

*Santé environnement*

# Synthèse des travaux du Département santé environnement de l'Institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition

Clémentine Dereumeaux, Cécile Kairo, Abdelkrim Zeghnoun

## Sommaire

Liste des abréviations	2
Préambule	3
<b>1. Introduction</b>	<b>4</b>
<b>2. Variables humaines d'exposition</b>	<b>5</b>
2.1 Masse corporelle	5
2.2 Budget espace-temps (BET)	6
2.3 Consommation d'eau du robinet	7
2.4 Ingestion de terre et poussières chez les enfants	9
<b>3. Perspectives</b>	<b>11</b>
Références bibliographiques	12
Annexes	13

## **SYNTHESE DES TRAVAUX DU DEPARTEMENT SANTE ENVIRONNEMENT DE L'INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE SUR LES VARIABLES HUMAINES D'EXPOSITION**

Auteurs : Clémentine Dereumeaux, Cécile Kairo, Abdelkrim Zeghnoun, Département santé environnement (DSE), Institut de veille sanitaire (InVS).

Relecteurs : Laurence Guldner, DSE, InVS ; Pascal Beaudeau, DSE, InVS (pour la partie Consommation d'eau du robinet) ; Frédéric Dor, DSE, InVS (pour les parties Masse corporelle et Ingestion de terre et poussières chez les enfants).

## Liste des abréviations

<b>Afssa</b>	Agence française de sécurité sanitaire des aliments
<b>BET</b>	Budget espace-temps
<b>CNL</b>	Campagne nationale de logements
<b>DJE</b>	Dose journalière d'exposition
<b>DSE</b>	Département santé environnement
<b>EFH</b>	Exposure Factors Handbook
<b>EQRS</b>	Évaluation quantitative de risques sanitaires
<b>GT</b>	Groupe de travail
<b>Inca</b>	Enquête individuelle nationale de consommation alimentaire
<b>Ineris</b>	Institut national de l'environnement industriel et des risques
<b>Insee</b>	Institut national de la statistique et des études économiques
<b>InVS</b>	Institut de veille sanitaire
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la santé
<b>OQAI</b>	Observatoire de la qualité de l'air intérieur
<b>US EPA</b>	United States Environmental Protection Agency
<b>VHE</b>	Variable humaine d'exposition

## Préambule

Le calcul du risque dans la démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) nécessite de disposer de "variables humaines d'exposition" (VHE) qui permettent de construire des modèles d'exposition tenant compte, autant que faire se peut, des caractéristiques individuelles de la population concernée. Les VHE sont utiles tant pour décrire les variables anthropométriques et physiologiques que les comportements et les habitudes locales. Elles peuvent concerner la durée totale d'exposition, la fréquence d'exposition (budget espace-temps, BET), la masse corporelle, la surface cutanée, le débit respiratoire, les habitudes de consommation alimentaire, l'ingestion de terre et poussières, l'allaitement ou encore la consommation d'aliments autoproduits. Ces données sont utiles non seulement en EQRS, mais également en épidémiologie.

De nombreuses initiatives ont eu pour objectif de rassembler les VHE disponibles en proposant, soit une valeur unique, telle une moyenne ou une médiane, soit l'ensemble de la distribution de probabilités dans la population concernée. Aux Etats-Unis, l'Exposure Factor Handbook (EFH) de l'United States Environmental Protection Agency (US EPA) est un des précurseurs dans le domaine. En France, des projets ont permis, soit de rassembler les données sur les nombreuses variables utiles (projet Ciblex), soit de décrire avec plus de précision une seule variable ; c'est le cas de la durée de résidence des Français dans leur logement et des données de consommation d'eau du robinet et de denrées alimentaires. Ces travaux doivent cependant être poursuivis, validés et mis à jour afin d'encourager leur utilisations par les évaluateurs de risque en France.

Par ailleurs, la prise en compte des incertitudes *via* l'approche probabiliste en EQRS nécessite de disposer de distributions de probabilités des VHE. Or, si L'EFH a d'emblée proposé la description des VHE sous la forme de distribution de probabilités, le choix de quelques paramètres privilégiés de cette distribution, la moyenne et le percentile 95, a souvent été mis en avant. Il apparaît donc nécessaire de favoriser la construction des distributions de probabilités associées aux VHE.

## I. Introduction

Depuis 2002, le Département santé environnement (DSE) de l'Institut de veille sanitaire (InVS) a contribué à renseigner un certain nombre de VHE telles que la masse corporelle, le BET, la consommation d'eau du robinet et la quantité de terre et poussières ingérées par les enfants. Ces VHE ont été construites à partir des données issues des travaux de différents organismes (l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments, Afssa et l'Institut national de la statistique et des études économiques, Insee) ou sont le résultat de synthèses bibliographiques. Certaines de ces variables présentent, en outre, l'intérêt de pouvoir être utilisées en évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) mettant en œuvre une analyse probabiliste, en proposant des distributions de probabilités associées.

Afin d'apporter une plus grande visibilité concernant les données françaises disponibles et utilisables en EQRS, ce « mémo » dresse une présentation rapide des VHE renseignées par l'InVS. L'objectif n'est pas de reprendre en détail les travaux du DSE dans ce domaine, mais de rappeler l'existence de ces données et de les rendre plus facilement accessibles aux évaluateurs de risques lors de la construction de modèles d'expositions les plus proches possibles du contexte français. Il est nécessaire de préciser que les valeurs proposées dans ce document s'inscrivent parmi l'ensemble des données de VHE disponibles pour la France. Elles n'interfèrent pas sur les choix que les évaluateurs de risques sont amenés à effectuer en fonction des spécificités du contexte d'étude.

Après avoir rappelé brièvement le contexte de l'étude ayant conduit le DSE à construire ces VHE, ce mémo présente la méthode utilisée et les études sources retenues, puis indique les principaux résultats ainsi que les points forts et limites identifiés pour chacun des jeux de données. Les détails des résultats sont donnés en annexes.

La mise à disposition et la valorisation des différents travaux du DSE concernant les VHE s'inscrit dans le programme de développement méthodologique de la démarche d'évaluation quantitative du risque sanitaire de l'InVS pour l'estimation de l'exposition.

## II. Variables humaines d'exposition

### II.1. Masse corporelle

#### *a. Objectif de l'étude*

La masse corporelle est une variable qui, en intervenant au dénominateur du calcul de la dose journalière d'exposition (DJE), influence l'intensité de l'exposition, exprimée en g/kg de masse corporelle/jour. Les données de masse corporelle des Français sont connues et bien documentées, mais aucune publication donnant la distribution de probabilité par sexe et classe d'âge n'était disponible. C'est dans l'objectif de proposer des distributions de la masse corporelle utilisables, en France, par les évaluateurs de risques dans une approche probabiliste de l'EQRS, que l'InVS a encadré un stage dont les résultats ont été publiés dans la revue *Environnement, Risques & Santé* en 2007 [Tanguy J *et al.*, 2007].

