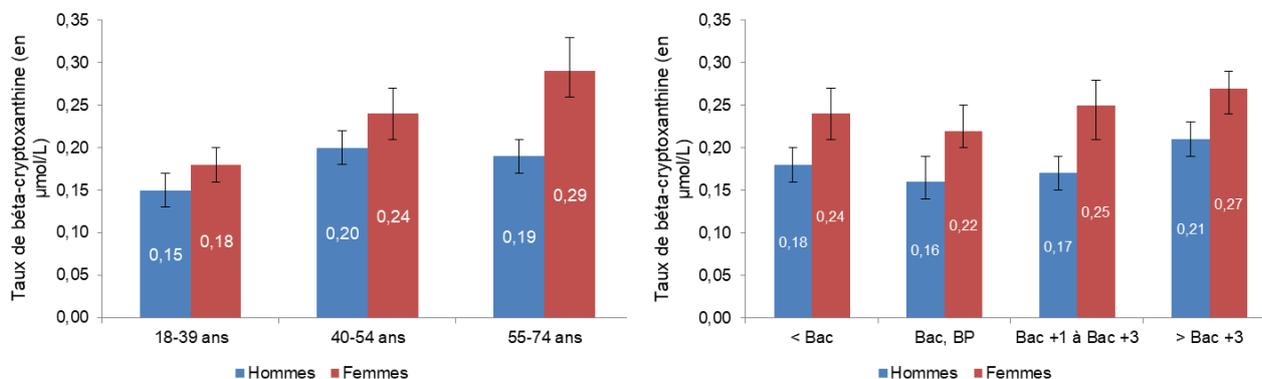
6.3.6.1 Taux de bêta-cryptoxanthine des adultes dans Esteban-2015

Aucun adulte ayant réalisé un dosage de caroténoïdes n'a déclaré avoir consommé de compléments alimentaires à base de bêta-cryptoxanthine dans les semaines précédant le prélèvement.

La concentration sérique moyenne de bêta-cryptoxanthine était de $0,18 \mu\text{mol/L}$ [0,17-0,19] chez les hommes et de $0,24 \mu\text{mol/L}$ [0,22-0,26] chez les femmes (différence significative ; $p < 0,001$). Elle augmentait avec l'avancée en âge ($p < 0,001$) tant chez les hommes que chez les femmes, et était supérieure chez les plus diplômés ($p < 0,05$; Figure 34).

I FIGURE 34 I

Concentration sérique moyenne de bêta-cryptoxanthine (en $\mu\text{mol/L}$) chez les adultes, selon le sexe, l'âge et le niveau de diplôme*, étude Esteban 2015



* Le diplôme rend compte du diplôme d'enseignement général ou technique le plus élevé que la personne de référence du ménage a obtenu. Il est exprimé en 4 classes : < Bac (aucun diplôme, certificat d'études primaires, CAP, BEP, BEPC, brevet élémentaire, brevet de compagnon) ; Bac, BP (baccalauréat général, technologique ou professionnel, brevet professionnel ou de technicien, BEA, BEC, BEI, BEH, capacité en droit) ; Bac +1 à Bac +3 (diplôme de 1er cycle universitaire, bac +3, licence, BTS, DUT, DEUG, diplôme des professions sociales ou de la santé, diplôme d'infirmier) ; > Bac +3 (diplôme de 2ème ou 3ème cycle universitaire [y compris médecine, pharmacie, dentaire], master, doctorat, diplôme d'ingénieur, diplôme d'une grande école).

6.3.6.2 Évolution du taux de bêta-cryptoxanthine des adultes depuis ENNS-2006

En 2006, la concentration sérique moyenne de bêta-cryptoxanthine était de 0,17 $\mu\text{mol/L}$ [0,16-0,19] chez les hommes et de 0,25 $\mu\text{mol/L}$ [0,23-0,26] chez les femmes (différence significative ; $p < 0,001$). Comme en 2015, elle augmentait avec l'avancée en âge ($p < 0,01$) et était supérieure chez les plus diplômés.

