

SANTÉ
ENVIRONNEMENT

DÉCEMBRE 2021

ÉTUDES ET ENQUÊTES

IMPRÉGNATION DE LA POPULATION
FRANÇAISE PAR LES
HERBICIDES

Programme national de biosurveillance, Esteban 2014-2016

Résumé

Imprégnation de la population française par les herbicides

Programme national de biosurveillance, Esteban 2014-2016

Les herbicides sont des substances phytopharmaceutiques utilisées pour lutter contre les adventices (mauvaises herbes). Ils sont utilisés en agriculture et étaient utilisables par les particuliers jusqu'au 1^{er} janvier 2019. Ils sont largement présents dans notre environnement quotidien.

En France, après la cohorte mère-enfants Pélagie qui avait fourni les premières valeurs d'exposition en Bretagne et le volet périnatal du programme national de biosurveillance, l'étude transversale Esteban (Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition) a permis de mesurer pour la première fois les niveaux d'imprégnation par les herbicides de la population française continentale (adultes et enfants). Ces analyses ont été réalisées à partir d'un sous-échantillon de 891 adultes et 498 enfants, inclus dans l'étude entre avril 2014 et mars 2016.

Seuls deux herbicides étaient véritablement quantifiés chez les participants d'Esteban à savoir le 2,4-D et la glyphosate. L'AMPA était le seul métabolite d'herbicides quantifié et ce chez plus de 70 % des adultes et des enfants.

Les niveaux retrouvés en AMPA chez les enfants âgés de 6 à 17 ans sont légèrement plus élevés que ceux mesurés chez les adultes.

Les niveaux d'imprégnation retrouvés dans Esteban étaient plus faibles que ceux retrouvés dans les études nord-américaines en ce qui concerne l'exposition au 2,4-D. Une explication à ce constat pourrait être une plus forte utilisation aux États-Unis et au Canada des herbicides. Ces deux pays étant respectivement le deuxième et le cinquième pays utilisateurs d'herbicides dans le monde alors que la France se place à la neuvième position mondiale. En ce qui concerne les résultats du glyphosate et de l'AMPA, les concentrations urinaires observées dans Esteban semblaient similaires à celles observées dans les études européennes.

L'imprégnation par l'AMPA augmentait avec l'utilisation d'une chaudière individuelle comme mode de chauffage principal, la consommation de viande et la consommation de vin. En ce qui concerne les enfants, leur imprégnation était plus importante au printemps qu'en automne ou en hiver.

Enfin, les niveaux des herbicides mesurés dans les urines ne peuvent être confrontés à des valeurs toxicologiques de référence et ne sont donc pas prédictives d'un risque sanitaire associé. Par ailleurs, dans l'état actuel des connaissances, il existe peu de données sur les effets sanitaires des herbicides à des niveaux faibles d'exposition et pas de valeur seuil sanitaire construite par les agences chargées de l'élaboration de tels seuils.

MOTS CLÉS : HERBICIDES ; BIOSURVEILLANCE ; Esteban ;
POPULATION GÉNÉRALE ; ENFANTS ;
ATRAZINE ; 2-4,D ; ALACHLOR ; SIMAZINE ; DIURON ;
CHLORTOLURON ; ISOPROTURON ;
DIMETHACHLOR ; GLYPHOSATE ; AMPA ;
IMPRÉGNATION ; EXPOSITION ; SUBSTANCES CHIMIQUES ;
DÉTERMINANTS ; ENVIRONNEMENT

Citation suggérée : Imprégnation de la population française par les herbicides. Programme national de biosurveillance, Esteban 2014-2016. Saint-Maurice : Santé publique France, juin 2019. 57 p.
Disponible à partir de l'URL : www.santepubliquefrance.fr

ISSN : 2609-2174 / ISBN-NET : 979-10-289-0752-5 / RÉALISÉ PAR LA DIRECTION DE LA COMMUNICATION, SANTÉ PUBLIQUE FRANCE / DÉPÔT LÉGAL : DÉCEMBRE 2021

Abstract

Exposure levels of herbicides in the french population

National Biomonitoring Program, Esteban 2014-2016

Herbicides are pesticides used to control weeds. They are used in agriculture, and were usable by individuals until January 1, 2019. They are very present in our daily environment.

In France, after the Pélagie mother-child cohort which gave the first exposure values in Brittany and the perinatal component of the national biomonitoring program, the Esteban cross-sectional study (Environmental Health Study, Biosurveillance, Physical Activity and Nutrition) allowed to measure for the first time the levels of impregnation by herbicides of the French mainland population (adults and children). These analyzes were carried out on a sub-sample of 891 adults and 498 children, included in the study between April 2014 and March 2016.

Only two herbicides were quantified in the Esteban participants, namely 2,4-D and glyphosate. AMPA was the only herbicide metabolite quantified in over 70% of adults and children.

The AMPA levels found in children are slightly higher than those measured in the adult samples.

Esteban's results were lower than those found in North America studies for impregnation with 2,4-D. One explanation for this could be a higher use of herbicides in the United States and Canada. These two countries being respectively the second and the fifth herbicide user country in the world, France is in ninth position worldwide. Regarding the results of AMPA and glyphosate, the urinary concentrations observed in Esteban appeared to be similar to those observed in European studies.

Regarding the search for determinants, the impregnation with AMPA increased with the use of an individual boiler as the main heating mode, the consumption of meat and the consumption of wine. Concerning children, their impregnation was more important in spring than in autumn or winter.

In the current state of knowledge, there is little data on the potential health effects of parabens at low levels of exposure and on the health threshold value designed by the agencies in charge of developing such thresholds.

KEY WORDS: HERBICIDES ; BIOSURVEILLANCE ; Esteban ; GENERAL POPULATION; CHILDREN ; ATRAZINE ; 2-4,D ; ALACHLOR ; SIMAZINE ; DIURON ; CHLORTOLURON ; ISOPROTURON ; DIMETHACHLOR ; GLYPHOSATE ; AMPA ; IMPREGNATION; EXPOSURE; CHEMICAL SUBSTANCES ; DETERMINANTS; ENVIRONMENT

Auteurs

Marie Pécheux, Clémence Fillol, Jessica Gane, Amivi Oleko, Abdessattar Saoudi, Abdelkrim Zeghnoun

Santé publique France, Direction santé environnement travail, Saint-Maurice, France

Ce rapport a été réalisé avec la participation financière de la phytopharmacovigilance de l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail).

L'étude a été réalisée avec la participation des ministères des Solidarités et de la Santé et de la Transition écologique et solidaire, des centres d'examens de santé de l'Assurance maladie et du (Centre technique d'appui et de formation des centres d'examen de santé).

Sommaire

Résumé.....	2
Abstract.....	3
Auteurs.....	4
INTRODUCTION	6
1. GÉNÉRALITÉS SUR LES HERBICIDES	7
1.1 Utilisations et réglementations	7
1.2 Exposition de la population.....	8
1.2.1 Exposition alimentaire	8
1.2.2 Exposition via l'eau de boisson	8
1.2.3 Exposition environnementale	9
1.2.4 Exposition domestique	9
1.2.5 Exposition professionnelle.....	9
1.3 Devenir dans l'organisme : absorption, distribution, métabolisme et élimination.....	10
1.4 Effets sanitaires.....	11
1.5 Mesure et interprétation des niveaux biologiques des herbicides	11
2. MATÉRIEL ET MÉTHODES	13
2.1 Contexte et objectifs	13
2.2 Population	14
2.3 Recueil des données	14
2.4 Collecte et traitement des échantillons biologiques d'urines	14
2.5 Dosage des herbicides et de la créatinine	15
2.5.1 Dosage des herbicides.....	15
2.5.2 Dosage de la créatinine.....	16
2.6 Analyses statistiques	16
2.6.1 Plan de sondage et pondérations.....	16
2.6.2 Traitement des données manquantes et censurées à gauche	16
2.6.3 Recherche des déterminants des niveaux d'imprégnation	17
2.6.4 Logiciels utilisés.....	17
3. RÉSULTATS DES ANALYSES DESCRIPTIVES CHEZ LES ADULTES	18
3.1 Niveaux des herbicides	18
3.2 Comparaison avec les études en France et à l'étranger	18
4. DÉTERMINANTS DE L'IMPRÉGNATION PAR L'AMPA CHEZ LES ADULTES	22
5. RÉSULTATS DES ANALYSES DESCRIPTIVES CHEZ LES ENFANTS	23
5.1 Niveaux d'herbicides	23
5.2 Comparaison avec les études en France et à l'étranger	23
6. DÉTERMINANTS DE L'IMPRÉGNATION PAR L'AMPA CHEZ LES ENFANTS	27
7. VALEURS DE RÉFÉRENCE D'EXPOSITION (VRE) À PARTIR DES RÉSULTATS DES HERBICIDES DE L'ÉTUDE ESTEBAN	28
8. DISCUSSION / CONCLUSION	29
Références bibliographiques	31
Annexe 1. Liste des variables testées dans le modèle.....	36
Annexe 2. Distribution des concentrations urinaires en herbicides par classe d'âge et par sexe.....	38

INTRODUCTION

Les herbicides sont des pesticides utilisés pour lutter contre les adventices (mauvaises herbes). Ils sont utilisés en agriculture et étaient utilisables par les particuliers jusqu'au 1^{er} janvier 2019¹.

Toutefois, l'exposition de la population française aux herbicides est peu connue.

En France, après la cohorte mère-enfants Pélagie [1] qui avait donné les premières valeurs d'exposition en Bretagne et le volet périnatal de programme national de biosurveillance [2], l'étude transversale Esteban permet de mesurer pour la première fois les niveaux d'imprégnation par les herbicides de la population française (adultes et enfants) continentale. Ces analyses sont réalisées à partir d'un sous-échantillon de 891 adultes et 498 enfants, inclus dans l'étude entre avril 2014 et mars 2016.

Après un rappel des généralités sur les herbicides en termes de sources d'exposition et d'effets sur la santé (1), ce document présente la méthode suivie pour la collecte des données d'exposition et leur analyse (2), puis les résultats descriptifs des niveaux d'imprégnation observés dans le cadre de l'étude Esteban (3) et l'analyse des déterminants de l'exposition réalisée chez les adultes et les enfants (4).

¹ Loi Labbé, loi n°2014-110 du 06/02/2014 visant à mieux encadrer l'utilisation des produits phytosanitaires sur le territoire national.

1. GÉNÉRALITÉS SUR LES HERBICIDES

1.1 Utilisations et réglementations

Les ventes agricoles d'herbicides en France en 2016 s'élevaient à 30 061 tonnes selon la banque nationale des ventes réalisée par les distributeurs de produits phyto-pharmaceutiques [3].

Deux pesticides étudiés dans Esteban appartiennent à la famille des triazines. Il s'agit de l'atrazine et de la simazine.

- **L'atrazine** a été autrefois très utilisée pour le désherbage du maïs, mais est interdit d'utilisation agricole depuis 2003. La persistance et le temps de demi-vie importants de ce composé ou de ses métabolites font que malgré une diminution progressive de leur présence dans les milieux en contact avec l'homme, ils sont toujours présents dans l'environnement, principalement dans les eaux de distribution [4].
- La **simazine** quant à elle, a été couramment utilisée en France pour la culture du maïs, les cultures fruitières (raisins, citrons...) et les cultures de fruits secs à coque avant son interdiction en 2003. Cette substance était 20 fois moins employée que l'atrazine en quantité [5].

Trois herbicides étudiés dans Esteban appartiennent à la famille des urées substituées. Il s'agit du diuron, du chlorotoluron et de l'isoproturon. En 2016, 2,8 tonnes d'herbicides de la famille des urées substituées ont été vendues en France [6]. La France est le troisième pays européen consommateur d'urées substituées.

- Le **diuron** a été utilisé seul (sans association d'autre substance active) notamment sur les cultures d'arbres fruitiers (poiriers, cognassiers, pommiers...) ou de légumes jusqu'en 2003 [7]. En 2003, le diuron non associé à d'autres substances actives a été interdit pour tous les usages agricoles, à l'exception du désherbage des lentilles, de la canne à sucre, de la banane et de l'ananas. La France a retiré les autorisations de mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques contenant du diuron, pour tous les usages agricoles en 2008.
- Le **chlorotoluron** est principalement utilisé pour les grandes cultures de blé tendre et dur d'hiver, d'orge d'hiver et d'escourgeon. Il bénéficie d'autorisation de mise sur le marché [8].
- L'**isoproturon** était régulièrement utilisé pour le désherbage du blé, l'orge et les cultures porte-graine mineures [9] jusqu'en 2017, date de son interdiction.

L'**alachlore** est un herbicide de la famille des chloroacétamides, interdit depuis 2008 en France, qui a principalement été utilisé pour les cultures de maïs et de soja [10].

Le **diméthachlore** est un herbicide de la famille des chloroacétanilides utilisé principalement pour la culture du colza. Il bénéficie actuellement d'une autorisation de mise sur le marché [8]. En 2016, la France était le premier pays européen en termes d'achat d'herbicides de la famille des chloroacétanilides avec 2,2 tonnes vendues [6].

L'**acide 2,4-dichlorophénoxyacétique** (ou **2,4-D**) est un herbicide de la famille des phenoxyherbicides bénéficiant actuellement d'une autorisation de mise sur le marché [8]. En 2016, 1,4 tonnes d'herbicides de la famille des phenoxyherbicides ont été vendues en France, la France étant le deuxième pays européen consommateur de phenoxyherbicides [6]. Le 2,4-D est utilisé pour les désherbages généraux avant mise en culture, et plus spécifiquement pour certains arbres fruitiers, pour les céréales, les prairies, la canne à sucre et les asperges. Il est aussi utilisé pour détruire les herbes à feuilles larges dans les prairies, le désherbage des bords de route et des parcs [11].