#### *b. Méthode*

Parmi l'ensemble des études françaises à l'occasion desquelles la masse corporelle a pu être renseignée, par sa mesure directe ou sur déclaration de l'enquêté, les auteurs ont sélectionné l'enquête décennale santé 2002-2003 menée par l'Insee afin d'établir les distributions de probabilités de la masse corporelle en fonction de l'âge et du sexe. Cette enquête, réalisée tous les 10 ans, concerne un large échantillon d'individus (34 944) couvrant toutes les classes d'âge et répond à la fois aux critères d'effectif et de représentativité requis.

#### *c. Principaux résultats*

Tous âges et sexe confondus, la masse corporelle moyenne est de 61 kg (médiane 64 kg). La distribution théorique qui caractérise le mieux la distribution de la masse corporelle des Français en fonction de l'âge, est la distribution log-normale à trois paramètres (moyenne logarithmique, écart type logarithmique, paramètre de seuil). Les distributions de la masse corporelle des dernières classes d'âge, hommes et femmes, ne peuvent cependant être ajustées par une loi log-normale : ce changement de loi s'explique par l'étalement de la queue de distribution aux extrémités.

Les statistiques descriptives et les distributions de probabilités de la masse corporelle par sexe et classe d'âge sont précisées en annexe 1. L'ensemble des détails et explications est donné dans l'article de Tanguy J *et al.*, disponible sur le site de la revue *Environnement, Risques & Santé*.

#### *d. Points forts et limites du jeu de données*

Le travail mené permet de disposer de distributions de probabilités théoriques de la masse corporelle des Français pour mener une approche probabiliste dans le cadre de l'EQRS. Pour répondre à l'objectif fixé, les auteurs rappellent que le respect des critères d'effectif et de représentativité de l'échantillon tiré de la population française a été recherché. La proposition de données pour de nombreuses classes d'âge, pour les hommes, femmes, hommes et femmes réunis, permet, en outre, de traiter de nombreux scénarios d'EQRS.

La principale limite ici est l'utilisation de données déclarées et non mesurées. Une tendance à la sous-estimation de la masse corporelle est en effet constatée lorsque l'on interroge les enquêtés.

Ce biais du “poids déclaré” ne prendrait pas la même ampleur chez les hommes que chez les femmes : les femmes ayant tendance à sous-estimer leur poids de façon plus importante. Des apports complémentaires paraissent encore nécessaires : distributions plus détaillées pour certaines tranches d’âge (0-1 an par exemple), ou pour une catégorie particulière de la population (femmes enceintes). Enfin, l’augmentation de la prévalence de l’obésité depuis quelques années chez les Français, implique que les données de masse corporelle soient régulièrement réactualisées. Ainsi ces résultats ont une durée de vie limitée et devront être revus tous les 10 ans.

## **II.2. Budget espace-temps (BET)**

### ***a. Objectif de l’étude***

L’exposition à différents polluants de l’air intérieur est aujourd’hui reconnue comme un facteur préoccupant de santé publique. Or, en EQRS, l’estimation de l’exposition individuelle passe par l’association des concentrations mesurées dans les différents milieux d’exposition et le temps passé dans chacun de ces milieux. Cette approche nécessite donc de disposer de données précises permettant de renseigner, pour la population étudiée, le temps moyen journalier ou le taux de pratique, associé à diverses activités et à leurs localisations (habitat, lieu de travail, intérieur, extérieur, etc.), appelé budget espace-temps (BET).

C’est dans ce cadre que l’Observatoire de la qualité de l’air intérieur (OQAI) a confié à l’InVS l’exploitation et l’analyse des données permettant d’estimer, d’une part, le BET de la population française et, d’autre part, l’exposition de la population au monoxyde de carbone, au benzène et au formaldéhyde. Les résultats de cette analyse, présentés ici, ont été publiés par l’InVS [Zeghnoun A, Dor F, 2010] et sont disponibles sur le site internet : <http://www.invs.sante.fr>.

### ***b. Méthode***

La distribution du temps passé à l’intérieur du logement a été construite à partir des données collectées dans le cadre de la Campagne nationale de logements (CNL) menée entre 2003 et 2005. Cette campagne concerne 567 résidences principales dans lesquelles tous les occupants, soit 1 375 individus, ont été enquêtés pendant une semaine.

Les BET ont été collectés en utilisant un carnet semainier rempli par les occupants qui indiquaient le temps passé dans les différentes pièces du logement et hors du logement, durant la semaine d’enquête, selon un pas de temps de 10 minutes. Le temps passé hors du logement est pris dans son ensemble, il concerne à la fois les environnements extérieurs et intérieurs hors du logement (bureaux, transport, écoles, etc.).

### ***c. Principaux résultats***

Globalement, il ressort de cette étude qu’en moyenne, les Français passent 67,3 % de leur temps journalier au domicile principal. Il est à noter que ce pourcentage ne concerne pas le temps passé dans d’autres espaces intérieurs hors logement (bureaux, écoles, transport, etc.).

En moyenne sur la semaine, le temps passé à l’intérieur du domicile est de 16 h 10 min (médiane de 16 h 29 min) par jour. Un quart de la population passe plus de 18 h 50 min au domicile. En moyenne, les femmes passent 17 h dans le logement et les hommes 15 h 12 min. Les enfants âgés entre 0 et 4 ans et les personnes âgées de 60 ans et plus sont les groupes d’âges qui restent le plus longtemps à l’intérieur du logement.

Le BET est significativement influencé par un certain nombre de facteurs : l'âge, le sexe, la région de résidence, la saison, le jour de la semaine et l'activité professionnelle. Les auteurs proposent également des valeurs de BET en fonction de l'heure de la journée. Les détails de ces résultats sont disponibles dans le rapport [Zeghnoun A, Dor F, 2010] et repris en annexe 2.

#### *d. Points forts et limites du jeu de données*

Cette étude a été réalisée auprès d'un échantillon représentatif de la population française et présente une complétude tant géographique que temporelle ; le BET peut être ainsi décrit sur une échelle nationale, sur une période incluant plusieurs saisons, pendant une semaine et dans chaque pièce du logement. Le taux de remplissage des BET dans les carnets semainiers est bon (91,8 %), ce qui permet de disposer d'une base de données de 1 272 112 pas de temps de 10 minutes pour lesquels le BET des sujets est renseigné. Enfin, ces données sont relativement récentes (2003-2005). Ce détail de connaissance permet ainsi d'envisager la construction de scénarios d'exposition appropriés, en fonction du contexte d'étude et des objectifs à atteindre.

Cependant, cette estimation ne concerne que le temps passé dans l'habitation principale, le temps passé dans d'autres environnements intérieurs n'étant pas considéré dans cette étude.

## **II. 3. Consommation d'eau du robinet**

### *a. Objectif de l'étude*

Les données de consommation d'eau du robinet pour la boisson en France sont peu documentées et, dans la pratique, les évaluateurs de risque utilisent les valeurs de référence préconisées par l'US EPA et l'OMS, *a priori* peu adaptées au contexte français, marqué par une forte consommation d'eau embouteillée. L'InVS et l'Afssa ont souhaité utiliser les résultats de l'enquête individuelle et nationale sur les consommations alimentaires menée en 1999 (Inca-1), pour proposer des valeurs détaillées par âge, sexe et région, accompagnées des modèles de distribution statistique, de la consommation d'eau du robinet pour la population française. Les résultats de cette étude ont été publiés dans la revue Environnement, Risque & Santé [Beaudeau P *et al*, 2003].