Aucune évolution de la concentration sérique moyenne de bêta-cryptoxanthine n'a été relevée chez les adultes entre 2006 et 2015, quels que soient le sexe, l'âge ou le niveau de diplôme.

D'après les résultats de l'étude Esteban-2015, la concentration sérique moyenne de bêta-cryptoxanthine était de 0,18 $\mu\text{mol/L}$ chez les hommes et de 0,24 $\mu\text{mol/L}$ chez les femmes. Elle augmentait avec l'avancée en âge (tant chez les hommes que chez les femmes), et était supérieure chez les plus diplômés.

Aucune évolution de la concentration sérique moyenne de bêta-cryptoxanthine n'a été relevée entre 2006 et 2015, quels que soient le sexe, l'âge ou le niveau de diplôme des adultes.

7. DISCUSSION

La réalisation d'un examen de santé incluant des prélèvements et dosages biologiques dans le cadre des études ENNS et Esteban rend compte d'un intérêt considérable en matière de surveillance nutritionnelle et représente une opportunité inédite de mesure et de suivi des biomarqueurs de l'état nutritionnel au sein de la population française. Ces données complètent celles relatives aux consommations alimentaires, au niveau d'activité physique et aux marqueurs cliniques et paracliniques de l'état nutritionnel (anthropométrie, pression artérielle, bilan lipidique...). En effet, bien que la France ne soit pas exposée au fléau de la dénutrition et des maladies de carence associées, il est important de pouvoir mesurer régulièrement le niveau de couverture des besoins en vitamines et minéraux de la population, compte tenu des conséquences négatives que peuvent avoir des apports insuffisants sur la santé (notamment en termes d'augmentation des risques de développer certaines pathologies). Il s'agit de pouvoir déceler d'éventuelles insuffisances ou carences au sein de la population, et/ou d'identifier d'éventuelles sous-populations particulièrement à risque pour certains biomarqueurs, qui nécessiteraient une vigilance et des interventions spécifiques.

Le protocole de l'étude Esteban incluait donc un examen de santé avec des prélèvements et dosages biologiques. Ces prélèvements ont été proposés à l'ensemble des participants (adultes et enfants) et réalisés dans des CES ou à domicile par des IDE spécifiquement formés pour l'étude. La participation au volet clinico-biologique de l'étude a été bien acceptée puisque 88% des adultes et 86% des enfants ayant réalisé l'enquête alimentaire ont réalisé à terme l'examen de santé. Au final, les dosages des biomarqueurs nutritionnels ont porté sur 2472 adultes et 794 enfants.

L'ensemble des dosages sanguins en vitamines et minéraux a été réalisé de manière centralisée, au terme de l'étude, par un unique laboratoire afin de s'affranchir d'une éventuelle variabilité relative aux techniques de dosages utilisées et aux calibrations des automates qui pourraient être propres aux laboratoires. Par ailleurs, ces dosages ont été réalisés selon des techniques valides et reconnues, garantissant d'une part une qualité des mesures effectuées, mais également une comparabilité avec les données d'ENNS, le même laboratoire ayant réalisé les mêmes analyses 10 ans auparavant.

Ces données permettent ainsi de dresser un état des lieux de l'état nutritionnel de la population française, d'en suivre l'évolution depuis 2006 et d'en dégager plusieurs pistes de réflexion et d'interventions en matière de santé publique.

Concernant le statut en vitamine D

La recherche sur les liens entre vitamine D et santé et la mesure du statut vitaminique de la population ont fait l'objet de nombreuses recherches et études ces dernières années. Le déficit ou la carence en 25(OH)D sont aujourd'hui considérés comme pandémiques et sources de nombreuses conséquences sanitaires et dépenses de santé dans les pays développés et notamment en Europe [27]. D'après les résultats de l'étude Esteban, la prévalence de la carence en vitamine D concernait en 2015, près de 7% des adultes et 4% des enfants (13% des adolescents) et seulement un quart des adultes et 3 enfants sur 10 atteignaient un seuil adéquat en vitamine D. Si la situation s'est améliorée depuis 2006 chez les femmes (notamment les plus âgées et les moins diplômées), on relève toutefois une augmentation de la carence chez les hommes âgés de 55-74 ans. Il semble donc nécessaire, au vu de ces résultats, d'élargir la prévention, l'information et les actions de santé publique qui ont portées leurs fruits auprès des femmes, à l'ensemble de la population et notamment aux hommes de plus de 55 ans.