Le **glyphosate** est un herbicide de la famille des aminophosphates, bénéficiant d'une autorisation de mise sur le marché. En 2016, 8 721 tonnes de glyphosate ont été vendues en France dont 1 570 tonnes pour des usages non professionnels [12]. Entre 2014 et 2016, il s'agissait de la substance active la plus vendue en France que ce soit pour des usages professionnels ou amateurs. Dans le cadre du plan de sortie du glyphosate engagé par le gouvernement, l'Anses a lancé une évaluation des alternatives non chimiques à cet herbicide en 2020 [13-16]. L'usage de la substance est dorénavant restreint aux situations où le glyphosate n'est pas substituable à court terme. Les principaux domaines d'utilisation agricole du glyphosate sont la viticulture, l'arboriculture fruitière, les grandes cultures et la forêt. Le principal métabolite environnemental du glyphosate est l'acide aminométhylphosphonique (AMPA).

1.2 Exposition de la population

La population la plus à risque est constituée des personnes directement exposées aux pesticides. Elle inclut les travailleurs agricoles chargés d'épandre les pesticides et les personnes se trouvant dans le voisinage immédiat pendant et juste après cet épandage. Quant à l'exposition de la population générale aux pesticides, elle a principalement lieu par le biais de l'alimentation et de la consommation d'eau potable [17].

1.2.1 Exposition alimentaire

L'étude de l'alimentation totale infantile (EATi) [18] menée par l'Anses a mis en évidence l'**atrazine** ou ses métabolites qui ont été détectés dans 0,3 % des échantillons et dans deux catégories d'aliments plus particulièrement : les desserts lactés infantiles (17 % de détection) et l'eau du robinet (29 % de détection) [18]. Dans le cadre de l'EAT2 [19], l'atrazine n'a pas été détectée.

L'étude EAT2 a évalué la présence de la **simazine** et du **diuron** dans l'alimentation [19]. Aucune contamination d'aliment n'a été mise en évidence pour ces deux substances.

L'EATi a également révélé la présence du **2,4-D** dans 3 % des échantillons soit quatre catégories d'aliments : les céréales infantiles, les fruits, les boissons fraîches sans alcool et les boissons chaudes. Dans le cadre de l'EAT2, le 2,4-D n'a pas été détecté. Dans le cadre des plans de surveillance nationaux, la substance n'a été détectée en 2011-2012 que dans 1,4 % des échantillons d'eau du robinet [19].

Quant au **glyphosate**, il a été détecté, dans l'EATi [18], dans 0,7 % des échantillons analysés soit deux catégories : eau du robinet et céréales pour petit déjeuner. Le glyphosate et ses métabolites n'ont pas été recherchés dans l'EAT2. Dans le cadre des plans de surveillance nationaux, une présence de faibles quantités de glyphosate dans les aliments, notamment les céréales, les raisins de cuve et les lentilles a été mise en évidence [12]. L'Efsa, dans son rapport annuel de 2019 qui examine les résidus de pesticides dans l'alimentation sur le marché européen, indique une quantification du glyphosate dans 3 % des échantillons principalement dans les céréales et les légumineuses mais aussi dans les fruits et légumes [20]. Le *Codex Alimentarius*, ou « Code alimentaire », est un ensemble de normes, de lignes directrices et de codes d'usages adoptés par la Commission du *Codex Alimentarius*. Cette commission a été créée par l'Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) afin de protéger la santé des consommateurs et de promouvoir des pratiques loyales en matière de commerce de denrées alimentaires. Ce dernier préconise pour le glyphosate, une limite maximale de résidus de 0,05 mg/kg dans la viande (soit la limite de détection) [21].

1.2.2 Exposition via l'eau de boisson

Les limites de qualité fixées par les réglementations européenne et française pour les eaux brutes et l'eau de distribution, permettent de contrôler la contamination des eaux par les pesticides. En 2014, 6 % de la population française a été concernée par une distribution d'eau du robinet

ponctuellement non conforme [4]. En 2014, 59 molécules étaient à l'origine des situations de dépassements récurrents des limites de qualité ou de restriction d'usages. L'**atrazine** et ses métabolites étaient principalement à l'origine de ces dépassements. La surveillance des eaux destinées à la consommation humaine sur ces dix dernières années montre des dépassements du seuil de 0,1 µg.L⁻¹ pour un nombre très limité d'échantillons : par exemple, 3 prélèvements sur 7 596 pour le glyphosate en 2017 [12].

1.2.3 Exposition environnementale

Bien que peu étudiée et considérée comme mineure en comparaison avec la voie orale, la voie respiratoire constitue une autre voie d'exposition potentielle aux pesticides. Les pesticides utilisés en agriculture peuvent être dispersés dans l'atmosphère, au moment de leur application, en particulier lors d'un épandage aérien, et après l'application, à travers la volatilisation depuis les sols ou les végétaux, ou encore par érosion éolienne.

Une campagne nationale exploratoire des pesticides dans l'air ambiant [22] a montré la présence d'herbicides dans l'air extérieur et notamment de glyphosate (quantifié à 56 %), l'alachlore (quantifié à 34 %), l'atrazine et ses métabolites, le diuron, l'isoproturon et la simazine. Le glyphosate avec une fréquence de quantification à 56 %, affiche une concentration moyenne annuelle de 0,025 ng/m³. L'AMPA quant à lui a été quantifié à 1,31 %.

En ce qui concerne les eaux de surface telles que les rivières et les lacs, en France métropolitaine, entre 2014 et 2016, les analyses réalisées ont montré la présence fréquente du glyphosate (de 39 à 50 % de quantification) et de l'AMPA (de 54 à 69 % de quantification) [12]. Ils étaient en revanche moins présents dans les eaux souterraines avec en moyenne 2 % de quantification pour le glyphosate et 2,1 % pour l'AMPA. L'AMPA est issu de la dégradation du glyphosate mais aussi de la dégradation des phosphonates. Une étude Polonaise a montré que l'AMPA est aussi retrouvé couramment à la sortie de station d'épuration où il est utilisé pour le traitement de l'eau sous forme de phosphonates [23, 24].

Une étude sur les sols arables agricoles européens a mis en évidence le glyphosate et/ou l'AMPA dans près de la moitié des échantillons (45 %). Ils étaient tous les deux présents dans 18 % des échantillons. L'AMPA était la forme prédominante, étant présent dans 42 % des échantillons de sols tandis que le glyphosate était présent dans 21 % des échantillons [25]. En effet, l'AMPA est plus persistant dans les sols que le glyphosate avec une demi-vie allant de quelques jours à quelques années [26, 27].

1.2.4 Exposition domestique

L'utilisation de pesticides au domicile peut entraîner des expositions directes lors de l'application [28] et secondairement par contact ou ingestion (manuportage, notamment chez les fumeurs) des résidus présents dans les poussières des logements [29, 30].

En ce qui concerne l'AMPA, comme indiqué précédemment il est issu de la dégradation du glyphosate mais aussi de la dégradation des phosphonates. Les phosphonates sont des agents anti-tartre que l'on trouve dans les produits d'entretien domestiques, dans le traitement d'eau des chaudières ainsi que dans les détergents [23, 31, 32].

1.2.5 Exposition professionnelle

La voie cutanée semble être la voie majeure de pénétration des pesticides dans l'organisme en milieu professionnel [33]. L'exposition professionnelle aux herbicides peut concerner les agriculteurs, mais aussi les personnes chargées de l'entretien des espaces verts et publics et de l'hygiène publique. L'exposition peut se produire dès l'achat du produit, durant son transport et son stockage, lors de la préparation des solutions pour l'épandage et de l'épandage des pesticides, lors

du nettoyage du matériel, de contaminations accidentelles, ou lors des travaux dans les champs traités.

L'exposition professionnelle pourrait également être à l'origine d'une contamination des logements des travailleurs (air, sols, poussières) liée à l'importation, au domicile, de pesticides transportés via les vêtements ou les chaussures de travail [34].

1.3 Devenir dans l'organisme : absorption, distribution, métabolisme et élimination

L'**atrazine** est facilement absorbée par la voie gastro-intestinale et dans une moindre mesure par les voies respiratoire et cutanée (16 %) [35]. L'atrazine et ses métabolites se concentrent dans les globules rouges, auxquels les triazines se lient préférentiellement, mais aussi dans le rein, le foie et la rate. L'atrazine est métabolisée par actions de désalkylation via les mono-oxygénases à cytochrome P450 et de déchlorination via les glutathion-S-transférases, principalement sous forme de métabolites N-désalkylés [36, 37]. La majorité de l'atrazine et de ses métabolites est éliminée par la voie urinaire et dans une moindre mesure dans les fèces. Un suivi réalisé auprès de travailleurs a montré que la demi-vie d'élimination de l'atrazine et de ses métabolites dans les urines était de 8 heures et l'élimination complète dans les urines avait lieu après un peu plus de 24 heures [48]. La même étude a montré que, dans les urines, l'atrazine est principalement éliminée sous la forme de ses métabolites, soit l'atrazine bidésalkylée (80 %), la désisopropylée (10 %), la dééthylée (8 %). La forme inchangée de l'atrazine représente 2 % de la concentration totale éliminée dans les urines [38].

L'absorption, le métabolisme et l'excrétion de la **simazine** ont été mesurés chez le rat par voie orale. L'absorption était d'environ 90 % avec une concentration sanguine maximale atteinte après 2 heures. La plupart des excrétions (95 %) ont eu lieu dans les 48 heures (63 % d'urine ; 25 % de fèces), quel que soit le sexe. Les principaux métabolites de la simazine sont le désisopropyl-s-atrazine et le diaminochlorotriazine [39].

Le **diuron** est absorbé par le système gastro-intestinal et est largement métabolisé et excrété dans l'urine et les fèces. Chez le rat, la N-(3,4-dichlorophényl)urée (DCPU) et la 4,5-dichloro-2-hydroxyphénylurée (2-OH-DCPU) étaient les métabolites urinaires prédominants. Dans la seule étude humaine existante, du DCPMU et du DCPU ont été retrouvés dans les urines post-mortem après un cas d'abus de produit avec des expositions considérablement plus élevées qu'avec des expositions professionnelles ou environnementales [40, 41].

Le **chlorotoluron** est facilement et rapidement absorbé lorsqu'il est administré par voie orale. Aucune preuve d'une accumulation dans un organe ou un tissu particulier n'a été signalée. Chez le rat, il est métabolisé principalement en dérivés hydroxyméthyle et carboxyméthyle. Le chlorotoluron est rapidement excrété dans l'urine sous forme de métabolites [42].

L'**isoproturon** est facilement et rapidement absorbé lorsqu'il est administré par voie orale. L'absorption orale a été estimée à plus de 90 %. La distribution est rapide et aucune accumulation d'isoproturon dans un organe ou un tissu particulier n'a été signalée. Chez le rat, il est rapidement métabolisé et notamment via la N-déméthylation et l'oxydation des groupes N-méthyle et fraction isopropyle suivis de réactions de conjugaisons. L'isoproturon et ses métabolites sont rapidement excrétés dans l'urine chez le rat [43-45].

L'**alachlore** est absorbé par le tractus gastro-intestinal des rats et distribué dans le sang, rate, foie, rein, cœur et, dans une moindre mesure, yeux, cerveau, estomac et ovaires. Les rats, les souris et les singes diffèrent par la manière dont ils le métabolisent, le distribuent et l'excrètent. Le 4-Amino-3,5-diéthylphénol, qui est soupçonné être un métabolite clé du point de vue de la cancérogénicité de l'alachlore, a été trouvé en quantités beaucoup plus importantes dans l'urine des rats que celle des souris et des singes. L'alachlore et ses métabolites dans l'urine et les fèces sont excrétés

beaucoup plus lentement chez le rat que chez la souris et le singe. Les souris excrètent les métabolites de l'alachlore principalement via les fèces, les rats en proportion égale dans les urines et les fèces, et les singes principalement via l'urine [46].

Le **diméthachlore** est absorbé assez rapidement et presque complètement par voie orale (plus de 94 % en 168 heures). Il est largement diffusé et principalement dans le sang et les organes hautement perfusés (poumons, cœur, reins, foie et rate). Plus de 91 % du diméthachlore est excrété dans les 168 heures, via les urines et les fèces. Le diméthachlore est pratiquement complètement métabolisé. Ses principaux métabolites sont des dérivés o-déméthylés et des dérivés hydroxyl-méthyle [47].

Le **2,4-D** est rapidement et presque complètement absorbé après administration orale. Il est principalement distribué dans les reins et le foie, mais il est également présent dans le cerveau et le liquide céphalo-rachidien après administration répétée. La substance active est mal métabolisée et est éliminée rapidement, principalement par excrétion urinaire [48].

Le **glyphosate** est absorbé par la voie cutanée et la voie orale. Les études animales et in vitro s'accordent sur une absorption cutanée du glyphosate de l'ordre 2 %. En ce qui concerne la voie orale, selon les études réalisées chez l'homme, l'absorption du glyphosate serait comprise entre 1 et 6 % de la dose ingérée. Une fois absorbé, il est facilement distribué par le sang, aucune accumulation n'a été mise en évidence dans aucun tissu ou organe particulier. La métabolisation du glyphosate en AMPA chez l'homme est très limitée (moins de 1 %). Chez l'animal, le glyphosate est principalement éliminé par les urines (glyphosate absorbé) et les fèces (glyphosate non absorbé). Les études récentes ont rapportées que la demi-vie chez l'homme était inférieure à 10 heures [26, 27, 33, 49].

1.4 Effets sanitaires

L'expertise collective de l'Inserm « Pesticides et effets sur la santé : nouvelles données » [26] confirme la présomption forte d'un lien entre l'exposition aux pesticides et six pathologies : lymphomes non hodgkiniens (LNH), myélome multiple, cancer de la prostate, maladie de Parkinson, troubles cognitifs, bronchopneumopathie chronique obstructive et bronchite chronique.