### *b. Méthode*

Au moment de la réalisation de l'étude, l'enquête Inca-1 constituait la seule source d'ampleur nationale sur la consommation d'eau du robinet pour la boisson, en distinguant, notamment, la consommation d'eau non chauffée de celle d'eau chauffée (thé, café). La consommation d'eau du robinet des enquêtés a été suivie pendant une semaine et renseignée à l'aide d'un carnet de consommation détaillé. Les périodes d'enquête se répartissent équitablement entre les saisons et l'échantillon est représentatif de la population française. Les personnes qualifiées de "sous-déclarantes" ont été écartées de l'échantillon pour l'étude. Au total, l'échantillon retenu comprend 1 809 individus.

L'analyse des résultats a été réalisée en deux étapes : la première concerne la proportion de consommateurs d'eau du robinet non chauffée pour la boisson ; la seconde concerne les volumes consommés par les consommateurs d'eau du robinet non chauffée et chauffée.

### ***c. Principaux résultats***

L'étude montre que parmi les individus retenus (1 809), 5,6 % déclarent ne pas consommer d'eau du robinet pour la boisson, ni directement, ni par l'intermédiaire de boissons chaudes (eau chauffée). Pour cette catégorie, la consommation totale d'autres types de boisson (eau embouteillée, boissons alcoolisées, jus de fruit et sodas) déclarée est de 5,6 L par semaine.

Parmi les consommateurs d'eau du robinet, chauffée ou non, la consommation hebdomadaire d'eau du robinet est en moyenne de 3,6 L (médiane égale à 2,9 L) pour une consommation totale de boisson égale à 7,1 L par semaine. La distribution de la consommation d'eau totale, exprimée en litres par semaine, peut être modélisée par une loi normale de paramètres  $m = 1,27$  et  $s = 1,22$ . Les résultats concernant les consommateurs d'eau du robinet non chauffée exclusivement sont également donnés dans l'article [Beaudeau *et al*, 2003].

L'analyse des résultats de l'enquête Inca-1 montre, par ailleurs, que la consommation d'eau du robinet est hétérogène entre les régions, avec une surconsommation observée dans le Sud-Ouest et surtout le Sud-Est (régions montagneuses) et une sous-consommation dans le Nord (régions industrielles et agricoles). Les autres facteurs influençant la consommation d'eau du robinet ainsi que les valeurs de consommation détaillées par région, sexe et classe d'âge, sont présentées dans l'article, disponible sur le site de la revue Environnement, Risques & Santé. Les principaux résultats sont repris en annexe 3.

### ***d. Points forts et limites du jeu de données***

Les valeurs françaises de consommation d'eau issues de ce travail, ont été proposées dans la base de données Expofact.

Ces valeurs se démarquent nettement des valeurs de référence proposées par l'OMS : 14 L d'eau du robinet consommés contre 3,6 L ici. Cette différence s'explique par la vocation universelle de la valeur de l'OMS (différences de climat, richesse, etc.) et de son caractère conservatoire, en considérant l'eau du robinet comme unique source de boisson.

Ces données peuvent néanmoins faire l'objet d'un travail complémentaire permettant d'intégrer l'eau incorporée aux aliments *via* la cuisson ou le lavage (pouvant représenter jusqu'à 25 % du total de l'eau du robinet ingérée). Enfin, les fluctuations de la qualité de l'eau distribuée localement peuvent être à l'origine de modifications du comportement des usagers. Ainsi, selon le contexte d'étude, des valeurs locales de consommation d'eau peuvent être préférées.

Depuis, l'enquête Inca a été renouvelée (Inca-2 et Inca-3) mais la consommation de l'eau du robinet n'a pas fait l'objet d'une réévaluation.

## II.4. Ingestion de terre et poussières chez les enfants

### *a. Objectif de l'étude*

Dans un projet commun, mené entre 2008 et 2010, l'InVS et l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) ont animé un groupe de travail (GT) ayant pour but de statuer sur l'estimation de la quantité de terre et de poussières ingérées quotidiennement chez les enfants de moins de 6 ans [Dor F *et al*, 2012]. Ce paramètre est classiquement utilisé dans la démarche d'EQRS pour estimer l'exposition des populations, et plus particulièrement des enfants, dans le cadre de l'application de la politique des sites et sols pollués. Ce projet a permis de rassembler des personnes de différentes institutions afin de partager les réflexions et pratiques dans le domaine. Des recherches sur la biodisponibilité des polluants dans les sols et poussières ont par ailleurs été menées.

### *b. Méthode*

Les travaux menés par le GT ont consisté en un état de lieux des données disponibles dans la littérature française et internationale et la proposition d'un jeu de données jugé le plus robuste. Les méthodes utilisées afin d'estimer les quantités de terre et poussières ingérées et les points forts et limites associés ont également été analysés. Le GT s'est attaché à répondre aux questions portant sur la prise en compte des poussières dans l'estimation de la quantité de sol ingéré, la robustesse de la méthode utilisée (méthode des traceurs et méthode "contact main-bouche") et des données générées (résultats ayant fait l'objet d'une ré-analyse), ainsi que l'identification des facteurs influençant les résultats.

### *c. Principaux résultats*

L'examen de l'ensemble des études disponibles a conduit le GT à retenir les données générées par la ré-analyse de Stanek *et al*, "Biasing factors for simple soil ingestion estimates in mass balance studies of soil ingestion", publiée en 2001. Il s'agit de la ré-analyse d'une étude conduite en 1997, s'intéressant à l'ingestion de terre et poussières chez un échantillon aléatoire de 64 enfants, âgés de 1 à 4 ans et suivis pendant 7 jours, vivant à proximité d'un site pollué. Les auteurs précisent que ce choix est guidé par des critères liés au protocole de l'étude (méthode des traceurs), à la nature des ré-analyses successives et à l'expression des résultats sous forme de distribution. Cette étude présente également l'intérêt de considérer à la fois l'ingestion de terre et de poussières.

La distribution empirique proposée par Stanek en 2001 fournit une moyenne égale à 31 mg/j, une médiane à 24 mg/j et le percentile 95 à 91 mg/j. Le GT recommande l'utilisation de ces résultats en approche déterministe.

En approche probabiliste, le GT préconise soit l'utilisation de la distribution empirique publiée dans la ré-analyse de Stanek (donnée en annexe 4), soit l'utilisation d'une distribution théorique ajustée aux données de l'étude de Stanek, tronquée entre 0 et 200 mg.j<sup>-1</sup> (tableau 1). En effet, la distribution de Stanek contient des valeurs négatives qui s'expliquent, expérimentalement, par des artefacts liés à la méthode des traceurs, mais qui ne peuvent être incluses dans le calcul de risque ; il n'est pas possible que les doses d'exposition soient négatives. Le GT propose ainsi d'utiliser pour le calcul de risque en approche probabiliste, les valeurs générées aléatoirement par

une distribution log-normale ayant les paramètres suivants : moyenne 49,8 ; écart type 29,4 et paramètre d'échelle -18,3 bornée entre 0 et 200 mg/j.