Les prévalences françaises de la carence en vitamine D restent cependant en-deçà de la moyenne européenne estimée à 13% [27]. Ce chiffre fait toutefois référence à une estimation après standardisation des données et il est fort probable que la prévalence française soit revue à la hausse après application du même traitement. En effet, le dosage de la 25(OH)D sérique se réfère actuellement à différentes méthodes automatisées ou semi-automatisées qui ne sont pas harmonisées, ce qui rend difficile toute interprétation des résultats et ne permet pas (ou difficilement) de comparaison à l'international. En réponse, le *Vitamin D Standardization Program* (VDSP) a développé un protocole permettant de standardiser les méthodes de dosage par LC/MS/MS (la méthode de référence actuelle qui a été utilisée dans le cadre de l'étude Esteban) afin de passer outre ces difficultés. De récents travaux ont par exemple montré que l'application de ce protocole VDSP à l'enquête NANS (Irish National Adult Nutrition Survey) ont conduit à ré-estimer la prévalence de la carence en vitamine D de 6,5% lors des premières analyses à 11,4% après standardisation des données [28]. Un tel protocole permet non seulement de réajuster et corriger les données de prévalence mais il permet également de comparer et utiliser ces données à l'international, comme c'est le cas dans le cadre du projet européen ODIN¹. Les données de dosages de la vitamine D de l'étude Esteban ont fait l'objet d'une telle démarche de standardisation en collaboration avec un laboratoire habilité par le VDSP. Ce travail fera l'objet d'une publication spécifique.

Concernant le statut en fer

D'après l'OMS, la prévalence de l'anémie devient un problème de santé publique lorsqu'elle dépasse 5% dans la population [21]. La prévalence de l'ordre de 2% chez les hommes se situe en dessous de ce seuil, par contre chez les femmes, cela revêt une importance jugée « légère » en matière de santé publique et notamment chez les femmes en âge de procréer où cette prévalence atteint 7% (voir même 9% chez les femmes de 40 ans et plus non ménopausées). De manière générale, le statut en fer des femmes en âge de procréer reste un sujet de préoccupation puisqu'elles étaient, en 2015, 20% à témoigner d'une déplétion totale des réserves en fer, 7% à présenter une anémie et 4% à souffrir d'une anémie ferriprive en cumulant ces deux facteurs. Aucune évolution significative n'ayant été relevée depuis 2006 et compte tenu du très faible taux de ces femmes actuellement traitées pour leur anémie ferriprive (moins de 4%), il conviendrait de développer l'information, la prévention et la prise en charge de la carence martiale chez les femmes en âge de procréer. Ces mesures devraient être étendues aux filles de 6-17 ans chez qui la prévalence de l'anémie ferriprive atteint plus de 10%. Globalement, au regard des faibles niveaux de réserves en fer relevés chez les femmes et les enfants (où seuls 60% d'entre eux atteignent une valeur normale de ferritinémie), il conviendrait de promouvoir l'ensemble des recommandations alimentaires qui permettent de diversifier les sources alimentaires de fer hémunique et non-hémunique.