Des liens ont été identifiés pour d'autres pathologies ou événements de santé avec une présomption moyenne. C'est le cas notamment pour la maladie d'Alzheimer, les troubles anxio-dépressifs, certains cancers (leucémies, système nerveux central, vessie, rein, sarcomes des tissus mous), l'asthme et les sifflements respiratoires, ainsi que les pathologies thyroïdiennes.

En ce qui concerne plus spécifiquement les herbicides, l'expertise conclut à une présomption forte d'un lien entre exposition aux herbicides et la maladie de Parkinson. De plus, les triazines, le 2,4D et le glyphosate sont impliqués dans les excès de risque de LNH. Les phénoxyherbicides (dont le 2,4D) sont à l'origine d'une présomption d'un lien entre exposition aux pesticides et les sarcomes des tissus mous et des viscères [26].

Concernant le glyphosate, l'Inserm a conclu à l'existence d'un risque accru de LNH avec une présomption moyenne de lien. D'autres sur-risques sont évoqués pour le myélome multiple et les leucémies, mais les résultats sont moins solides (présomption faible) [26].

1.5 Mesure et interprétation des niveaux biologiques des herbicides

L'indicateur biologique de l'exposition à un herbicide peut être la molécule parente ou son métabolite dans la matrice biologique appropriée.

Les herbicides ou leurs métabolites étudiés sont tous principalement excrétés dans les urines (Tableau 1). Dans la quasi-totalité des études disponibles, l'évaluation chez l'homme de

l'imprégnation par les herbicides étudiés dans l'étude Esteban ou leurs métabolites repose sur des mesures dans l'urine.

Les herbicides étudiés ayant une durée de demi-vie courte dans l'organisme humain (quelques heures à quelques jours), la présence de ces substances ou de leurs métabolites dans les milieux biologiques témoigne d'une exposition récente.

Il n'existe pas à l'heure actuelle de seuil sanitaire pour les niveaux d'imprégnation biologique par les herbicides.

Tableau 1. Herbicides et leurs métabolites étudiés dans Esteban

Herbicides (numéro CAS)	Métabolites (numéro CAS)
Atrazine (1912-24-9)	Desethyl atrazine (6190-65-4) Desethyl 2-hydroxy atrazine (19988-24-0) Desisopropyl atrazine (1007-28-9) Desethyl desisopropyl atrazine (3397-62-4) 2-hydroxy atrazine (2163-68-0) Atrazine mercapturate (138722-96-0)
2,4-D : Acide 2,4 dichlorophénoxyacétique (94-75-7)	
Alachlore (15972-60-8)	Alachlore mercapturate (116482-92-9) 2,6 diethyl aniline (71477-82-2)
Simazine (122-34-9)	2-Hydroxy-simazine (2599-11-3) Simazine mercapturate (205764-69-8)
Diuron (330-54-1)	
Chlortoluron (15545-48-9)	
Isoproturon (34123-59-6)	IPPMU : 1-(4-Isopropylphenyl)-3-methylurea (98-49-7)
Diméthachlore (50563-36-5)	
Glyphosate (1071-83-6)	AMPA : Acide aminométhylphosphonique (1066-51-9)

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Contexte et objectifs

L'action 43 du PNSE2 prévoit la mise en place d'un programme pluriannuel de biosurveillance de la population française. Ce programme, préparé entre mai 2009 et mars 2010 par un comité de pilotage mis en place et animé par Santé publique France², repose dans l'immédiat sur la réalisation de deux études :

- **un volet périnatal** mis en œuvre au sein de la cohorte Elfe dont tous les résultats ont été publiés en décembre 2017 ;
- une étude nationale transversale nommée **Esteban** (Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition) qui concerne la population générale française âgée de 6 à 74 ans.

Les objectifs du volet environnemental de l'étude Esteban concernant les herbicides étaient les suivants :

- décrire les niveaux d'imprégnation par les herbicides de la population française continentale, mesurés à partir de prélèvements urinaires recueillis et établir des valeurs de référence pour la population adulte ;
- comparer les niveaux d'imprégnation par les herbicides avec les résultats d'études antérieures menées en France et à l'étranger ;
- analyser les déterminants des niveaux d'imprégnation de la population adulte par certains métabolites dont le taux de quantification est élevé.

La liste des herbicides analysés dans l'étude Esteban est présentée dans le tableau 1.

2. Réunissant la Direction générale de la Santé, la Direction générale de la prévention des risques, la Direction générale du Travail, l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments et l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail aujourd'hui regroupées au sein de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.

2.2 Population

Les inclusions des participants se sont déroulées entre avril 2014 et mars 2016, au cours de quatre vagues successives, de durées égales, afin d'équilibrer les inclusions en fonction de la saisonnalité des expositions environnementales et de l'alimentation. La population cible de l'étude Esteban était constituée de l'ensemble des personnes résidant en France continentale âgées de 6 à 74 ans et vivant dans un ménage ordinaire sur la période d'étude.

Pour être éligibles, les individus devaient résider au moins quatre jours par semaine dans leur résidence habituelle, maîtriser suffisamment la langue française, ne pas déménager en dehors des zones géographiques couvertes au cours de la période d'étude et ne pas souffrir d'une pathologie rendant impossible la réalisation de l'étude (alimentation artificielle entérale ou parentérale, contre-indication à un prélèvement sanguin).

Le dosage des herbicides dans les urines a été réalisé sur un sous-échantillon aléatoire de 891 adultes et 498 enfants en France continentale et chez lesquels la quantité de matrice urinaire était suffisante pour le dosage des herbicides.

2.3 Recueil des données

Les données relatives aux trois grands sujets étudiés dans Esteban ont principalement été recueillies par questionnaires (renseignés en face à face avec un enquêteur se rendant au domicile des participants et par auto-questionnaires papiers ou via internet selon le choix des participants).

Des informations plus détaillées sur l'ensemble des données recueillies et sur les aspects opérationnels de la réalisation de l'étude Esteban sont disponibles dans un article spécifique décrivant le protocole de l'étude [50].

Des données démographiques, socio-économiques, sur l'alimentation, l'activité physique, la sédentarité, l'environnement résidentiel et professionnel, la santé générale et la consommation de soins ont été recueillies à travers la passation de différents questionnaires. D'autre part, l'ensemble des mesures et des prélèvements biologiques (sang, urines, mèche de cheveux) ont été effectués dans le cadre d'un examen de santé. Pour ce faire, Santé publique France s'est appuyé sur le réseau des centres d'exams de santé de l'Assurance maladie (CES). Pour les enfants, et les adultes qui en avaient exprimé le choix, l'examen de santé était effectué à domicile, avec la venue d'un infirmier diplômé d'état (IDE). Les traitements immédiats des prélèvements biologiques ont été réalisés dans les laboratoires d'analyses rattachés aux CES.

2.4 Collecte et traitement des échantillons biologiques d'urines

Le jour de l'examen de santé, le recueil urinaire était effectué au réveil afin de collecter les premières urines du matin. Les participants devaient remplir par miction directe, un pot en polypropylène (PP) de haute densité d'une contenance de 250 mL, remis par les enquêteurs lors de visites préalables au domicile des participants. Un volume de 200 mL était souhaité même s'il était attendu que la quantité prélevée chez les enfants soit moins importante (notamment chez les 6-10 ans). Le pot contenant les urines était ensuite placé dans un sachet opaque puis remis aux infirmiers lors de l'examen de santé, conservé au frais entre +4°C et +10°C et à l'abri de la lumière avant le transport vers les laboratoires.

À l'arrivée des prélèvements urinaires dans les laboratoires, aucun traitement n'était nécessaire hormis leur homogénéisation. Les échantillons ont ensuite été aliquotés en petits volumes (1mL, 2mL, 5mL et 10mL) à l'aide de pipettes en verre afin d'éviter de potentielles contaminations pouvant impacter les dosages des biomarqueurs, notamment celui des bisphénols.

L'ensemble des échantillons en provenance des laboratoires ont été transportés par camion réfrigéré au centre de ressources biologiques de l'hôpital Bretonneau au CHU de Tours afin d'y être conservés dans des congélateurs à -80°C. Le transport des échantillons des laboratoires vers la biothèque était organisé de façon régulière tout au long de l'enquête.

2.5 Dosage des herbicides et de la créatinine

2.5.1 Dosage des herbicides

Le laboratoire Labéo disposait d'un volume de 10 mL d'urine pour réaliser l'analyse. Les échantillons étaient conditionnés dans des cryotubes en polypropylène (PP) de 5 ou 10 mL. Le laboratoire a développé une méthode analytique permettant le dosage des herbicides par une extraction en phase solide (SPE) en ligne et chromatographie en phase liquide ultra performance (UPLC) couplée à un détecteur de masse en tandem (UPLC-MS/MS). L'analyse du glyphosate et de son métabolite l'AMPA nécessitait une dérivation, par le chlorure de fluorénylméthoxycarbonate (FMOCCI) afin de réduire la polarité et d'augmenter la rétention des composés lors d'une séparation sur une colonne chromatographique à polarité de phase inversée, ainsi qu'une purification.

La limite de détection (LOD) et la limite de quantification (LOQ) étaient déterminées par le laboratoire avec une probabilité donnée. La LOD et LOQ calculées pour toutes les molécules sont présentées dans le tableau 2.

Une LOQ maximale définie comme la valeur maximale quantifiable par la méthode en conditions standard a été déterminée à 100 µg.L⁻¹ pour chaque analyte.

Tableau 2. Limites de détection (LOD) et de quantification (LOQ) atteintes pour les dosages des herbicides (en µg.L⁻¹)

	LOQ (µg.L ⁻¹)	LOD (µg.L ⁻¹)
Atrazine	0,02	0,01
Desethyl atrazine	0,005	0,002
Desethyl 2-hydroxy atrazine	0,2	0,05
Desisopropyl atrazine	0,1	0,05
Desethyl desisopropyl atrazine	0,2	0,05
2-hydroxy atrazine	0,05	0,02
Atrazine mercapturate	0,02	0,01
Acide 2,4 dichlorophénoxyacétique	0,1	0,03
Alachlore	0,02	0,01
Alachlore mercapturate	0,02	0,01
2,6 diethyl aniline	0,05	0,02
Simazine	0,02	0,01
2-Hydroxy-simazine	0,02	0,01
Simazine mercapturate	0,05	0,02
IPPMU	0,02	0,01
Diuron	0,02	0,01
Chlortoluron	0,1	0,03
Isoproturon	0,02	0,01
Dimetachlor	0,05	0,02
Glyphosate	0,05	0,02
AMPA	0,05	0,02

La courbe de calibration a été réalisée grâce à 8 points de concentration et vérifiée tous les 100 échantillons. Un « blanc méthode » a été analysé tous les 10 échantillons pour garantir la non-contamination du circuit analytique. Des contrôles de qualité internes (CQI) ont été dosés au cours

des séries analytiques sur plusieurs niveaux de concentration pour établir des cartes de contrôle et satisfaire aux critères de Westgard. Les calculs d'incertitude ($k=2$) ont été réalisés sur plusieurs niveaux de concentrations (proche LOQ, moyen et élevé) et étaient compris entre 20 % et 30 %. La justesse et la fidélité intermédiaire étaient de l'ordre de 20 %.

Ainsi, sur un total de 1 389 dosages d'herbicides, 891 échantillons « adultes » et 498 échantillons « enfants » ont été analysés.

2.5.2 Dosage de la créatinine

Le laboratoire ChemTox disposait d'un volume de 0,5 mL d'urine pour réaliser le dosage de la créatinine urinaire. L'analyse était réalisée par spectrophotométrie à 546 nm selon la méthode de Jaffé qui consiste à mesurer l'intensité de la coloration du complexe rouge-orangé formé par la créatinine et l'acide picrique en milieu basique. La mesure était effectuée en cinétique : la vitesse de formation de la coloration étant proportionnelle à la concentration en créatinine dans l'échantillon. Le domaine de mesure s'étendait de 0,1 à 54 mmol.L⁻¹. Les CV de répétabilité et de fidélité intermédiaire étaient inférieurs à 2 %. L'incertitude ($k=2$) était inférieure à 3 % et les biais de justesse inférieurs à 4 %.

2.6 Analyses statistiques

La distribution des niveaux d'imprégnation est décrite sous forme de percentiles (10, 25, 50, 75, 90, 95) et d'une moyenne géométrique (MG), avec les intervalles de confiance à 95 % pour la moyenne géométrique et le percentile 95 (P95). Les résultats sont présentés pour la population totale, par sexe et par tranche d'âge. Les résultats d'imprégnation par les herbicides sont présentés en $\mu\text{g.g}^{-1}$ de créatinine.

2.6.1 Plan de sondage et pondérations

Le plan de sondage de l'étude Esteban est un plan de sondage stratifié à trois degrés. Au premier degré, un échantillon stratifié d'unités primaires (communes ou regroupements de communes) a été tiré au sort. Au deuxième degré, dans chaque unité primaire, des ménages ont été tirés au sort par échantillonnage téléphonique. La stratification a été réalisée en fonction de deux variables : la région (8 zones géographiques) et le degré d'urbanisation (5 strates : rural ; < 20 000 habitants ; 20 000 - 100 000 habitants ; > 100 000 habitants, Paris). Le plan d'échantillonnage est décrit de façon détaillé dans l'article du protocole de l'étude [50].

Le dosage des herbicides urinaires a été réalisé sur un sous-échantillon aléatoire de sujets parmi les individus qui avaient accepté de participer au volet biologique de l'étude et disposaient d'une quantité d'urine suffisante en biothèque pour permettre l'analyse.

Le calcul des pondérations a été effectué en trois étapes. La première étape a consisté à établir des pondérations initiales dues au plan de sondage. En second lieu, les poids ont été ajustés par rapport à la non-réponse totale. Cette étape a été réalisée en utilisant la méthode des scores, méthode basée sur le principe des groupes de réponse homogènes et faisant appel à des informations disponibles à la fois pour les répondants et les non-répondants. Enfin, un calage a été effectué en utilisant les marges issues du recensement permettant à la population d'étude d'être comparable avec la population source selon certains critères (âge, sexe, niveau de diplôme...).