**Tableau 1 – Distribution de l'ingestion de terre issue de la distribution log-normale ajustée aux données publiées dans Stanek 2001. Les valeurs générées aléatoirement sont bornées entre 0 et 200 mg/j.**

Distribution bornée entre 0 et 200 mg/j	
Moyenne	32,9
Ecart-type	27,4
Min	0,0252
Percentile 2.5	1,70
Percentile 10	6,06
Percentile 20	11,2
Percentile 25	13,5
Percentile 30	15,8
Percentile 40	20,8
Percentile 50	26,2
Percentile 60	32,2
Percentile 70	39,7
Percentile 75	44,7
Percentile 80	50,5
Percentile 90	67,8
Percentile 95	86,6
Percentile 97.5	106
Percentile 99	132
Max	198

#### *d. Points forts et limites du jeu de données*

La VHE liée à l'ingestion de terre et poussières chez les enfants, proposée par le GT, est présentée comme étant la valeur la plus robuste parmi celles proposées dans la littérature internationale. Cependant, l'étude dont sont issus ces résultats a été réalisée auprès d'une population d'enfants, en particulier d'enfants âgés entre 1 et 4 ans, résidant sur un site pollué. Il est donc possible, d'une part, que les parents et les enfants aient adopté des comportements influencés par ce contexte particulier. Si une éventuelle sous-estimation des résultats ne peut être écartée, les auteurs précisent que l'analyse des données semble tempérer cette hypothèse. D'autre part, les résultats mis en avant par le GT ne sont pas applicables à l'ensemble des classes d'âge d'une population d'enfants (uniquement les enfants âgés entre 1 et 4 ans) et des adultes. Enfin, la distribution publiée dans la ré-analyse de Stanek en 2001 est une distribution annualisée des quantités de terre et poussières ingérées par les enfants. Ainsi, les résultats proposés dans le rapport ne peuvent s'appliquer que dans le cadre d'exposition chronique d'au moins un an. Pour les expositions sub-chroniques (quelques jours à quelques semaines), le GT s'est appuyé sur les données de la littérature internationale et sur les théories possibilistes afin de proposer une distribution de possibilité avec l'encadrement suivant : noyau : 23 – 100 mg/j, support : 0 – 350 mg/j.

Par ailleurs, l'analyse de la littérature a montré qu'il était difficile de transposer à une situation particulière des données produites dans un contexte différent, du fait notamment des habitudes de vie, des comportements en fonction des lieux de résidence et des traditions culturelles.

Il n'existe cependant pas à l'heure actuelle de données spécifiques aux comportements de la population française et de données pour lesquelles les variations annuelles, saisonnières et géographiques mais également les différences en fonction de l'âge, surtout entre 2 et 6 ans sont renseignées.

Enfin, le GT n'a pas souhaité se prononcer sur les quantités de terre ingérées par des enfants ayant des comportements particuliers appelés pica et géophagie. Néanmoins, les données disponibles dans ce domaine sont rares et mériteraient d'être renforcées.

Ainsi, si les valeurs proposées par l'InVS et l'Ineris peuvent être utilisées dans un contexte d'évaluation des risques sanitaires, selon le contexte d'étude, d'autres données pourront être retenues (particularités concernant l'âge des enfants, leur condition d'exposition, etc.).

### **III. Perspectives**

Le DSE a souhaité rassembler dans un même document les VHE qu'il a renseignées au travers des différents projets menés depuis 2003. Ces données peuvent être utilisées à des fins d'estimation de l'exposition de la population française dans le cadre des EQRS *via* une approche déterministe ou *via* une approche probabiliste (pour certaines d'entre elles).

Ce document sera amené à être régulièrement mis à jour en fonction des données VHE que le DSE pourrait être amenés à construire ou à développer dans les années à venir.

## Références bibliographiques

Tanguy J, Zeghnoun A, Dor F. Description de la masse corporelle en fonction du sexe et de l'âge dans la population française. Environnement, Risques & Santé 2007 ; vol. 6, n°3 : 179-87.

Zeghnoun A, Dor F. Description du budget espace-temps et estimation de l'exposition de la population française dans son logement. Saint-Maurice : InVS, octobre 2010, 37 p. Disponible sur : <http://www.invs.sante.fr>

Beaudeau P, Zeghnoun A, Ledrans M, Volatier J. Consommation d'eau du robinet pour la boisson en France métropolitaine : résultats tirés de l'enquête alimentaire INCA1. Environnement, Risques & Santé 2003 ; vol. 2, n°3 : 147-58.

Dor F, Denys S. Quantités de terre et poussières ingérées par un enfant de moins de 6 ans et bioaccessibilité des polluants : état des connaissances. InVS, Ineris, Septembre 2012, 88p.

Stanek EJ, Calabrese EJ, Zorn M. Biasing factors for simple soil ingestion estimates in mass balance studies of soil ingestion. Human and ecological risk assessment 2001;7:329-55.

Tanguy J. Définition de distributions statistiques de la masse corporelle dans la population française en 2002/2003. Rapport de stage Master 1 de sciences de la vie et de la santé-mention santé publique. Université Victor Segalen Bordeaux 2, Isped, InVS. 2005.

## Annexe 1 - Masse corporelle : données détaillées

Tableau 2 – Effectifs par sexe et classes d'âge

Classe d'âge (années)	Effectif hommes	Effectif femmes	Total
0	208	212	420
1	225	239	464
2	239	246	485
3	244	240	484
4	245	231	476
5	232	217	449
6	250	237	487
7	235	213	448
8	224	215	439
9	240	240	480
10	245	224	469
11	264	233	497
12	261	258	519
13	299	244	543
14	257	230	487
15	255	260	515
16	291	244	535
17	249	242	491
18	235	213	448
19	171	188	359
[20;24]	950	951	1 901
[25;29]	945	929	1 874
[30;34]	1 118	1 182	2 300
[35;39]	1 202	1 365	2 567
[40;44]	1 291	1 361	2 652
[45;49]	1 161	1 372	2 533
[50;54]	1 286	1 297	2 583
[55;59]	966	1 058	2 024
[60;64]	740	864	1 604
[65;69]	746	850	1 596
[70;74]	645	800	1 445
[75;79]	466	624	1 090
[80;84]	287	429	716
[85 et +]	134	226	360
<b>TOTAL</b>	<b>16 806</b>	<b>17 934</b>	<b>34 740</b>