Concernant le statut en folates (vitamine B9)

L'acide folique (vitamine B9) a un rôle essentiel dans la synthèse du matériel génétique et d'un certain nombre d'acides aminés. Un faible niveau en vitamine B9 chez la mère (avant et en début de grossesse) constitue ainsi un facteur de risque majeur d'anomalies neurologiques chez le nouveau-né dont l'anomalie de fermeture du tube neural (AFTN). Le rôle de l'acide folique comme facteur protecteur des AFTN en période périconceptionnelle a été mis en évidence dans de nombreuses études conduites à partir des années 1980 [29] et de fait une supplémentation en folates en période périconceptionnelle est désormais considérée comme la seule mesure de prévention efficace des AFTN. En France, le PNNS prévoit une supplémentation en folates dès le souhait de grossesse, mais en dépit de ces recommandations encore très peu de femmes en bénéficient [30]. Il est donc important de surveiller le statut en folates des femmes en âge de procréer afin de mesurer le risque de déficit et d'ajuster les actions de prévention et les politiques de santé publique en fonction.

¹ <http://www.odin-vitd.eu/public/2-home/>

Dans l'étude Esteban, la prévalence du risque de déficit en folates était quasi-nulle chez les adolescentes (15-17 ans) mais elle atteignait plus de 13% chez les femmes adultes en âge de procréer (18-49 ans non ménopausées). Cette prévalence a quasiment doublé au cours des 10 dernières années témoignant d'une dégradation notable de la situation. Il est donc primordial de développer et de diversifier les actions de prévention à destination des femmes ayant un désir d'enfants, en abordant toutes les pistes d'amélioration possibles : augmentation de la consommation d'aliments contributeurs en folates (notamment les fruits et légumes), développement de l'information et du recours à la supplémentation en acide folique en période périconceptionnelle.

Concernant le statut en vitamine A (rétinol) et vitamine E (alpha-tocophérol)

Les prévalences des déficits en rétinol et tocophérol sont quasi-nulles dans la population française, quels que soient le sexe, l'âge ou le niveau d'études des individus. Cette situation est constante depuis 2006. Cette quasi-absence de carence indique que l'alimentation de la population est suffisamment diversifiée pour couvrir les besoins en vitamines A et E. De fait, bien qu'il soit important de poursuivre une surveillance régulière de ces biomarqueurs, il n'y a pas d'action ou de prévention spécifiques à envisager.

Toutefois, au regard de l'augmentation continue de la consommation de compléments alimentaires au sein de la population, parfois sans réelle nécessité (notamment pour des formules incluant plusieurs vitamines et minéraux), une surveillance de ces comportements et une information sur les risques de surdosage et de surconsommation de compléments alimentaires sans avis médical pourraient être envisagées.

Concernant le statut en caroténoïdes

Les caroténoïdes étant apportés essentiellement par les fruits et légumes, ils sont de fait un bon indicateur de la consommation de ces produits. De manière générale, la concentration sérique moyenne des principaux caroténoïdes était supérieure en 2015 chez les adultes les plus âgés et les plus diplômés. Ces résultats issus des dosages biologiques confirment ceux obtenus dans le chapitre Consommations alimentaires du volet Nutrition [19] qui mettaient en évidence une consommation plus favorable de fruits et de légumes dans cette population. Concernant l'évolution depuis 2006, la baisse de la consommation de 5 portions de fruits et de légumes par jour, relevée dans l'enquête alimentaire chez les hommes de 55-74 ans et les femmes de 18-39 ans, se retrouve également dans l'évolution du statut en caroténoïdes entre 2006 et 2015, notamment par une baisse des concentrations de lycopène, de lutéine et de zéaxanthine dans ces mêmes sous-populations. Ces résultats renforcent ainsi les conclusions précédemment énoncées sur la nécessité de développer des actions spécifiques pour favoriser la consommation de fruits et de légumes auprès du plus grand nombre.

8. CONCLUSION

De manière générale, on ne relève pas, en 2015, de résultats alarmants concernant les principaux biomarqueurs nutritionnels décrits dans ce chapitre. Il n'existe pas de déficit important ou de carence à grande échelle au sein de la population française, qui nécessiterait la mise en œuvre de politiques de santé publique de grande envergure. Ces résultats mettent toutefois en évidence plusieurs points de vigilance qu'il est nécessaire de prendre en compte pour prioriser et orienter des actions de prévention ciblées, notamment l'augmentation de la carence en vitamine D chez les hommes de plus de 55 ans, l'augmentation de la prévalence du risque de déficit en folates chez les femmes en âge de procréer, le dépistage et le traitement de la carence martiale chez les femmes en âge de procréer et les déficits en vitamines et minéraux liés à la baisse de consommation de fruits et de légumes dans certaines sous-populations.