2.6.2 Traitement des données manquantes et censurées à gauche

Pour chaque biomarqueur mesuré, la LOD et la LOQ étaient constantes pour l'ensemble des échantillons analysés. Certaines concentrations pouvaient être à des niveaux non détectés (inférieurs à la LOD), ou détectés mais non quantifiés (compris entre la LOD et la LOQ). Dans la littérature statistique, ces données sont appelées « données censurées à gauche ».

Les données manquantes sur les variables explicatives et les valeurs censurées à gauche ont été imputées en utilisant la méthode d'imputation multiple par équations chaînées (*Multiple Imputation by Chained Equations*, MICE), sous le logiciel STATA. Cette méthode a l'avantage de prendre en compte l'incertitude liée à l'imputation des valeurs censurées. Elle consiste à générer M bases de données complètes (ici M=10), en utilisant un modèle d'imputation. Chaque base de données complète est analysée séparément par des méthodes standards et fournit M estimateurs du paramètre d'intérêt (moyenne géométrique, percentiles, etc.). Ces derniers sont ensuite combinés pour tenir compte de l'incertitude résultant de la méthode d'imputation multiple [51]. L'estimateur combiné du paramètre d'intérêt est obtenu par la moyenne des M estimateurs. La variance combinée de cet estimateur est calculée en prenant en compte les variances inter- et intra-imputation.

Néanmoins, les résultats descriptifs ne sont fournis que pour les percentiles au-delà de la limite de quantification afin de se cantonner au domaine observable. De plus, la moyenne géométrique n'a pas été calculée pour les biomarqueurs présentant un taux de censure élevé (supérieur à 40 %).

2.6.3 Recherche des déterminants des niveaux d'imprégnation

Chez les enfants et les adultes, les déterminants de l'imprégnation par les herbicides ont été identifiés par une analyse de régression multi-variables. Un modèle linéaire généralisé (*Generalized linear Model*) a été utilisé. Les concentrations en herbicides ont été log-transformées afin de favoriser la normalité des résidus du modèle. Certains facteurs de risque et d'ajustement ont été sélectionnés a priori au vu de la littérature. Par ailleurs d'autres facteurs de confusion et d'exposition ont été sélectionnés lors de la modélisation en se basant sur des critères statistiques tels que le critère d'information d'Akaike (AIC). La forme de la relation entre l'imprégnation et les facteurs de risque et d'ajustement quantitatifs a été ajustée en utilisant des fonctions splines cubique naturelle.

La créatinine étant liée à différents facteurs, nous avons adopté la solution proposée par Barr *et al* [52] qui consiste à séparer la concentration des herbicides et la créatinine dans le modèle. La créatinine est introduite après transformation logarithmique comme covariable dans le modèle.

La construction du modèle (choix du nombre de degré de liberté des fonctions splines) et la validation du modèle (vérification de la normalité et de l'homoscédasticité des résidus) ont été effectuées sur un seul jeu de données imputées.

Les résultats sont présentés sous forme de pourcentage de variation des concentrations en herbicides :

- associé à une augmentation interquartile des facteurs de risque quantitatifs ;
- par rapport à une référence pour les facteurs d'exposition qualitatifs.

Un seul modèle a été construit pour l'AMPA car c'était le seul herbicide quantifié à plus de 60 %.

La liste des variables testées dans le modèle est présentée en annexe 1.

2.6.4 Logiciels utilisés

Les analyses statistiques ont été réalisées avec la version 14 de STATA [53] et la version 3.5.2 de R [54] en utilisant le *package* (SURVEY) adapté à l'analyse des données issues d'un plan de sondage complexe.

3. RÉSULTATS DES ANALYSES DESCRIPTIVES CHEZ LES ADULTES

3.1 Niveaux des herbicides

Deux herbicides étaient véritablement quantifiés à savoir le 2,4-D et le glyphosate. L'AMPA était le seul métabolite d'herbicide quantifié. Seule la moyenne géométrique de l'AMPA a pu être calculée, elle était égale à 0,11 [0,10 ; 0,13] $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de créatinine soit 0,08 [0,08 ; 0,09] $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. Le percentile 95 était plus de 4 fois plus élevé que la moyenne géométrique : 0,42 [0,36 ; 0,49] $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de créatinine soit 0,34 [0,30 ; 0,38] $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. La distribution des niveaux d'imprégnation par les différents herbicides mesurés dans les urines et exprimés en fonction de la concentration en créatinine urinaire est présentée dans le tableau 3. Toutes les distributions des différents herbicides par classe d'âge et par sexe sont présentées en annexe 2.

Tableau 3. Distributions des concentrations urinaires des herbicides ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de créatinine) des adultes âgés de 18 à 74 ans, ajustées sur la créatinine, France continentale (2014-2016)

Biomarqueurs	n	% > LOQ	MG	[IC à 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC à 95 %] P95
Atrazine	891	0,00	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desethyl atrazine	891	3,00	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desethyl 2-hydroxy atrazine	891	0,10	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desisopropyl atrazine	891	0,20	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desethyl desisopropyl atrazine	891	0,30	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2-hydroxy atrazine	891	0,70	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Atrazine mercapturate	891	1,5	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2,4 D	891	40,4	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,20	0,41	0,66	[0,53 ; 0,83]
Alachlor	891	0,10	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Alachlor mercapturate	891	0,10	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2,6 diethyl aniline	891	0,60	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Simazine	891	0,60	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2-Hydroxy-simazine	891	0,30	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Simazine mercapturate	891	0,70	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
IPPMU	891	0,80	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Diuron	891	0,80	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Chlortoluron	891	0,10	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Isoproturon	891	0,70	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Dimetachlor	891	0,00	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Glyphosate	891	16,6	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,18	0,45	[0,30 ; 0,64]
AMPA	891	74,0	0,11	[0,10 ; 0,13]	<LOQ	0,07	0,12	0,21	0,30	0,42	[0,36 ; 0,49]

3.2 Comparaison avec les études en France et à l'étranger

Deux études françaises se sont intéressées à l'exposition de la femme enceinte aux herbicides. La première est basée sur la cohorte mères-enfants Pélagie [1]. L'alachlore et son métabolite le 2,6-diethyl aniline ainsi que l'atrazine et son métabolite l'atrazine mercapturate, ont été analysés chez 570 femmes recrutées entre 2002 et 2006 en Bretagne. L'alachlore et/ou son métabolite ont été quantifiés³ chez 17,2 % des sujets, mais celui-ci était, au moment du recrutement des mères, encore autorisé en France ce qui limite les possibilités de comparaison avec nos données.

³ Alachlor (LOQ = 0.006 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$); 2,6-diethylaniline (LOQ = 0.01 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$).

En ce qui concerne l'atrazine et/ou l'atrazine mercapturate, ils ont été quantifiés⁴ chez 5,3 % des sujets. Pélagie a eu lieu seulement trois ans après l'interdiction de l'utilisation de l'atrazine en France, contre onze ans pour Esteban ce qui peut expliquer la différence de quantification dans les urines.

La seconde étude est le volet périnatal du programme national de biosurveillance appliqué au sein de la cohorte Elfe [2]. Le dosage du glyphosate, de l'AMPA, de l'atrazine et ses métabolites a été réalisé chez 1 036 femmes enceintes ayant accouché en 2011 en France. Tout comme dans Esteban, les taux de quantification de l'atrazine et ses métabolites étaient extrêmement faibles et aucunes moyennes géométriques n'ont pu être calculées. Contrairement à Esteban les taux de quantification en glyphosate et en AMPA étaient très faibles (respectivement 0,3 % et 0,1 %). Les comparaisons entre l'étude Esteban et le volet périnatal doivent être réalisées avec précaution. En effet, on peut raisonnablement penser que les femmes enceintes s'exposent peu au glyphosate au moment de l'accouchement. De plus, le moment du recueil urinaire différait entre les deux études (premières urines du matin pour Esteban contre urines au moment de l'admission en maternité pour le volet périnatal).

Les résultats présentés dans le tableau 4 permettent de comparer les résultats obtenus dans l'étude Esteban avec ceux des pays nord-américains : États-Unis et Canada à travers les études Nhanes [55] et ECMS [56]. En ce qui concerne le 2,4-D, une étude espagnole concernant les femmes enceintes en 2015 est aussi disponible [57]. Pour le glyphosate et l'AMPA, six autres études européennes sont également mentionnées : une étude allemande qui a mesuré le glyphosate et l'AMPA chez des étudiants de 20 à 30 ans dans les urines de 24 heures [58], une autre étude allemande [59] comprenant 301 adultes âgés de 18 à 80 ans, une étude suédoise [60] incluant 197 jeunes adultes âgés de 18 à 19 ans, une étude européenne [61] portant sur 182 volontaires, une étude irlandaise sur 50 adultes [62] et une étude portugaise [63] chez des adultes de 20 à 68 ans dans les urines de 24 heures. De plus, sont présentés dans ce tableau les résultats d'une étude américaine ayant analysé les urines de 71 femmes enceintes [64]. Les niveaux mesurés dans cette dernière étude sont par contre plus difficiles à interpréter en termes de comparabilité avec les résultats d'Esteban en raison de différences méthodologiques, de population et d'effectifs de population plus faibles.

Tous les résultats des différentes études nord-américaines [55, 56], et ceux d'Esteban sont similaires en ce qui concerne l'atrazine et ses métabolites. En revanche, les pays d'Amérique du Nord semblent présenter des imprégnations en 2,4-D plus importantes qu'en France. Il en est de même avec l'étude sur les femmes enceintes en Espagne [57] mais la comparaison avec cette dernière est plus délicate au regard des différences méthodologiques et de la population d'étude.

En ce qui concerne le glyphosate, les résultats d'Esteban et ceux des autres études européennes semblent converger [58-63]. D'importantes différences sont observées lorsque l'on compare les résultats à ceux de l'étude américaine incluant les femmes enceintes [64], comme indiqué précédemment les comparaisons à cette étude doivent être très prudentes.

Quant à l'AMPA, les percentiles 95 semblent similaires avec l'ensemble des pays Européens [58-61, 63]. Il est à noter que la limite de quantification est plus basse dans l'étude Esteban que dans la plupart des autres études européennes, permettant ainsi le calcul d'une moyenne géométrique.

⁴ Atrazine (LOQ = 0.05 µg.L⁻¹); mercapturate atrazine (LOQ = 0.02 µg.L⁻¹).

Tableau 4. Comparaison des concentrations urinaires moyennes en herbicides (en $\mu\text{g.g}^{-1}$ de créatinine) observées à l'étranger

Pays/Étude	Année	Population (région)	N	Matrice de dosage	MG ($\mu\text{g.g}^{-1}$ creat.)	P50	P95	LOD, LOQ ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	% > LOD ou LOQ
Atrazine									
France - Esteban	2014-2016	18-74 ans	891	Urines	<LOQ	<LOQ	<LOQ	LOD = 0,01 LOQ = 0,02	0 > LOD 0 > LOQ
États-Unis, Nhanes [55]	2007-2008	> 20 ans	1814	Urines	<LOD	<LOD	<LOD	LOD = 0,5	-
Desethyl atrazine									
France, Esteban	2014-2016	18-74 ans	891	Urines	<LOQ	<LOQ	<LOQ	LOD = 0,002 LOQ = 0,005	3,7 > LOD 3 > LOQ
Canada - ECMS cycle 2 [56]	2009-2011	20-79 ans	1101	Urines	<LOD	<LOD	<LOD	LOD = 0,2	0 > LOD
États-Unis, Nhanes [55]	2007-2008	> 20 ans	1740	Urines	<LOD	<LOD	<LOD	LOD = 0,25	-
Atrazine mercapturate									
France, Esteban	2014-2016	18-74 ans	891	Urines	<LOQ	<LOQ	<LOQ	LOD = 0,01 LOQ = 0,02	3,3 > LOD 1,5 > LOQ
Canada - ECMS cycle 2 [56]	2009-2011	20-79 ans	1001	Urines	<LOD	<LOD	<LOD	LOD = 0,03	0,2 > LOD
États-Unis, Nhanes [55]	2007-2008	> 20 ans	1814	Urines	<LOD	<LOD	<LOD	LOD = 0,5	-
Desisopropyl atrazine									
France, Esteban	2014-2016	18-74 ans	891	Urines	<LOQ	< LOQ	< LOQ	LOD = 0,05 LOQ = 0,1	1,5 > LOD 0,2 > LOQ
États-Unis, Nhanes [55]	2007-2008	> 20 ans	1717	Urines	<LOD	<LOD	<LOD	LOD = 0,25	-
2,4-D									
France, Esteban	2014-2016	18-74 ans	891	Urines	<LOQ	< LOQ	0,66	LOD = 0,03 LOQ = 0,1	68,8 > LOD 40,4 > LOQ
Canada - ECMS cycles 2 [56]	2009-2011	6-79 ans	2019	Urines	-	0,21	1	LOD = 0,2	43,6 > LOD
États-Unis, Nhanes [55]	2009-2010	20-59 ans	1309	Urines	0,23	0,28	1,36	LOD= 0,15	-
États-Unis, Nhanes [55]	2009-2010	> 60 ans	651	Urines	0,41	0,35	2,87	LOD= 0,15	-
Espagne [57]	2015	Femmes enceintes	116	Urines	<LOQ	<LOQ	0,9 $\mu\text{g.L}^{-1}$	LOQ=0,50	22,0 > LOQ