**Tableau 3 – Statistiques descriptives de la masse corporelle déclarée des femmes (en kilogrammes)**

Classe d'âge (années)	Moyenne	Ecart-type	p25	p50	p75	p95	Min	Max	P* (en %)
0	7,4	1,8	6,0	7,0	9,0	10,0	3,0	13,0	1,18
1	10,8	1,5	10,0	11,0	12,0	14,0	7,0	16,0	1,33
2	13,4	2,4	12,0	13,0	14,0	18,0	8,0	25,0	1,37
3	15,5	2,5	14,0	15,0	17,0	20,0	10,0	29,0	1,34
4	17,5	2,7	16,0	17,0	19,0	23,0	12,0	29,0	1,29
5	19,7	3,4	17,0	19,0	22,0	26,0	11,0	32,0	1,21
6	22,3	4,1	20,0	22,0	25,0	30,0	13,0	40,0	1,32
7	25,0	4,4	22,0	24,5	27,0	33,0	15,0	42,0	1,19
8	28,7	5,9	25,0	28,0	32,0	39,0	17,0	60,0	1,20
9	32,2	7,0	27,5	31,0	36,0	45,0	20,0	62,0	1,34
10	34,3	7,1	30,0	33,0	39,5	46,0	20,0	63,0	1,25
11	39,9	9,0	33,0	40,0	45,0	56,0	18,0	80,0	1,30
12	45,1	10,0	38,0	45,0	50,0	61,0	22,0	95,0	1,44
13	50,3	10,0	44,0	49,0	55,0	69,0	32,0	100,0	1,36
14	51,8	8,6	46,0	50,0	57,0	66,0	32,0	82,0	1,28
15	54,0	9,3	48,0	52,0	58,0	73,0	36,0	90,0	1,45
16	55,7	11,0	49,0	54,0	58,5	77,0	40,0	110,0	1,36
17	57,0	9,3	50,0	55,0	60,0	75,0	40,0	103,0	1,35
18	56,3	9,4	50,0	55,0	60,0	73,0	38,0	98,0	1,19
19	58,7	10,9	52,0	56,0	63,0	80,0	39,0	110,0	1,05
[20;24]	58,7	10,7	52,0	57,0	63,0	80,0	30,0	122,0	5,30
[25;29]	60,9	11,6	53,0	59,0	66,0	84,0	38,0	125,0	5,18
[30;34]	61,8	11,8	54,0	60,0	68,0	85,0	40,0	133,0	6,59
[35;39]	62,3	11,7	54,0	60,0	68,0	85,0	40,0	130,0	7,61
[40;44]	63,1	12,5	55,0	60,0	69,0	87,0	38,0	150,0	7,59
[45;49]	63,8	13,0	55,0	61,5	70,0	89,0	30,0	140,0	7,65
[50;54]	64,8	12,5	56,0	62,0	72,0	88,0	40,0	131,0	7,23
[55;59]	66,1	13,0	57,0	64,0	73,0	90,0	33,0	140,0	5,90
[60;64]	66,1	12,4	58,0	64,0	73,0	90,0	41,0	124,0	4,82
[65;69]	66,8	12,5	59,0	65,0	75,0	89,0	34,0	130,0	4,74
[70;74]	65,9	12,4	57,0	65,0	74,0	89,0	37,0	128,0	4,46
[75;79]	65,2	12,4	56,0	64,0	72,0	88,0	37,0	110,0	3,48
[80;84]	62,3	11,6	55,0	60,0	70,0	84,0	37,0	98,0	2,39
[85 et +]	57,6	10,9	50,0	56,0	65,0	76,0	30,0	95,0	1,26

Source : enquête décennale santé Insee 2002/2003 (n= 17 934)

\* Les pondérations tiennent compte de la structure d'âge dans l'échantillon :

$$P_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^k n_i}, \text{ k est le nombre de classes d'âge, } n_i \text{ l'effectif de la classe d'âge } i$$

**Tableau 4 – Statistiques descriptives de la masse corporelle déclarée des hommes (en kilogrammes)**

Classe d'âge (années)	Moyenne	Ecart-type	p25	p50	p75	p95	Min	Max	P (en %)
0	7,8	2,1	6,0	8,0	9,0	11,0	3,0	14,0	1,24
1	11,7	1,6	11,0	12,0	13,0	15,0	7,0	16,0	1,34
2	13,7	1,7	13,0	14,0	15,0	17,0	10,0	19,0	1,42
3	15,6	2,2	14,0	15,0	17,0	19,0	9,0	26,0	1,45
4	18,1	2,9	16,0	18,0	20,0	22,0	12,0	30,0	1,46
5	20,6	4,2	18,0	20,0	22,0	28,0	12,0	42,0	1,38
6	22,8	4,0	20,0	22,0	25,0	30,0	13,0	35,0	1,49
7	25,7	4,5	22,0	25,0	28,0	34,0	16,0	42,0	1,40
8	28,9	5,5	25,0	28,0	32,0	40,0	16,0	49,0	1,33
9	32,0	6,0	28,0	31,0	35,0	42,0	19,0	60,0	1,43
10	35,2	7,6	30,0	34,0	39,0	50,0	20,0	65,0	1,46
11	40,1	8,8	34,0	38,0	45,0	58,0	25,0	72,0	1,57
12	44,8	10,3	37,0	44,0	52,0	64,0	26,0	78,0	1,55
13	48,9	10,8	42,0	48,0	55,0	69,0	25,0	103,0	1,78
14	56,6	12,5	49,0	55,0	64,0	80,0	30,0	106,0	1,53
15	61,5	11,7	55,0	61,0	67,5	82,0	28,0	108,0	1,52
16	64,8	9,6	58,0	65,0	70,0	83,0	38,0	100,0	1,73
17	66,8	10,0	60,0	65,0	72,0	85,0	46,0	110,0	1,48
18	68,7	10,5	60,0	68,0	75,0	90,0	40,0	100,0	1,40
19	69,7	14,0	62,5	68,0	74,0	90,0	36,0	180,0	1,02
[20;24]	71,2	11,1	64,0	70,0	77,0	92,0	43,0	120,0	5,65
[25;29]	75,0	12,2	67,0	74,0	81,0	96,0	42,0	143,0	5,62
[30;34]	77,0	12,8	69,0	75,0	83,0	100,0	45,0	180,0	6,65
[35;39]	77,3	12,5	70,0	76,0	84,0	100,0	47,0	145,0	7,15
[40;44]	78,2	12,0	70,0	76,0	85,0	100,0	48,0	150,0	7,68
[45;49]	79,4	12,6	70,0	78,0	86,0	103,0	47,0	143,0	6,91
[50;54]	79,8	12,8	70,0	78,0	87,0	101,0	42,0	147,0	7,65
[55;59]	79,9	12,6	72,0	79,0	87,0	102,0	45,0	135,0	5,75
[60;64]	79,0	12,0	70,0	78,0	85,0	100,0	53,0	135,0	4,40
[65;69]	78,7	11,7	70,0	78,0	86,0	99,0	42,0	130,0	4,44
[70;74]	78,4	11,7	70,0	78,0	85,0	100,0	52,0	130,0	3,84
[75;79]	76,3	11,6	69,0	75,0	83,0	96,0	43,0	122,0	2,77
[80;84]	75,1	11,8	68,0	75,0	82,0	93,0	46,0	130,0	1,71
[85 et +]	69,9	11,1	63,0	70,0	78,0	88,0	40,0	100,0	0,80

Source : enquête décennale santé Insee 2002/2003 (n= 16 806)

Tableau 5 – Statistiques descriptives de la masse corporelle déclarée (hommes + femmes) (en kilogrammes)