Ces résultats font suite à ceux précédemment obtenus et publiés dans le cadre du volet Nutrition de l'étude Esteban (i.e. Corpulence, Activité physique et sédentarité, Consommations alimentaires). L'ensemble de ces données (situation en 2015 et évolution depuis 2006) doit guider et orienter les politiques de santé publique, les interventions et les actions de prévention au plus près des besoins de la population. La reconduction d'une telle enquête et le suivi de ces mêmes indicateurs dans quelques années permettront à termes, d'évaluer de nouveau la situation nutritionnelle de la population, de dresser le bilan des actions et politiques menées jusqu'à lors et de définir de nouvelles orientations adaptées aux besoins de chacun, afin d'améliorer la situation nutritionnelle de la population et de limiter le développement des pathologies associées.

Références bibliographiques

- [1] World Health Organization. Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Geneva : World Health Organization; 2009.
- [2] Who Joint, Consultation FAO Expert. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. World Health Organ Tech Rep Ser. 2003;916(i-viii).
- [3] Bhaskaran K, Douglas I, Forbes H, dos-Santos-Silva I, Leon DA, Smeeth L. Body-mass index and risk of 22 specific cancers: a population-based cohort study of 5.24 million UK adults. *Lancet*. 2014;384(9945):755-65.
- [4] Flegal KM, Kit BK, Orpana H, Graubard BI. Association of all-cause mortality with overweight and obesity using standard body mass index categories: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2013;309(1):71-82.
- [5] Micha R, Penalvo JL, Cudhea F, Imamura F, Rehm CD, Mozaffarian D. Association Between Dietary Factors and Mortality From Heart Disease, Stroke, and Type 2 Diabetes in the United States. *JAMA*. 2017;317(9):912-24.
- [6] Mongraw-Chaffin ML, Peters SA, Huxley RR, Woodward M. The sex-specific association between BMI and coronary heart disease: a systematic review and meta-analysis of 95 cohorts with 1.2 million participants. *The lancet Diabetes & endocrinology*. 2015;3(6):437-49.
- [7] Poggio R, Gutierrez L, Matta MG, Elorriaga N, Irazola V, Rubinstein A. Daily sodium consumption and CVD mortality in the general population: systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Public Health Nutr*. 2015;18(4):695-704.
- [8] He FJ, Li J, Macgregor GA. Effect of longer term modest salt reduction on blood pressure: Cochrane systematic review and meta-analysis of randomised trials. *BMJ*. 2013;346:f1325.
- [9] Hu FB, Willett WC. Optimal diets for prevention of coronary heart disease. *JAMA*. 2002;288(20):2569-78.
- [10] Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Stratégie mondiale pour l'alimentation, l'exercice physique et la santé. Geneva ; 2004. 1-23 p.
- [11] World Cancer Research Fund, American Institute for Cancer Research. Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective. Washington DC ; 2007.
- [12] World Health Organization. Healthy diet. Fact sheet n° 394 2015.
- [13] Scarborough P, Bhatnagar P, Wickramasinghe KK, Allender S, Foster C, Rayner M. The economic burden of ill health due to diet, physical inactivity, smoking, alcohol and obesity in the UK: an update to 2006-07 NHS costs. *Journal of public health*. 2011;33(4):527-35.
- [14] Unité de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle (Usen). Étude nationale nutrition santé (ENNS, 2006). Situation nutritionnelle en France en 2006 selon les indicateurs d'objectif et les repères du Programme national nutrition santé (PNNS). Institut de veille sanitaire, Université Paris 13, Conservatoire national des arts et métiers; 2007. 74 p.
- [15] Balicco A, Oleko A, Szego E, Boschat L, Deschamps V, Saoudi A, *et al*. Protocole Esteban: une Étude transversale de Santé sur l'Environnement, la Biosurveillance, l'Activité physique et la Nutrition. *Toxicologie analytique et clinique*. 2017(29):517-37.
- [16] Équipe de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle (Esen). Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban), 2014-2016. Volet Nutrition. Chapitre Corpulence. Saint-Maurice: Santé publique France; 2017. 42 p.
- [17] Verdot C, Torres M, Salanave B, Deschamps V. Corpulence des enfants et des adultes en France métropolitaine en 2015. Résultats de l'étude Esteban et évolution depuis 2006. *Bull Epidemiol Hebd*. 2017(13):234-41.
- [18] Équipe de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle (Esen). Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban), 2014-2016. Volet Nutrition. Chapitre Activité physique et sédentarité. Saint-Maurice: Santé publique France; 2017. 58 p.