Glyphosate									
France, Esteban	2014-2016	18-74 ans	891	Urines	<LOQ	< LOQ	0,45	LOD = 0,02 LOQ = 0,05	22,2 > LOD 16,6 >LOQ
Allemagne [58]	2010-2015	Étudiants de 20-30 ans de l'université de Münster	399	Urines (24H)	NA	NA	NA	LOQ= 0,10	31,8 >LOQ
Allemagne [58]	2015	Étudiants de 20-30 ans de l'université de Münster	40	Urines (24H)	NA	< LOQ	0,45µg.L ⁻¹	LOQ= 0,10	40,0 >LOQ
Allemagne [59]	2012-2013	18-80 ans	301	Urines (24H)	NA	< LOQ	NA	LOQ=0,20	8,0 >LOQ
18 Pays Européens [61]	2013	Volontaires	182	Urines	NA	NA	NA	LOQ= 0,15	44,0>LOQ
Irlande [62]	2017	Adultes	50	Urines	NA	< LOQ	NA	LOQ=0,50	20,0 >LOQ
États-Unis –Indiana [64]	2015-2016	Femmes enceintes (18-39 ans)	71	Urines	3,4µg.L ⁻¹	3,3µg.L ⁻¹	NA	LOD=0,10	93,0>LOD
Suède [60]	2017	Jeunes adultes (18-19 ans)	197	Urines	<LOD	<LOD	<LOD	LOD=0,10	20,0>LOD
Portugal [63]	2018	Adultes (20-68 ans)	46	Urines (24H)	<LOQ	NA	0,32µg.L ⁻¹	LOQ=0,1	28,0>LOQ
Portugal [63]	2018	Adultes (20-68 ans)	33	Urines (24H)	0,06µg.L ⁻¹	NA	0,25µg.L ⁻¹	LOQ=0,05	73,0>LOQ
AMPA									
France, Esteban	2014-2016	18-74 ans	891	Urines	0,11	0,12	0,42	LOD = 0,02 LOQ = 0,05	88,8 > LOD 74,0 > LOQ
Allemagne [58]	2010-2015	Étudiants de 20-30 ans de l'université de Münster	399	Urines (24H)	NA	NA	NA	LOQ= 0,10	40,1 >LOQ
Allemagne [58]	2015	Étudiants de 20-30 ans de l'université de Münster	40	Urines (24H)	NA	< LOQ	0,38µg.L ⁻¹	LOQ= 0,10	42,5 >LOQ
Allemagne [59]	2012-2013	18-80 ans	301	Urines (24H)	NA	< LOQ	NA	LOQ=0,20	8,0 >LOQ
18 Pays Européens [61]	2013	Volontaires	182	Urines	NA	NA	NA	LOQ= 0,15	36,0>LOQ
Suède [60]	2017	Jeunes adultes (18-19 ans)	197	Urines	<LOD	<LOD	0,16	LOD=0,10	29,0>LOD
Portugal [63]	2018	Adultes (20-68 ans)	46	Urines (24H)	<LOQ	NA	0,28µg.L ⁻¹	LOQ=0,1	28,0>LOQ
Portugal [63]	2018	Adultes (20-68 ans)	33	Urines (24H)	0,10µg.L ⁻¹	NA	0,27µg.L ⁻¹	LOQ=0,05	97,0>LOQ

4. DÉTERMINANTS DE L'IMPRÉGNATION PAR L'AMPA CHEZ LES ADULTES

L'imprégnation par l'AMPA augmentait avec la consommation de viandes et de charcuteries (de 12 % en moyenne pour une variation entre le percentile 25 et le percentile 75 de la consommation). L'imprégnation par l'AMPA était moins importante chez les personnes vivant dans un logement qui n'était pas chauffé par une chaudière : en moyenne de 17 % de moins que les personnes dont le logement était chauffé via une chaudière individuelle. L'imprégnation par l'AMPA augmentait chez les adultes avec la consommation de viande et de charcuterie ainsi qu'avec la consommation de vins, champagne, mousseux, crémant.

Les résultats sont détaillés dans les tableaux 5 et 6 ci-dessous.

Tableau 5. Déterminants associés aux concentrations urinaires en AMPA ajustées sur la concentration en créatinine (variables qualitatives)

Variable qualitative	Effectif de l'échantillon (% dans la population)	% Augmentation [IC 95 %]
Diplôme*		
Aucun, CEP, BEP, BEPC, CAP, Brevet élémentaire, Brevet de compagnon,	261 (48,85)	référence
Baccalauréat (Général, Technologique)	174 (19,28)	1,28 [-17,17 ; 23,85]
1 ^{er} cycle	218 (15,2)	-16,47 [-33,35 ; 4,68]
2 ^e cycle	238 (16,68)	-20,83 [-40,48 ; 5,3]
Genre		
Homme	388 (49,17)	référence
Femme	503 (50,83)	18,53 [-2,77 ; 44,5]
Principal type de chauffage		
Chaudière individuelle	476 (51,37)	référence
Chaudière collective	115 (12,70)	0,07 [-17,59 ; 21,51]
Autre type de chauffage	296 (35,93)	-16,53 [-29,89 ; -0,63]
Non renseigné	4	
Consommation de viande en provenance d'agriculture biologique		
Jamais ou moins d'une fois par mois	512 (62,18)	référence
Entre de 1 et 3 fois par mois	195 (15,25)	-15,29 [-34,71 ; 9,91]
Au moins une fois par semaine	184 (22,57)	-15,99 [-30,9 ; 2,14]

* variable d'ajustement

Tableau 6. Déterminants associés aux concentrations urinaires en AMPA ajustées sur la créatinine (variables quantitatives)

Variable quantitative	P50 [P25 – P75]	% de variation entre le P25 et le P75 [IC 95 %]
Âge* (années)	48,0 [35,0 ; 59,0]	8,82 [-7,6 ; 28,1]
Log (créatinine)* (g.L ⁻¹)	0,76 [0,45 ; 1,20]	107,4 [72,9 ; 148,7]
IMC	24,9 [22,2 ; 29,0]	1,7 [-11,9 ; 17,4]
Consommation vins, champagne, mousseux, crémant	21,7 [9,2 ; 80,0]	7,8 [-6,7 ; 24,6]

* variable d'ajustement

5. RÉSULTATS DES ANALYSES DESCRIPTIVES CHEZ LES ENFANTS

5.1 Niveaux d'herbicides

Très peu d'herbicides étaient quantifiés, on peut citer, par ordre d'importance : l'AMPA, le 2,4-D et le glyphosate. Seul l'AMPA était quantifié chez plus de 90 % des enfants. Seule la moyenne géométrique de l'AMPA a pu être calculée, elle était égale à 0,16 [0,14 ; 0,18] $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de créatinine (soit 0,16 [0,14 ; 0,18] $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). Le percentile 95 était plus de 3 fois plus élevé que la moyenne géométrique : 0,52 [0,43 ; 0,66] $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de créatinine (soit 0,45 [0,41 ; 0,57] $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$).

La distribution des niveaux d'imprégnation par les différents herbicides mesurés dans les urines est présentée dans le tableau 7. Toutes les distributions des différents herbicides par classe d'âge et par sexe sont présentées en annexe 2.

Tableau 7. Distributions des concentrations urinaires en herbicides ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de créatinine) des enfants âgés de 6 à 17 ans, France continentale (2014-2016)

Biomarqueurs	n	% > LOQ	MG	[IC à 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC à 95 %] P95
Atrazine	498	0,00	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desethyl atrazine	498	0,20	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desethyl 2-hydroxy atrazine	498	0,20	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desisopropyl atrazine	498	0,20	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desethyl desisopropyl atrazine	498	0,00	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2-hydroxy atrazine	498	0,00	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Atrazine mercapturate	498	0,20	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2,4 D	498	55,8	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	0,10	0,18	0,31	0,39	[0,33 ; 0,47]
Alachlor	498	0,00	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Alachlor mercapturate	498	0,40	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2,6 diethyl aniline	498	0,40	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Simazine	498	0,00	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2-Hydroxy-simazine	498	0,00	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Simazine mercapturate	498	1,40	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
IPPMU	498	0,20	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Diuron	498	0,00	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Chlortoluron	498	0,00	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Isoproturon	498	0,00	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Dimetachlor	498	0,00	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Glyphosate	498	14,3	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,23	0,53	[0,40 ; 0,67]
AMPA	498	93,4	0,16	[0,14 ; 0,18]	0,07	0,11	0,16	0,27	0,39	0,52	[0,43 ; 0,66]

5.2 Comparaison avec les études en France et à l'étranger

Les résultats présentés dans le tableau 8 permettent de comparer les résultats obtenus dans l'étude Esteban chez les enfants avec ceux des pays nord-américains : États-Unis et Canada à travers les études Nhanes [55] et ECMS [56]. Deux études se sont intéressées à l'imprégnation des enfants par le 2,4-D : une étude en Thaïlande [65] qui a mesuré le 2,4-D et l'atrazine mercapturate chez des enfants âgés de 12 à 13 ans, ainsi qu'une étude américaine [66] ayant mesuré le glyphosate chez des enfants vivant en Caroline du Nord et dans l'Ohio.

Une autre étude est également mentionnée en ce qui concerne le glyphosate il s'agit d'une étude américaine [67] ayant mesuré le glyphosate chez des enfants ne vivant pas dans une ferme.

Aucune étude sur l'imprégnation par l'AMPA des enfants n'est actuellement disponible [61, 68].

Comme pour le tableau de comparaison de la population adulte, les niveaux mesurés dans ces dernières études sont plus difficiles à interpréter en termes de comparabilité avec les résultats d'Esteban en raison de différences méthodologiques et d'effectifs de population plus faibles et de critère local pour certaines.

Les résultats pour le 2,4-D ainsi que le glyphosate, des différentes études nord-américaines présentés dans le tableau sont supérieurs aux résultats obtenus dans l'étude Esteban.

Tableau 8. Comparaison des concentrations urinaires moyennes en herbicides (en µg. g⁻¹ creat) observées chez les enfants en France et à l'étranger

Pays/Étude	Année	Population (région)	N	Matrice de dosage	MG (µg.g ⁻¹ creat.)	P50	P95	LOD, LOQ (µg.L ⁻¹)	% > LOD ou LOQ
Atrazine									
France – Esteban	2014-2016	6-17 ans	498	Urines	<LOQ	<LOQ	<LOQ	LOD = 0,01 LOQ = 0,02	0 > LOD 0 > LOQ
États-Unis, Nhanes [55]	2007-2008	6-19 ans	774	Urines	<LOD	<LOD	<LOD	LOD = 0,5	-
Desethyl atrazine									
France, Esteban	2014-2016	6-17 ans	498	Urines	<LOQ	<LOQ	<LOQ	LOD = 0,002 LOQ = 0,005	0,2 > LOD 0,2 > LOQ
Canada - ECMS cycle 2 [56]	2009-2011	6-19 ans	1017	Urines	<LOD	<LOD	<LOD	LOD = 0,2	0 > LOD
États-Unis, Nhanes [55]	2007-2008	6-19 ans	742	Urines	<LOD	<LOD	<LOD	LOD = 0,25	-
Atrazine mercapturate									
France, Esteban	2014-2016	6-17 ans	498	Urines	<LOQ	<LOQ	<LOQ	LOD = 0,01 LOQ = 0,02	1,2 > LOD 0,2 > LOQ
Canada - ECMS cycle 2 [56]	2009-2011	6-19 ans	1017	Urines	<LOD	<LOD	<LOD	LOD = 0,03	0 > LOD
États-Unis, Nhanes [55]	2007-2008	6-19 ans	774	Urines	<LOD	<LOD	<LOD	LOD = 0,5	-
Thaïlande [65]	2003	12-13 ans	207	Urines	NC	NC	NC	LOD = 0,3	
Desisopropyl atrazine									
France, Esteban	2014-2016	6-17 ans	498	Urines	<LOQ	<LOQ	<LOQ	LOD = 0,05 LOQ = 0,1	0,2 > LOD 0,2 > LOQ
États-Unis, Nhanes [55]	2007-2008	6-19 ans	728	Urines	<LOD	<LOD	<LOD	LOD = 0,25	-
2,4-D									
France, Esteban	2014-2016	6-17 ans	498	Urines	<LOQ	0,10	0,39	LOD = 0,03 LOQ = 0,1	84,9 > LOD 55,8 > LOQ
Canada - ECMS cycles 2 [56]	2009-2011	6-11 ans	512	Urines	-	0,26	1,2	LOD = 0,2	42,38 > LOD

Canada - ECMS cycles 2 [56]	2009-2011	12-19 ans		511	Urines	-	0,23	0,98	LOD = 0,2	41,68 > LOD
États-Unis, Nhanes [55]	2009-2010	6-11 ans		386	Urines	0,39	0,35	1,59	LOD= 0,15	-
États-Unis, Nhanes [55]	2009-2010	12-19 ans		401	Urines	0,30	0,28	1,12	LOD= 0,15	-
États-Unis Caroline du Nord [66]	2000-2001	Enfants		66	Urines	-	0,5	1,9	LOD=0,20	88 > LOD
États-Unis Ohio [66]	2000-2001	Enfants		69	Urines	-	1,2	4,3	LOD=0,20	97 > LOD
Thaïlande [65]	2003	12-13 ans		207	Urines	0,17	0,14	-	LOD = 0,5	-
Glyphosate										
France, Esteban	2014-2016	6-17 ans		498	Urines	<LOQ	< LOQ	0,53	LOD = 0,02 LOQ = 0,05	14,3 > LOD 14,3 > LOQ
États-Unis Iowa [67]	2001	Enfants fermiers	non	51	Urines	2,5	-	-	LOQ= 0,9	88 > LOD

NC : non calculé

6. DÉTERMINANTS DE L'IMPRÉGNATION PAR L'AMPA CHEZ LES ENFANTS

Les enfants ayant réalisé leur examen de santé en hiver ou en automne étaient moins imprégnés (en moyenne respectivement 22% et 36%) que ceux ayant bénéficié d'un examen de santé au printemps.

Les résultats sont détaillés dans les tableaux 9 et 10 ci-dessous.