Classe d'âge (années)	Moyenne	Ecart-type	p25	p50	p75	p95	Min	Max	P (en %)
0	7,6	2,0	6,0	8,0	9,0	10,0	3,0	14,0	1,21
1	11,2	1,6	10,0	11,0	12,0	14,0	7,0	16,0	1,33
2	13,6	2,1	12,0	13,0	15,0	17,0	8,0	25,0	1,40
3	15,5	2,3	14,0	15,0	17,0	20,0	9,0	29,0	1,39
4	17,8	2,8	16,0	17,0	20,0	22,0	12,0	30,0	1,37
5	20,1	3,8	18,0	20,0	22,0	27,0	11,0	42,0	1,29
6	22,6	4,0	20,0	22,0	25,0	30,0	13,0	40,0	1,40
7	25,3	4,5	22,0	25,0	28,0	34,0	15,0	42,0	1,30
8	28,8	5,7	25,0	28,0	32,0	40,0	16,0	60,0	1,26
9	32,1	6,5	28,0	31,0	35,0	44,0	19,0	62,0	1,38
10	34,8	7,4	30,0	33,0	39,0	49,0	20,0	65,0	1,35
11	40,0	8,9	34,0	39,0	45,0	58,0	18,0	80,0	1,43
12	44,9	10,1	38,0	44,0	50,5	63,0	22,0	95,0	1,50
13	49,5	10,5	42,0	48,0	55,0	69,0	25,0	103,0	1,56
14	54,3	11,1	47,0	53,0	60,0	75,0	30,0	106,0	1,40
15	57,7	11,2	50,0	56,0	64,0	80,0	28,0	108,0	1,49
16	60,7	11,2	52,0	59,0	67,0	82,0	38,0	110,0	1,54
17	62,0	10,8	54,0	60,0	68,0	83,0	40,0	110,0	1,41
18	62,8	11,7	55,0	61,0	70,0	85,0	38,0	100,0	1,29
19	63,9	13,6	55,0	62,0	70,0	87,0	36,0	180,0	1,04
[20;24]	65,0	12,6	56,0	64,0	72,0	88,0	30,0	122,0	5,47
[25;29]	68,0	13,8	58,0	67,0	76,0	92,0	38,0	143,0	5,39
[30;34]	69,2	14,4	59,0	68,0	78,0	95,0	40,0	180,0	6,62
[35;39]	69,3	14,2	59,0	68,0	78,0	95,0	40,0	145,0	7,39
[40;44]	70,4	14,4	60,0	70,0	80,0	95,0	38,0	150,0	7,64
[45;49]	70,9	15,0	60,0	70,0	80,0	98,0	30,0	143,0	7,29
[50;54]	72,3	14,7	61,0	71,0	81,0	98,0	40,0	147,0	7,43
[55;59]	72,7	14,5	62,0	72,0	82,0	98,0	33,0	140,0	5,83
[60;64]	72,1	13,8	62,0	70,0	80,0	95,0	41,0	135,0	4,62
[65;69]	72,4	13,5	63,0	72,0	80,0	95,0	34,0	130,0	4,59
[70;74]	71,5	13,6	62,0	70,0	80,0	95,0	37,0	130,0	4,16
[75;79]	70,0	13,3	60,0	70,0	78,0	94,0	37,0	122,0	3,13
[80;84]	67,4	13,2	58,0	67,0	76,0	89,0	37,0	130,0	2,06
[85 et +]	62,2	12,5	53,0	62,0	70,0	85,0	30,0	100,0	1,04

Source : enquête décennale santé Insee 2002/2003 (n= 34 740)

### Calcul des statistiques pour d'autres classes d'âge

Le calcul de la moyenne et de la variance d'une classe d'âge qui n'apparaît pas dans les tableaux ci-dessus, par exemple réunissant plusieurs classes d'âge, peut se faire de la façon suivante :

Pour la moyenne, calcul d'une moyenne pondérée :  $\bar{x} = \bar{x}_1 \times P_1 + \dots + \bar{x}_k \times P_k$

$\bar{x}$  est la moyenne pondérée des classes d'âge réunies

$\bar{x}_k$  est la moyenne de la classe d'âge k

$P_k$  est la pondération calculée pour la classe d'âge k

Pour la variance, il faut tenir compte de la formule de décomposition de la variance en variance intra et interclasses :  $\text{var}(x) = [p_1 v(x_1) + \dots + p_k v(x_k)] + [p_1 (\bar{x}_1 - \bar{x})^2 + \dots + p_k (\bar{x}_k - \bar{x})^2]$

$\text{var}(x)$  est la variance des classes d'âge réunies,  $v(x_k)$  la variance de la classe d'âge k.

**Tableau 6 – Distributions de probabilités théorique de la masse corporelle déclarée des hommes selon l'âge**

Classe d'âge (années)	Loi		Paramètres	
	Normale	$\mu$	$\sigma$	
	Gauss inverse	$\mu$	$\lambda$	$\theta$
	Log Normale	$\mu_{\ln x}$	$\sigma_{\ln x}$	$\theta$
0	Log Normale	4,491	0,023	-81,433
1	Log Normale	3,973	0,031	-41,471
2	Log Normale	2,418	0,153	2,338
3	Log Normale	3,968	0,039	-37,371
4	Log Normale	2,684	0,172	2,997
5	Log Normale	2,544	0,275	7,188
6	Log Normale	2,917	0,208	3,879
7	Log Normale	2,855	0,25	7,741
8	Log Normale	3,066	0,238	6,695
9	Log Normale	3,229	0,211	5,958
10	Log Normale	3,102	0,303	11,816
11	Log Normale	2,953	0,395	19,148
12	Log Normale	3,407	0,324	13,028
13	Log Normale	4,055	0,167	-10,091
14	Log Normale	3,675	0,295	15,366
15	Log Normale	4,413	0,133	-21,771
16	Log Normale	4,071	0,159	5,443
17	Log Normale	3,907	0,187	15,992
18	Log Normale	4,196	0,154	1,495
19	Log Normale	3,919	0,207	17,754
[20;24]	Log Normale	3,78	0,239	26,088
[25;29]	Log Normale	3,898	0,231	24,302
[30;34]	Log Normale	3,889	0,236	26,553
[35;39]	Log Normale	4,006	0,215	21,053
[40;44]	Log Normale	3,986	0,212	23,075
[45;49]	Log Normale	4,126	0,195	16,217
[50;54]	Log Normale	4,403	0,151	-2,89
[55;59]	Log Normale	4,235	0,174	9,791
[60;64]	Log Normale	4,066	0,198	19,57
[65;69]	Log Normale	4,609	0,115	-22,296
[70;74]	Log Normale	4,358	0,143	-0,698
[75;79]	Gauss inverse	132,826	18451,082	-56,679
[80;84]	Gauss inverse	144,685	26556,794	-70,097
[84 et plus]	Normale	70,142	10,826	

Note : Ces distributions de probabilité peuvent être générées en utilisant Excel, @Risk ou d'autres logiciels. A titre d'exemple, sous Excel : LOI.LOGNORMALE.INVERSE(ALEA()); $\mu_{\ln x}; \sigma_{\ln x}$ ) +  $\theta$ , ou @Risk : RiskLognorm2( $\mu_{\ln x}; \sigma_{\ln x}; RiskShift(\theta)$ ).