- [19] Équipe de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle (Esen). Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban), 2014-2016. Volet Nutrition. Chapitre Consommations alimentaires. Saint-Maurice: Santé publique France; 2017. 193 p.
- [20] Perrine AL, Lecoffre C, Blacher J, Olié V. L'hypertension artérielle en France: prévalence, traitement et contrôle en 2015 et évolutions depuis 2006. *Bull Epidemiol Hebd.* 2018;10:170-9.
- [21] Organisation mondiale de la santé (OMS). Concentrations en hémoglobine permettant de diagnostiquer l'anémie et d'en évaluer la sévérité. Système d'informations nutritionnelles sur les vitamines et les minéraux. (WHO/NMH/NHD/MNM/11.1). Genève: Organisation mondiale de la Santé; 2011.
- [22] Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Concentrations sériques de ferritine permettant d'évaluer le statut et les carences en fer dans les populations. Système d'informations nutritionnelles sur les vitamines et les minéraux. (WHO/NMH/NHD/MNM/11.2). Genève: Organisation mondiale de la Santé; 2011.
- [23] WHO, Unicef, UNU. Iron deficiency anaemia: assessment, prevention and control, a guide for programme managers. Geneva : World Health Organization; 2001. 132 p.
- [24] Lips P. Which circulating level of 25-hydroxyvitamin D is appropriate? *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2004;89-90(1-5):611-4.
- [25] Andres E, Affenberger S, Vinzio S, Noel E, Kaltenbach G, Schlienger JL. [Cobalamin deficiencies in adults: update of etiologies, clinical manifestations and treatment]. *Rev Med Interne.* 2005;26(12):938-46.
- [26] Mata-Granados JM, Luque de Castro MD, Quesada Gomez JM. Inappropriate serum levels of retinol, alpha-tocopherol, 25 hydroxyvitamin D3 and 24,25 dihydroxyvitamin D3 levels in healthy Spanish adults: simultaneous assessment by HPLC. *Clin Biochem.* 2008;41(9):676-80.
- [27] Cashman KD, Dowling KG, Skrabakova Z, Gonzalez-Gross M, Valtuena J, De Henauw S, *et al.* Vitamin D deficiency in Europe: pandemic? *Am J Clin Nutr.* 2016;103(4):1033-44.
- [28] Cashman KD, Kiely M, Kinsella M, Durazo-Arvizu RA, Tian L, Zhang Y, *et al.* Evaluation of Vitamin D Standardization Program protocols for standardizing serum 25-hydroxyvitamin D data: a case study of the program's potential for national nutrition and health surveys. *Am J Clin Nutr.* 2013;97(6):1235-42.
- [29] Viswanathan M., Treiman K. A., Kish-Doto J., Middleton J. C., Coker-Schwimmer E. J., Nicholson W. K. Folic Acid Supplementation for the Prevention of Neural Tube Defects: An Updated Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force. *JAMA.* 2017;317(2):190-203.
- [30] Blondel B, Kermarrec M. Enquête nationale périnatale 2010: situation en 2010 et évolution depuis 2003. Mai 2011. 132 p.