Tableau 9. Déterminants associés aux concentrations urinaires en AMPA ajustées sur la concentration en créatinine (variables qualitatives)

Variable qualitative	Effectif de l'échantillon (% dans la population)	% Augmentation [IC 95 %]
Genre		
Garçon	236 (48,33)	référence
Fille	262 (51,67)	14,74 [-3,28 ; 36,12]
Perception moyens financiers du foyer		
Vous êtes à l'aise	104 (15,52)	référence
Ca va	195 (33,36)	22,83 [-2,18 ; 54,23]
C'est juste	48 (10,89)	22,36 [-7,47 ; 61,81]
Il faut faire attention ou arrive difficilement ou avec des dettes	151 (40,22)	20,16 [-6,04 ; 53,66]
Saison de l'examen de santé		
Printemps	113 (22,55)	référence
Été	91 (25,93)	-17,35 [-35,81 ; 6,42]
Automne	127 (24,54)	-35,86 [-46,87 ; -22,58]
Hiver	166 (26,98)	-21,59 [-36,58 ; -3,05]
Les parents vivent en couple		
Oui	450 (83,23)	référence
Non	48 (16,77)	4,24 [-16,94 ; 30,82]

* variable d'ajustement

Tableau 10. Déterminants associés aux concentrations urinaires en AMPA ajustées sur la créatinine (variables quantitatives)

Variable quantitative	P50 [P25 – P75]	% de variation entre le P25 et le P75 [IC 95 %]
Âge* (années)	12,0 [9,0 ; 14,0]	-13,0 [-27,19 ; 3,96]
Log (créatinine)* (g.L ⁻¹)	1,04 [0,75 ; 1,51]	47,3 [20,8 ; 79,6]
IMC	18 [15,99 ; 20,9]	0,99 [-15,32 ; 20,44]

* variable d'ajustement

7. VALEURS DE RÉFÉRENCE D'EXPOSITION (VRE) À PARTIR DES RÉSULTATS DES HERBICIDES DE L'ÉTUDE ESTEBAN

D'une manière générale, la VRE renseigne sur un niveau particulier d'imprégnation de la population générale française (population de référence) au-delà duquel on peut vraisemblablement considérer l'imprégnation comme anormalement élevée. Les VRE ne renseignent pas sur un quelconque effet sanitaire et ne doivent pas être confondues avec les valeurs limites biologiques d'imprégnation. La VRE établie à partir des données d'exposition permet de comparer les résultats mesurés chez un individu ou un sous-groupe de population par rapport à l'imprégnation de la population de référence. Ainsi, il est possible d'identifier des individus surexposés par rapport à la population de référence. L'étude Esteban, réalisée en 2014-2016 fournit pour la première fois des VRE pour le glyphosate, le 2,4-D et l'AMPA chez les adultes ainsi que chez les enfants âgés de 6 à 17 ans. La multiplicité des méthodes disponibles pour produire des VRE a conduit Santé publique France à définir et publier une stratégie nationale de production des VRE [69, 70]. La méthode de production des VRE françaises a été inspirée des travaux de la commission allemande de biosurveillance [71] et des travaux canadiens à partir de l'enquête ECMS [72]. C'est donc la valeur arrondie du percentile 95, comprise dans l'intervalle de confiance à 95 %, qui a été choisie.

Chez les enfants, les découpages de la population en classes d'âges ou par sexe n'ont pas mis en évidence de différences significatives entre les percentiles 95 de chacune des tranches d'âge ou de chaque sexe. Il n'a donc pas été jugé pertinent d'établir des VRE tenant compte d'un critère « âge » ou « sexe » comme critère de partition.

La VRE proposée pour la population infantile âgée de 6 à 17 ans exprimée en $\mu\text{g.L}^{-1}$ d'herbicides est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 12. Valeur de référence d'exposition chez les enfants à partir des concentrations en herbicides ($\mu\text{g.L}^{-1}$) dans les urines de la population vivant en France continentale, Esteban 2014-2016

Biomarqueur	Effectif	Classe d'âge	P95 [IC 95 %]	VRE ₉₅
2,4-D	498	6-17 ans	0,41 [0,30 ; 0,46]	0,4
Glyphosate	498	6-17 ans	0,57 [0,32 ; 0,86]	0,6
AMPA	498	6-17 ans	0,45 [0,41 ; 0,57]	0,5

Chez les adultes, les découpages de la population en classes d'âges ou par sexe n'ont pas mis en évidence de différences significatives entre les percentiles 95 de chacune des tranches d'âge. Il n'a donc pas été jugé pertinent d'établir des VRE tenant compte d'un critère « âge » ou « sexe » comme critère de partition.

La VRE proposée pour la population générale adulte âgée de 18 à 74 ans exprimée en $\mu\text{g.L}^{-1}$ d'herbicides est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13. Valeur de référence d'exposition chez les adultes à partir des concentrations en herbicides ($\mu\text{g.L}^{-1}$) dans les urines de la population vivant en France continentale, Esteban 2014-2016

Biomarqueur	Effectif	Classe d'âge	P95 [IC 95 %]	VRE ₉₅
2,4-D	891	18-74 ans	0,40 [0,33 ; 0,52]	0,4
Glyphosate	891	18-74 ans	0,36 [0,21 ; 0,59]	0,4
AMPA	891	18-74 ans	0,34 [0,30 ; 0,38]	0,3

8. DISCUSSION / CONCLUSION

L'étude Esteban est la première étude à mesurer les niveaux d'imprégnation par les herbicides des enfants et des adultes de la population vivant en France continentale, âgée de 6 à 74 ans. Les seules données françaises disponibles jusqu'à présent provenaient de la cohorte mère-enfants Pélagie réalisée en Bretagne [1] ainsi que du volet périnatal du programme national de biosurveillance et ciblaient des populations de femmes enceintes [2].

Seuls trois herbicides ont été quantifiés dans plus de 5 % de la population adulte dans l'étude Esteban, à savoir par ordre de quantification l'AMPA (74 %), le 2,4-D (40 %) et le glyphosate (17 %).

Les résultats d'Esteban étaient plus faibles que ceux retrouvés dans les études nord-américaines en ce qui concerne l'exposition au 2,4-D [55, 56]. Une explication à cela pourrait être une plus forte utilisation aux États-Unis et au Canada des herbicides [73]. Ces deux pays étant respectivement le deuxième et le cinquième pays utilisateurs d'herbicides dans le monde alors que la France se place à la neuvième position mondiale.

En ce qui concerne les résultats du glyphosate et de l'AMPA, les concentrations urinaires observées dans Esteban semblent similaires à celles observées dans les études européennes.

Chez les enfants, trois herbicides ont été quantifiés chez plus de 2 % des participants à l'étude Esteban à savoir le glyphosate (14 %), le 2,4-D (56 %) et l'AMPA (93 %). L'imprégnation des enfants par l'AMPA est légèrement plus importante que celle observée chez les adultes.

Les résultats d'Esteban, en ce qui concerne l'imprégnation par le 2,4-D ainsi que par le glyphosate, étaient inférieurs à ceux obtenus dans les différentes études nord-américaines ou européennes [55, 56, 65-67, 74].

Concernant la recherche de déterminants chez les adultes, il a été retrouvée dans cette étude une influence du mode de chauffage, de la consommation de viande et de la consommation de vins sur l'imprégnation par l'AMPA. En ce qui concerne le chauffage par le biais d'une chaudière, l'exposition pourrait être liée à l'utilisation de phosphonates, couramment utilisés pour le détartrage des chaudières [24, 31, 32], qui se dégradent en AMPA.

Quant à la consommation de viande, l'association de cette dernière avec une augmentation de l'imprégnation par l'AMPA est plus surprenante. Le transfert de l'AMPA contenu dans l'alimentation des animaux vers la viande n'a pas été mis en évidence [75], mais une dégradation de glyphosate en AMPA au sein du rumen des vaches est probable [76]. Il est aussi à noter que la consommation de viande d'origine biologique, bien que n'étant pas significative, semble être en faveur d'une diminution de l'imprégnation par l'AMPA selon les résultats Esteban.

L'augmentation de l'imprégnation par l'AMPA avec la consommation de vin pourrait être liée au traitement des vignes. Dans son étude l'Efsa a mis en évidence du glyphosate, source d'AMPA, dans 5,6 % des échantillons de raisins de vignes [20]. La métabolisation du glyphosate en AMPA chez l'homme étant très limitée (moins de 1 %), il est probable que l'exposition mesurée ne soit pas liée à une métabolisation interne du glyphosate mais à une exposition directe à l'AMPA, dont l'origine est plurifactorielle.

La recherche de déterminants chez les enfants a mis en évidence que les enfants ayant réalisé leur examen de santé en hiver ou en automne étaient moins imprégnés que ceux ayant bénéficiés d'un examen de santé au printemps. Ceci pourrait être en lien avec le temps passé à l'extérieur plus important le printemps et l'été qui engendrerait une exposition plus importante aux sources d'AMPA extérieures.

Toutefois, les associations mises en évidence dans l'étude Esteban doivent être interprétées avec précaution car les études transversales ne permettent pas à elles-seules de déterminer la causalité entre les sources d'exposition potentielles étudiées et les niveaux d'imprégnation mesurés. Ceci est particulièrement le cas pour les biomarqueurs d'exposition à demi-vie relativement courte, tel que l'AMPA, dosés à partir d'un prélèvement urinaire unique et ponctuel. Compte tenu de la demi-vie relativement courte de l'AMPA, l'absence d'association observée entre une source d'exposition potentielle et les niveaux d'imprégnation, ne signifie pas que cette source d'exposition doit être exclue. Ainsi, la mise en évidence d'une association entre une source d'exposition et le niveau d'imprégnation par l'AMPA suggère la nécessité de poursuivre l'étude de cette voie d'exposition.

Enfin, en l'absence de valeur toxicologique de référence interne, les niveaux des herbicides mesurés dans les urines ne traduisent pas de risque sanitaire. Par ailleurs, dans l'état actuel des connaissances, il existe peu de données sur les effets sanitaires des herbicides à des niveaux faibles d'exposition et pas de valeur seuil sanitaire construit par les Agences en charge de l'élaboration de tels seuils.

Références bibliographiques

1. Chevrier C, Serrano T, Lecerf R, Limon G, Petit C, Monfort C, *et al.* Environmental determinants of the urinary concentrations of herbicides during pregnancy: the Pélagie mother-child cohort (France). *Environ Int.* 2014;63:11-8.
2. Dereumeaux C, Guldner L, Saoudi A, Pecheux M, de Crouy-Chanel P, Bérat B, *et al.* Imprégnation des femmes enceintes par les polluants de l'environnement en France en 2011 : Volet périnatal du programme national de biosurveillance mis en oeuvre au sein de la cohorte Elfe - Tome 1 : polluants organiques. Saint-Maurice : Santé publique France; 2017. 230 p. p.
3. Parisse S. Plan de réduction des produits phytopharmaceutiques et de sortie du glyphosate : état des lieux des ventes et des achats en France en 2019. Data Essentiel Lab [En ligne]. 2021 [consulté le 23/07/2021]; :1-4.
Disponible: https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2021-05/datalab_essentiel_247_plan_de_reduction_des_produits_phytopharmaceutiques_et_de_sortie_du_glyphosate_etat_des_lieux_des_ventes_et_des_achats_en_france_en_2019_juin2021.pdf
4. Bureau de la qualité des eaux. Bilan de la qualité de l'eau au robinet du consommateur vis-à-vis des pesticides en 2014. Paris : Direction générale de la santé; 2016. 13 p. [consulté le 23/07/2021]. Disponible: https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/bilan_pesticides_eau_2014.pdf
5. Brignon J-M, Gouzy A. Simazine. Verneuil-en-Halatte : INERIS; 2007. 21 p.
6. Eurostat. Ventes totales de pesticides [En ligne]. Luxembourg: Commission européenne; 2021. [modifié le 11/05/2021; cité le 23/07/2021]. Disponible: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tai02/default/bar?lang=fr>
7. Brignon J-M, Gouzy A. Diuron. Verneuil en Hallatte : INERIS; 2007. 35 p. [consulté le 23/07/2021].
8. Anses. E-phy, le catalogue des produits phytopharmaceutiques et de leurs usages, des matières fertilisantes et des supports de culture autorisés en France [En ligne]. Maisons-Alfort : Anses.; 2021. [modifié le 03/11/2020; cité le 23/07/2021]. Disponible: <https://ephy.anses.fr/substance/>
9. Brignon J-M, Gouzy A. Isoproturon. Verneuil-en-Halatte : INERIS; 2007. 27 p. [consulté le 23/07/2021].
10. Brignon J-M, Gouzy A. Alachlore. Verneuil-en-Halatte : INERIS; 2007. 26 p. [consulté le 23/07/2021].
11. Bonnard N, Jargot D, Falcy M. 2,4-D, ses sels et esters. Vandoeuvre Les Nancy : INRS; 2011. 9 p. [consulté le 23/07/2021].
12. Anses. Synthèse des données de surveillance: Glyphosate. Maisons-Alfort : Anses; 2019. 15 p. [consulté le 23/07/2021]. Disponible: https://www.anses.fr/fr/system/files/Fiche_PPV_Glyphosate.pdf
13. Anses. Evaluation comparative des produits à base de glyphosate en arboriculture. Maisons-Alfort : Anses; 2020. 14 p. [consulté le 23/07/2021]. Disponible: <https://www.anses.fr/fr/system/files/Rapport-arboriculture-glyphosate.pdf>
14. Anses. Evaluation comparative des produits à base de glyphosate en forêt. Maisons-Alfort : Anses; 2020. 14 p. [consulté le 23/07/2021]. Disponible: <https://www.anses.fr/fr/system/files/Rapport-foret-glyphosate.pdf>
15. Anses. Evaluation comparative des produits à base de glyphosate en grandes cultures. Maisons-Alfort : Anses; 2020. 12 p. [consulté le 23/07/2021]. Disponible: <https://www.anses.fr/fr/system/files/Rapport-grandescultures-glyphosate.pdf>