Tableau 7 – Distributions de probabilités théorique de la masse corporelle déclarée des femmes selon l'âge

Classe d'âge (années)	Loi	Paramètres		
	Bêta Générale Log Normale	a1 a2 $\mu_{\ln x}$	$\sigma_{\ln x}$	min max $\theta$
0	Log Normale	4,117	0,03	-54,069
1	Log Normale	2,367	0,141	0,056
2	Log Normale	1,876	0,29	6,443
3	Log Normale	2,237	0,235	5,792
4	Log Normale	2,561	0,193	4,324
5	Log Normale	2,995	0,163	-0,649
6	Log Normale	2,795	0,227	5,456
7	Log Normale	2,783	0,249	8,194
8	Log Normale	3,367	0,187	-0,986
9	Log Normale	3,303	0,217	3,957
10	Log Normale	3,253	0,238	7,304
11	Log Normale	4,008	0,154	-16,007
12	Log Normale	4,363	0,111	-34,445
13	Log Normale	3,645	0,214	10,351
14	Log Normale	3,993	0,145	-3,356
15	Log Normale	3,353	0,272	23,804
16	Log Normale	3,192	0,327	29,059
17	Log Normale	3,115	0,33	32,734
18	Log Normale	3,635	0,2	16,944
19	Log Normale	3,327	0,333	28,973
[20;24]	Log Normale	3,276	0,345	30,526
[25;29]	Log Normale	3,315	0,365	31,425
[30;34]	Log Normale	3,367	0,355	30,802
[35;39]	Log Normale	3,416	0,344	29,966
[40;44]	Log Normale	3,456	0,35	29,311
[45;49]	Log Normale	3,571	0,326	26,2
[50;54]	Log Normale	3,593	0,308	26,468
[55;59]	Log Normale	3,787	0,27	20,224
[60;64]	Log Normale	3,712	0,281	23,486
[65;69]	Log Normale	4,476	0,138	-22,06
[70;74]	Log Normale	4,046	0,207	7,385
[75;79]	Log Normale	4,082	0,198	4,576
[80;84]	Log Normale	4,203	0,17	-5,568
[84 et plus]	Bêta Générale	11,364		12,924
		22,658		146,07

Note : Ces distributions de probabilité peuvent être générées en utilisant Excel, @Risk ou d'autres logiciels. A titre d'exemple, sous Excel :  $LOI.LOGNORMALE.INVERSE(ALEA(); \mu_{\ln x}; \sigma_{\ln x}) + \theta$ , ou @Risk :  $RiskLognorm2(\mu_{\ln x}; \sigma_{\ln x}; RiskShift(\theta))$ .

## Générer une distribution pour un adulte ou pour d'autres classes d'âge

Bien que la distribution de la masse corporelle soit fonction du sexe, en tout cas pour les adultes, il semble nécessaire, pour l'EQRS, de renseigner ces distributions pour un adulte quelque soit le sexe. Il est proposé de combiner les résultats des tableaux 4 et 5 pour produire une telle distribution. Par exemple, pour générer la distribution (10 000 itérations) d'un adulte âgé entre 20 et 24 ans, on procède de la façon suivante :

- générer 5000 itérations dans la distribution des femmes âgées entre 20 et 24 ans ;
- générer 5000 itérations dans la distribution des hommes âgés entre 20 et 24 ans ;
- combiner les deux échantillons.

On peut également rééchantillonner des valeurs de la distribution combinée.

Faire la même chose pour générer une distribution d'une classe d'âge qui n'apparaît pas dans le tableau, par exemple 0-6 ans quelque soit le sexe. Calculer le poids de chaque classe d'âge et le ventiler sur les 10 000 itérations :

Classe d'âge (années)	Effectif hommes	Effectif femmes	Total	% Hommes	% Femmes	Hommes	Femmes
0	208	212	420	12,7	13,1	637	648
1	225	239	464	13,7	14,7	689	731
2	239	246	485	14,5	15,2	732	753
3	244	240	484	14,9	14,8	747	736
4	245	231	476	14,9	14,3	751	709
5	232	217	449	14,1	13,4	711	665
6	250	237	487	15,2	14,6	766	725
<b>Total</b>	<b>1 643</b>	<b>1 621</b>	<b>3 264</b>			<b>5 033</b>	<b>4 967</b>
<b>Pourcentage cumulé (%)</b>	<b>50,3</b>	<b>49,7</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>		

## Annexe 2 – Budget espace-temps : données détaillées

Tableau 8 – Caractéristiques de la population

	Effectif	Pourcentage pondéré (%)	Ecart-type du pourcentage
<b>Sexe</b>			
Hommes	669	48,0	1,7
Femmes	706	52,1	1,7
<b>Classe d'âge (années)</b>			
[0;4]	80	5,4	1,0
[5;9]	115	7,8	1,1
[10;14]	114	5,3	1,0
[15;19]	107	5,8	0,8
[20;29]	154	13,0	1,7
[30;39]	184	14,0	1,4
[40;49]	242	15,9	1,3
[50;59]	195	13,5	2,0
[60 et +]	184	19,4	2,6
<b>Occupation actuelle</b>			
Exercent une profession	595	42,4	2,2
Chômeurs	53	4,5	0,9
Etudiants	397	23,4	2,1
Retraités	206	21,0	2,6
Au foyer / Inactifs	124	8,7	1,3
<b>Structure des ménages</b>			
Personne seule	94	14,7	2,9
Familles monoparentales	109	9,4	2,3
Couples	1167	75,5	3,3
Autres ménages sans famille	5	0,4	0,3
<b>Grandes régions</b>			
Région parisienne	305	19,2	3,0
Bassin parisien	274	24,2	5,2
Nord	108	8,6	5,1
Est	83	6,3	5,3
Ouest	177	11,1	2,8
Sud-Ouest	115	10,3	1,8
Centre-Est	218	11,9	4,0
Méditerranée	95	8,4	3,3

*Tableau 9 – Distribution du budget espace-temps pour les hommes et femmes en fonction des classes d'âge et des occupations professionnelles (en heures par jour, lissé sur la semaine)*