16. Anses. Evaluation comparative des produits à base de glyphosate en viticulture. Maisons-Alfort : Anses; 2020. 9 p. [consulté le 23/07/2021]. Disponible: <https://www.anses.fr/fr/system/files/Rapport-viticulture-glyphosate.pdf>
17. OMS. Résidus de pesticides dans les aliments [En ligne]. : 2018. [modifié le 19/02/2018; cité le 23/07/2021]. Disponible: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food>
18. Anses. Etude de l'Alimentation Totale infantile (EATi) Exposition alimentaire des enfants de moins 3 ans à certaines substances TOME 2 – Partie 4 : Résultats relatifs aux résidus de pesticides. Maisons-Alfort : Anses; 2016. 372 p. [consulté le 23/07/2021]. Disponible: <https://www.anses.fr/fr/system/files/ERCA2010SA0317Ra-Tome2-Part4.pdf>
19. Anses. Étude de l'alimentation totale française 2 (EAT 2) Tome 2: Résidus de pesticides, additifs, acrylamide, hydrocarbures aromatiques polycycliques. Maisons-Alfort : Anses; 2011. 365 p. [consulté le 23/07/2021]. Disponible: <https://www.anses.fr/fr/system/files/PASER2006sa0361Ra2.pdf>
20. Efsa. The 2019 European Union report on pesticide residues in food. EFSA Journal 2021;19(4):1-89.
21. Alimentarius C. Pesticide Index [En ligne]. : . [modifié le ; cité le 23/07/2021]. Disponible: Pesticide Index
22. Anses. Recommandations et perspectives pour une surveillance nationale de la contamination de l'air par les pesticides. Maisons-Alfort : Anses; 2010. 49 p. [consulté le 23/07/2021]. Disponible: <https://www.anses.fr/fr/system/files/ORP-Ra-2010AirPesticide.pdf>
23. Grandcoin A, Piel S, Baurès E. AminoMethylPhosphonic acid (AMPA) in natural waters: Its sources, behavior and environmental fate. Water Res. 2017;117:187-97.
24. Studnik H, Liebsch S, Forlani G, Wiczorek D, Kafarski P, Lipok J. Amino polyphosphonates - chemical features and practical uses, environmental durability and biodegradation. N Biotechnol. 2015;32(1):1-6.
25. Silva V, Montanarella L, Jones A, Fernández-Ugalde O, Mol HGJ, Ritsema CJ, *et al.* Distribution of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in agricultural topsoils of the European Union. Science of The Total Environment. 2018;621:1352-9.
26. Inserm. Pesticides et effets sur la santé : Nouvelles données. . Montrouge : EDP Sciences : Collection Expertise collective
2021. 164 p. [consulté le 23/07/2021].
27. ATSDR. Toxicological Profile for Glyphosate. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2020. 319 p. [consulté le 23/07/2021]. Disponible: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp214.pdf>
28. Colt JS, Lubin J, Camann D, Davis S, Cerhan J, Severson RK, *et al.* Comparison of pesticide levels in carpet dust and self-reported pest treatment practices in four US sites. J Expo Anal Environ Epidemiol. 2004;14(1):74-83.
29. Inserm. Pesticides: effets sur la santé. Paris ; 2013. 131 p. [consulté le 23/07/2021]. Disponible: https://www.inserm.fr/sites/default/files/media/entity_documents/Inserm_EC_2013_PesticidesEffetsSante_Synthese.pdf
30. Castorina R, Bradman A, Fenster L, Barr DB, Bravo R, Vedar MG, *et al.* Comparison of current-use pesticide and other toxicant urinary metabolite levels among pregnant women in the CHAMACOS cohort and NHANES. Environ Health Perspect. 2010;118(6):856-63.
31. Risques Indleied. Glyphosate et ses principaux composés. Verneuil-en-Halatte : Ineris; 2020. 27 p. [consulté le 23/07/2021].

32. Garcia C. Etude de l'action d'un additif phosphore sur l'entartrae et sur la orrosion de l'acie dans les conditions hydrodynamiques d'une cellule à canal. Paris: Université Paris 6; 2000. 230 p. [consulté le 23/07/2021]. Disponible: <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/20149641>
33. Connolly A, Coggins MA, Galea KS, Jones K, Kenny L, McGowan P, *et al.* Evaluating Glyphosate Exposure Routes and Their Contribution to Total Body Burden: A Study Among Amenity Horticulturalists. *Ann Work Expo Health.* 2019;63(2):133-47.
34. Gunier RB, Ward MH, Airola M, Bell EM, Colt J, Nishioka M, *et al.* Determinants of agricultural pesticide concentrations in carpet dust. *Environ Health Perspect.* 2011;119(7):970-6.
35. Ademola JI, Sedik LE, Wester RC, Maibach HI. In vitro percutaneous absorption and metabolism in man of 2-chloro-4-ethylamino-6-isopropylamine-s-triazine (atrazine). *Arch Toxicol.* 1993;67(2):85-91.
36. Ikonen R, Kangas J, Savolainen H. Urinary atrazine metabolites as indicators for rat and human exposure to atrazine. *Toxicol Lett.* 1988;44(1-2):109-12.
37. McMullin TS, Hanneman WH, Cranmer BK, Tessari JD, Andersen ME. Oral absorption and oxidative metabolism of atrazine in rats evaluated by physiological modeling approaches. *Toxicology.* 2007;240(1-2):1-14.
38. Catenacci G, Barbieri F, Bersani M, Ferioli A, Cottica D, Maroni M. Biological monitoring of human exposure to atrazine. *Toxicol Lett.* 1993;69(2):217-22.
39. Silva M, Iyer P. Toxicity Endpoint Selections for a Simazine Risk Assessment. *Birth Defects Research Part B: Developmental and Reproductive Toxicology.* 2014;101(4):308-24.
40. Mohammed AM, Huovinen M, Vähäkangas KH. Toxicity of diuron metabolites in human cells. *Environmental Toxicology and Pharmacology.* 2020;78:103409.
41. Da Rocha MS, Arnold LL, Dodmane PR, Pennington KL, Qiu F, De Camargo JL, *et al.* Diuron metabolites and urothelial cytotoxicity: in vivo, in vitro and molecular approaches. *Toxicology.* 2013;314(2-3):238-46.
42. OMS. Chlorotoluron in Drinking-water. Genève ; 2003. 9 p. [consulté le 23/07/2021]. Disponible: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/chlorotoluron.pdf
43. Authority EFS. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance isoproturon. *EFSA Journal.* 2015;13(8):4206.
44. Bonnard N, Jargot D, Falcy M. Isoproturon. Vandoeuvre Les Nancy : INRS; 2011. 8 p. [consulté le 23/07/2021].
45. OMS. Isoproturon in Drinking-water. Genève ; 2003. 9 p. [consulté le 23/07/2021]. Disponible: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/isoproturon.pdf
46. OMS. Alachlore in Drinking-water. Genève ; 2003. 10 p. [consulté le 23/07/2021]. Disponible: https://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/guidelines/chemicals/en/alachlore.pdf
47. Authority EFS. Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance dimethachlor. *EFSA Journal.* 2008;6(10):169r.
48. Authority EFS. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance 2,4-D. *EFSA Journal.* 2014;12(9):3812.
49. Zoller O, Rhyn P, Zarn JA, Dudler V. Urine glyphosate level as a quantitative biomarker of oral exposure. *Int J Hyg Environ Health.* 2020;228:113526.
50. Balicco A, Oleko A, Szego E, Boschhat 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 (2014–2016). *Toxicologie Analytique et Clinique.* 2017;29(4):517-37.
51. Little RJA, ubin DB. *Statistical Analysis with Missing Data.* Wiley Series in Probability and Statistics. Second Edition. New York : 2002.

52. Barr DB, Wilder LC, Caudill SP, Gonzalez AJ, Needham LL, Pirkle JL. Urinary creatinine concentrations in the U.S. population: implications for urinary biologic monitoring measurements. *Environ Health Perspect.* 2005;113(2):192-200.
53. StataCorp. *Stata Statistical Software : Release 14.* College Station, TX: StataCorp LP. 2015.
54. R Core Team. *R: A language and environment for statistical computing.* R Foundation for Statistical Computing. Vienna Australia : 2017. Disponible: <https://www.R-project.org/>.
55. Prevention Cfdca. *Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals Updated Tables, January 2017, Volume One.* Atlanta : CDC; 2017. 656 p.
56. Canada S. *Deuxième rapport sur la biosurveillance humaine des substances chimiques de l'environnement au Canada. Résultats de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé Cycle 2 (2009 à 2011).* 2013. 456 p. [consulté le 23/07/2021]. Disponible: https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt_formats/pdf/pubs/contaminants/chms-ecms-cycle2/chms-ecms-cycle2-fra.pdf
57. Fernández SF, Pardo O, Adam-Cervera I, Montesinos L, Corpas-Burgos F, Roca M, *et al.* Biomonitoring of non-persistent pesticides in urine from lactating mothers: Exposure and risk assessment. *Sci Total Environ.* 2020;699:134385.
58. Conrad A, Schröter-Kermani C, Hoppe HW, Rütther M, Pieper S, Kolossa-Gehring M. Glyphosate in German adults - Time trend (2001 to 2015) of human exposure to a widely used herbicide. *Int J Hyg Environ Health.* 2017;220(1):8-16.
59. Soukup ST, Merz B, Bub A, Hoffmann I, Watzl B, Steinberg P, *et al.* Glyphosate and AMPA levels in human urine samples and their correlation with food consumption: results of the cross-sectional KarMeN study in Germany. *Archives of toxicology.* 2020;94(5):1575-84.
60. Faniband MH, Norén E, Littorin M, Lindh CH. Human experimental exposure to glyphosate and biomonitoring of young Swedish adults. *Int J Hyg Environ Health.* 2021;231:113657.
61. Gillezeau C, van Gerwen M, Shaffer RM, Rana I, Zhang L, Sheppard L, *et al.* The evidence of human exposure to glyphosate: a review. *Environ Health.* 2019;18(1):2-.
62. Connolly A, Leahy M, Jones K, Kenny L, Coggins MA. Glyphosate in Irish adults - A pilot study in 2017. *Environ Res.* 2018;165:235-6.
63. Nova P, Calheiros CSC, Silva M. Glyphosate in Portuguese Adults - A Pilot Study. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2020;80:103462.
64. Parvez S, Gerona RR, Proctor C, Friesen M, Ashby JL, Reiter JL, *et al.* Glyphosate exposure in pregnancy and shortened gestational length: a prospective Indiana birth cohort study. *Environ Health.* 2018;17(1):23.
65. Panuwet P, Prapamontol T, Chantara S, Barr DB. Urinary pesticide metabolites in school students from northern Thailand. *International Journal of Hygiene and Environmental Health.* 2009;212(3):288-97.
66. Morgan MK, Sheldon LS, Thomas KW, Egeghy PP, Croghan CW, Jones PA, *et al.* Adult and children's exposure to 2,4-D from multiple sources and pathways. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology.* 2008;18(5):486-94.
67. Curwin BD, Hein MJ, Sanderson WT, Striley C, Heederik D, Kromhout H, *et al.* Urinary pesticide concentrations among children, mothers and fathers living in farm and non-farm households in iowa. *Ann Occup Hyg.* 2007;51(1):53-65.
68. Connolly A, Coggins MA, Koch HM. Human Biomonitoring of Glyphosate Exposures: State-of-the-Art and Future Research Challenges. *Toxics.* 2020;8(3):60.

69. Rambaud L, Saoudi A, Zeghnoun A, Dereumeaux C, Fillol C. Elaboration de valeurs de références d'exposition à partir de données de biosurveillance. Santé publique France; 2017. 26 p. [consulté le 29/09/2021]. Disponible: <https://www.santepubliquefrance.fr/docs/elaboration-de-valeurs-de-referance-d-exposition-a-partir-de-donnees-de-biosurveillance>
70. Rambaud L, Fillol C. Élaboration de valeurs de référence en population générale à partir d'études avec biomarqueurs. Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement. 2017;78(2):175-81.
71. Schulz C, Wilhelm M, Heudorf U, Kolossa-Gehring M. Update of the reference and HBM values derived by the German Human Biomonitoring Commission. International journal of hygiene and environmental health. 2011;215(1):26-35.
72. Saravanabhavan G, Werry K, Walker M, Haines D, Malowany M, Khoury C. Human biomonitoring reference values for metals and trace elements in blood and urine derived from the Canadian Health Measures Survey 2007-2013. International journal of hygiene and environmental health. 2017;220(2 Pt A):189-200.
73. Nations FaaootU. Pesticides Use [En ligne]. : . [modifié le ; cité le 23/07/2021]. Disponible: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP/visualize>
74. Knudsen LE, Hansen PW, Mizrak S, Hansen HK, Mørck TA, Nielsen F, *et al.* Biomonitoring of Danish school children and mothers including biomarkers of PBDE and glyphosate. Rev Environ Health. 2017;32(3):279-90.
75. Van Eenennaam AL, Young AE. Detection of dietary DNA, protein, and glyphosate in meat, milk, and eggs¹. Journal of Animal Science. 2017;95(7):3247-69.
76. von Soosten D, Meyer U, Hüther L, Dänicke S, Lahrssen-Wiederholt M, Schafft H, *et al.* Excretion pathways and ruminal disappearance of glyphosate and its degradation product aminomethylphosphonic acid in dairy cows. J Dairy Sci. 2016;99(7):5318-24.

Annexe 1. Liste des variables testées dans le modèle

Variables

Facteurs d'ajustements

Indice de masse corporelle
Âge
Sexe
Vie en couple du référent
Ressenti de l'état financier
Présence d'au moins un enfant dans le foyer
Statut tabagique
Diplôme
Situation professionnelle actuelle
Statut vis-à-vis du logement
Créatinine

Déterminants

Habitation

Proximité d'une zone de culture
Proximité d'un jardin
Proximité d'une voie ferrée
Zone d'habitation
Fréquence d'aération du logement
Type de chauffage principal
Type de logement

Habitudes de nettoyage

Fréquence de nettoyage des sols
Fréquence produits d'entretien (cuisine, salle de bain, sols, fenêtre)
Délai depuis la dernière utilisation de produits ménagers

Loisirs

Composition florale

Pesticides

Utilisation de pesticides à domicile pour le potager
Utilisation de pesticides à domicile pour l'entretien des pelouses
Délai depuis la dernière utilisation d'insecticides ou herbicides

Exposition professionnelle

Exposition aux poussières contenant des herbicides

Alimentation

Alimentation en provenance du jardin : fruits, légumes, œufs, volaille, viande, céréales

Alimentation de provenance biologique : fruits, légumes, œufs, volaille, viande, céréales

Consommation de pains, céréales et biscottes

Consommation de riz, pâtes, pommes de terre, légumes racines d'autrefois, tuberculeux

Consommation de légumes (tous légumes)

Consommation de salades vertes, endives, mâche, cresson, épinards, feuilles de blette...

Consommation de tomates, poivrons, piments, aubergines...

Consommation de choux verts, choux rouges/blancs, choux pommés, choux de Bruxelles, chou-fleur, brocolis, chou à choucroute...

Consommation d'artichauts, poireaux, asperges, céleri branche...

Consommation de légumes secs (haricots blancs, flageolets, lentilles, pois, haricots rouges...)

Consommation de toutes viandes et charcuteries

Consommation d'œufs

Consommation de lait

Consommation de fromages

Consommation de yaourts

Consommation de tous fruits

Consommation d'agrumes : pamplemousses, oranges, mandarines, citrons

Consommation de pommes, poires, coings

Consommation de raisin blanc ou noir

Consommation de pêches, brugnons, prunes, abricots, cerises

Consommation de fraises

Consommation de fruits exotiques : ananas, fruits de la passion, papaye...

Consommation de confiture et miel

Consommation de vin blanc, rouge ou rosé, champagne, mousseux, crémant

Consommation de cidre

Consommation de bière

Autres

Type d'eau de boisson consommée

Saison de prélèvement

Annexe 2. Distribution des concentrations urinaires en herbicides par classe d'âge et par sexe

Tableau A1. Distributions des concentrations urinaires en herbicides ($\mu\text{g.L}^{-1}$) des adultes âgés de 18 à 74 ans, France continentale (2014-2016) par classe d'âge et par sexe

	n	MG	[IC 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC 95 %] P95
Atrazine										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desethyl atrazine										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desethyl 2-hydroxy atrazine										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desisopropyl atrazine										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC

	n	MG	[IC 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC 95 %] P95
Desethyl desisopropyl atrazine										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2-hydroxy atrazine										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Atrazine mercapturate										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2,4-D										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,15	0,28	0,40	[0,33 ; 0,52]
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,14	0,26	0,39	[0,28 ; 0,53]
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,16	0,29	0,38	[0,30 ; 0,46]
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,14	0,29	0,51	[0,37 ; 0,81]
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,14	0,26	0,39	[0,28 ; 0,53]
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,15	0,28	0,42	[0,33 ; 0,77]
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,14	0,28	0,39	[0,30 ; 0,51]
Alachlore										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC

	n	MG	[IC 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC 95 %] P95
Alachlore mercapturate										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2,6 diethyl aniline										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Simazine										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2 hydroxy simazine										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Simazine mercapturate										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC

	n	MG	[IC 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC 95 %] P95
IPPMU										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Diuron										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Chlortoluron										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Isoproturon										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Dimetachlor										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC

	n	MG	[IC 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC 95 %] P95
Glyphosate										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,15	0,36	[0,21 ; 0,59]
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,15	0,32	[0,18 ; 0,73]
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,11	0,32	[0,13 ; 0,64]
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,17	0,46	[0,17 ; 0,72]
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,15	0,32	[0,18 ; 0,73]
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,20	0,48	[0,24 ; 0,72]
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,11	0,24	[0,13 ; 0,43]
AMPA										
Total	891	0,08	[0,08 ; 0,09]	<LOQ	<LOQ	0,09	0,16	0,26	0,34	[0,30 ; 0,38]
Âge (ans)										
18-29	264	0,09	[0,07 ; 0,10]	<LOQ	<LOQ	0,10	0,18	0,26	0,34	[0,27 ; 0,40]
30-44	330	0,09	[0,08 ; 0,10]	<LOQ	0,06	0,09	0,15	0,25	0,34	[0,27 ; 0,41]
45-59	297	0,07	[0,06 ; 0,08]	<LOQ	<LOQ	0,07	0,14	0,24	0,36	[0,26 ; 0,64]
60-74	264	0,09	[0,07 ; 0,10]	<LOQ	<LOQ	0,10	0,18	0,26	0,34	[0,27 ; 0,40]
Sexe										
Homme	388	0,09	[0,08 ; 0,11]	<LOQ	0,05	0,11	0,19	0,28	0,38	[0,32 ; 0,43]
Femme	503	0,07	[0,07 ; 0,08]	<LOQ	<LOQ	0,08	0,14	0,23	0,29	[0,24 ; 0,37]

NC = non calculé

Tableau A2. Distributions des concentrations urinaires en herbicides ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de créatinine) des adultes âgés de 18 à 74 ans, ajustées sur la créatinine, France continentale (2014-2016) par classe d'âge et par sexe

	n	MG	IC 95% MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC 95% P95
Atrazine										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desethyl atrazine										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desethyl 2-hydroxy atrazine										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desisopropyl atrazine										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC

	n	MG	[IC 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC 95 %] P95
Desethyl desisopropyl atrazine										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2-hydroxy atrazine										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Atrazine mercapturate										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2,4-D										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,20	0,41	0,66	[0,53 ; 0,83]
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,15	0,33	0,52	[0,34 ; 0,72]
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,25	0,48	0,74	[0,53 ; 0,94]
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,23	0,45	0,79	[0,52 ; 1,30]
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,15	0,33	0,52	[0,34 ; 0,72]
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,16	0,34	0,56	[0,38 ; 0,72]
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,23	0,47	0,74	[0,59 ; 0,93]
Alachlore										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC

	n	MG	[IC 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC 95 %] P95
Alachlore mercapturate										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2,6 diethyl aniline										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Simazine										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2 hydroxy simazine										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Simazine mercapturate										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC

	n	MG	[IC 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC 95 %] P95
IPPMU										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Diuron										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Chlortoluron										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Isoproturon										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Dimetachlor										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC

	n	MG	[IC 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC 95 %] P95
Glyphosate										
Total	891	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,18	0,45	[0,30 ; 0,64]
Âge (ans)										
18-29	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,19	0,44	[0,22 ; 0,57]
30-44	330	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,19	0,46	[0,27 ; 0,73]
45-59	297	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,15	0,37	[0,15 ; 0,70]
60-74	264	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,20	0,43	[0,23 ; 0,57]
Sexe										
Homme	388	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,27	0,76	[0,27 ; 1,55]
Femme	503	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,18	0,45	[0,30 ; 0,64]
AMPA										
Total	891	0,11	[0,13 ; 0,13]	<LOQ	0,07	0,12	0,21	0,30	0,42	[0,36 ; 0,49]
Âge (ans)										
18-29	264	0,11	[0,09 ; 0,12]	<LOQ	0,07	0,11	0,19	0,28	0,37	[0,31 ; 0,46]
30-44	330	0,12	[0,11 ; 0,14]	<LOQ	<LOQ	0,14	0,22	0,32	0,46	[0,40 ; 0,54]
45-59	297	0,10	[0,09 ; 0,12]	<LOQ	<LOQ	0,10	0,19	0,26	0,30	[0,26 ; 0,38]
60-74	264	0,13	[0,11 ; 0,15]	<LOQ	0,09	0,14	0,22	0,35	0,48	[0,39 ; 0,58]
Sexe										
Homme	388	0,13	[0,11 ; 0,15]	<LOQ	<LOQ	0,12	0,21	0,39	0,70	[0,45 ; 1,34]
Femme	503	0,11	[0,10 ; 0,13]	<LOQ	0,07	0,12	0,21	0,30	0,42	[0,36 ; 0,49]

NC = non calculé

Tableau A3. Distributions des concentrations urinaires en herbicides ($\mu\text{g.L}^{-1}$) des enfants âgés de 6 à 17 ans, France continentale (2014-2016) par classe d'âge et par sexe

	n	MG	IC 95% MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC 95% P95
Atrazine										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desethyl atrazine										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desethyl 2-hydroxy atrazine										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desisopropyl atrazine										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desethyl desisopropyl atrazine										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC

	n	MG	[IC 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC 95 %] P95
2-hydroxy atrazine										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Atrazine mercapturate										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2,4-D										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	0,11	0,18	0,28	0,41	[0,30 ; 0,46]
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	0,12	0,19	0,31	0,43	[0,29 ; 0,49]
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	0,11	0,19	0,32	0,42	[0,30 ; 0,55]
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,14	0,2	0,24	[0,18 ; 0,31]
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,19	0,36	0,45	[0,35 ; 0,51]
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	0,11	0,18	0,24	0,30	[0,24 ; 0,37]
Alachlore										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Alachlore mercapturate										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC

	n	MG	[IC 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC 95 %] P95
2,6 diethyl aniline										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Simazine										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2 hydroxy simazine										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Simazine mercapturate										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
IPPMU										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC

	n	MG	[IC 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC 95 %] P95
Diuron										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Chlortoluron										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Isoproturon										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Dimetachlor										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Glyphosate										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,20	0,57	[0,32 ; 0,86]
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,15	0,45	[0,25 ; 0,64]
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,34	0,70	[0,28 ; 0,87]
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,11	0,34	[0,02 ; 0,85]
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,26	0,68	[0,29 ; 0,87]
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,16	0,43	[0,23 ; 0,64]

	n	MG	[IC 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC 95 %] P95
AMPA										
Total	498	0,16	[0,14 ; 0,18]	0,07	0,10	0,17	0,25	0,36	0,45	[0,41 ; 0,57]
Âge (ans)										
6-10	205	0,15	[0,13 ; 0,18]	0,07	0,11	0,17	0,22	0,29	0,39	[0,29 ; 0,62]
11-14	200	0,17	[0,15 ; 0,20]	0,08	0,11	0,20	0,28	0,37	0,44	[0,37 ; 0,48]
15-17	93	0,15	[0,11 ; 0,19]	<LOQ	0,08	0,15	0,28	0,44	0,66	[0,41 ; 1,31]
Sexe										
Garçon	236	0,15	[0,13 ; 0,17]	0,06	0,10	0,16	0,25	0,37	0,43	[0,39 ; 0,47]
Fille	262	0,16	[0,14 ; 0,19]	0,07	0,11	0,18	0,25	0,35	0,50	[0,35 ; 0,89]

NC = non calculé

Tableau A4. Distributions des concentrations urinaires en herbicides ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de créatinine) des enfants âgés de 6 à 17 ans, ajustées sur la concentration en créatinine, France continentale (2014-2016) par classe d'âge et par sexe

	n	MG	IC 95% MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC 95% P95
Atrazine										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desethyl atrazine										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desethyl 2-hydroxy atrazine										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desisopropyl atrazine										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Desethyl desisopropyl atrazine										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC

	n	MG	[IC 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC 95 %] P95
2-hydroxy atrazine										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Atrazine mercapturate										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2,4-D										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	0,10	0,18	0,31	0,39	[0,33 ; 0,47]
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	0,14	0,26	0,37	0,47	[0,38 ; 0,59]
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	0,10	0,17	0,28	0,34	[0,27 ; 0,39]
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,09	0,14	0,19	[0,12 ; 0,28]
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,16	0,31	0,41	[0,33 ; 0,58]
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	0,10	0,19	0,30	0,37	[0,30 ; 0,41]
Alachlore										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Alachlore mercapturate										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC

	n	MG	[IC 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC 95 %] P95
2,6 diethyl aniline										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Simazine										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
2 hydroxy simazine										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Simazine mercapturate										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
IPPMU										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC

	n	MG	[IC 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC 95 %] P95
Diuron										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Chlortoluron										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Isoproturon										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Dimetachlor										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
Glyphosate										
Total	498	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,23	0,53	[0,40 ; 0,67]
Âge (ans)										
6-10	205	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,15	0,51	[0,29 ; 0,70]
11-14	200	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,32	0,70	[0,27 ; 1,08]
15-17	93	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,15	0,33	[0,02 ; 0,53]
Sexe										
Garçon	236	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,22	0,47	[0,26 ; 0,55]
Fille	262	<LOQ	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,22	0,62	[0,24 ; 0,92]

	n	MG	[IC 95 %] MG	P10	P25	P50	P75	P90	P95	[IC 95 %] P95
AMPA										
Total	498	0,16	[0,14 ; 0,18]	0,07	0,11	0,16	0,27	0,39	0,52	[0,43 ; 0,66]
Âge (ans)										
6-10	205	0,19	[0,17 ; 0,22]	0,09	0,13	0,18	0,29	0,44	0,58	[0,45 ; 0,71]
11-14	200	0,16	[0,14 ; 0,19]	0,07	0,11	0,17	0,27	0,37	0,44	[0,40 ; 0,51]
15-17	93	0,11	[0,09 ; 0,15]	<LOQ	0,07	0,12	0,21	0,32	0,44	[0,27 ; 0,62]
Sexe										
Garçon	236	0,15	[0,13 ; 0,16]	0,06	0,10	0,15	0,24	0,36	0,44	[0,39 ; 0,48]
Fille	262	0,17	[0,15 ; 0,2]	0,08	0,11	0,18	0,29	0,44	0,60	[0,44 ; 0,71]

NC = non calculé