		Moyenne arithmétique	Ecart-type	p25	p50	p75	p95
<b>Ensemble de la population</b>		16,2	0,2	13,7	16,7	20	23,6
Hommes		15,2	0,3	12,7	15,7	19	23
Femmes		17,0	0,2	14,5	17,7	20,8	24
<b>Classe d'âge (années)</b>							
Hommes	[0;4]	17,2	0,6	15,4	18,0	20,5	23,4
	[5;9]	14,1	1,3	13,0	15,2	17,7	22,0
	[10;14]	15,7	0,5	14,0	15,8	18,5	22,6
	[15;19]	14,4	1,1	11,9	14,9	17,9	22,2
	[20;29]	14,6	0,7	12,0	15,0	18,5	23,1
	[30;39]	14,3	0,6	12,0	14,4	17,7	22,0
	[40;49]	15,1	0,5	12,2	14,5	19,0	23,0
	[50;59]	14,4	0,6	12,5	14,6	17,5	22,0
	[60 et +]	17,1	0,9	15,6	18,1	21,0	23,3
Femmes	[0;4]	17,8	0,8	15,5	17,8	21,3	24,0
	[5;9]	16,2	0,5	14,5	16,2	18,4	22,5
	[10;14]	15,1	0,8	13,6	15,5	18,5	23,7
	[15;19]	14,7	0,7	12,0	15,0	18,4	23,5
	[20;29]	15,2	0,9	13,0	15,8	20,0	24,0
	[30;39]	17,2	0,4	14,5	17,2	20,7	24,0
	[40;49]	17,0	0,4	14,0	17,4	20,5	23,7
	[50;59]	17,1	0,6	14,6	17,7	20,5	23,5
	[60 et +]	19,2	0,3	17,6	20,0	22,0	24,0
<b>Occupation actuelle</b>							
<b>Exercent une profession</b>		15,2	0,3	12,5	15	18,8	23
Etudiants		15,3	0,4	13,5	15,7	18,5	23
Chômeurs		16,8	1,2	15,3	18,1	20,9	23,3
Retraités		18,3	0,4	16,5	19	21,5	24
<b>Au foyer / Inactifs</b>		18,1	0,4	16,2	19	21,3	24

**Tableau 10 – Temps à l'intérieur du logement en fonction des variables temporelles (en heures par jour)**

	Moyenne arithmétique	Ecart-type	p25	p50	p75	p95
<b>Jours de la semaine</b>						
Lundi	16,1	0,3	13,7	16,1	19,8	23,4
Mardi	15,9	0,3	13,5	15,9	19,5	23,3
Mercredi	16,5	0,3	13,8	16,8	20,1	23,3
Jeudi	16,1	0,3	13,4	16,2	19,8	23,3
Vendredi	15,7	0,3	13,0	15,9	19,5	23,1
Samedi	16,3	0,4	14,0	17,3	20,5	23,8
Dimanche	16,6	0,3	14,4	17,8	20,9	24,0
<b>Type du jour</b>						
Jours ouvrés	16,1	0,2	13,5	16,2	19,8	23,3
Week-end	16,4	0,3	14,1	17,5	20,7	24,0
Sans distinction	16,2	0,2	13,7	16,7	20	23,6
<b>Saison</b>						
Automne	16,4	0,2	13,7	16,8	20,2	23,5
Été	15,7	0,4	13,0	15,9	19,3	23,3
Hiver	16,9	0,4	14,5	17,6	20,5	23,8
Printemps	15,9	0,4	13,5	16,5	20,0	23,6

Min=0, max=24h, été=juin-août, hiver=décembre-février, printemps=mars-mai, automne=septembre-novembre.

**Tableau 11 – Temps passé à l'intérieur du logement en fonction de la zone d'études et d'aménagement du territoire et de la saison (en heures par jour)**

	Grandes régions	Moyenne	Ecart-type	p25	p50	p75	p95
<b>Été</b>	Région parisienne	15,8	0,6	12,8	16,2	20,1	23,7
	Bassin parisien	15,7	0,7	13,0	16,0	19,0	23,0
	Nord	17,5	0,4	15,5	17,1	20,3	24,0
	Est	16,4	0,8	13,8	16,1	18,5	23,6
	Ouest	14,9	0,7	12,7	15,3	18,7	22,8
	Sud-Ouest	15,7	0,2	13,0	16,5	20,0	23,2
	Centre-Est	15,4	1,0	13,0	15,8	20,3	24,0
	Méditerranée	15,3	1,3	13,2	16,0	18,8	22,1
<b>Hiver</b>	Région parisienne	16,7	0,6	14,0	17,0	20,5	23,7
	Bassin parisien	16,3	0,4	13,7	16,7	20,3	23,2
	Nord	17,9	1,3	15,3	18,5	21,0	24,0
	Est	16,8	0,9	13,8	17,3	20,5	24,0
	Ouest	16,4	1,3	14,7	17,3	20,3	24,0
	Sud-Ouest	17,4	0,2	14,8	18,0	20,3	23,8
	Centre-Est	15,3	0,5	13,2	16,0	19,0	23,5
	Méditerranée	17,7	1,0	15,5	18,3	20,5	22,8

Min=0, max=24h, été= mars-août, hiver= septembre-février

*Tableau 12 – Temps passé dans les principales pièces du logement (résultats pondérés) (en heures par jour)*

Pièce	Moyenne arithmétique	Ecart-type	P25	P50	P75	P95	Max
Chambre	9,2	0,1	8,0	9,3	11,0	14,7	24,0
Séjour/Salon	2,9	0,2	0,0	2,2	4,5	9,2	22,3
Cuisine	2,7	0,1	0,8	2,0	3,7	8,3	22,8
Salle de Bain	0,6	0,0	0,3	0,5	0,8	1,5	11,2
Garage attenant	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	10,0
Autres pièces	0,7	0,1	0,0	0,0	0,8	3,5	14,0
Intérieur	16,2	0,2	13,7	16,7	20,0	23,6	24,0
Hors logement	7,8	0,2	4,0	7,3	10,3	19,5	24,0

Min=0

*Tableau 13 – Temps passé par pièce du logement en fonction de l'âge (résultats pondérés) (en heures par jour)*

Classe d'âge (années)	Chambre	Séjour/Salon	Cuisine	Hors du logement
[0;4]	11,4	2,8	2,1	6,6
[5;9]	10,4	2,1	1,6	8,8
[10;14]	10,8	1,5	1,9	8,5
[15;19]	9,4	2,0	1,6	9,4
[20;29]	8,8	3,3	1,9	9,1
[30;39]	8,6	3,0	2,9	8,3
[40;49]	8,6	2,9	3,1	7,8
[50;59]	8,5	2,7	3,0	8,2
[60 et +]	9,2	3,6	3,8	5,7

### Annexe 3 – Consommation d'eau du robinet : données détaillées

Tableau 14 – Consommation hebdomadaire moyenne en litres de boisson selon la consommation ou non d'eau du robinet non chauffée (en litres par semaine)

	Effectif	Eau du robinet	Thé, café	Eau embouteillée	Boissons alcoolisées	Jus de fruit, sodas	Total
Consommateur	1262	2,7	1,5	1,3	0,7	0,8	7,0
Non-consommateur	547	0	1,8	3,3	1,3	0,8	7,2
Ensemble	1809	1,9	1,6	1,9	0,9	0,8	7,1

Tableau 15 – Consommation hebdomadaire moyenne en litres de boisson selon la consommation ou non d'eau du robinet (non chauffée et chauffée) (en litres par semaine)

	Effectif	Eau du robinet (non chauffée et chauffée)	Eau embouteillée	Boissons alcoolisées	Jus de fruit, sodas	Total
Consommateur	1708	3.6	1.8	0,9	0,8	7,1
NC*	101	0	3.4	0.4	1.8	5.6
Ensemble	1809	1,9	1,9	0,9	0,8	7,1

\*NC : Non-consommateur

**Tableau 16 – Consommation hebdomadaire moyenne en litres d'eau du robinet non chauffée dans les trois inter-régions de l'enquête Inca-1 (en litres par semaine)**

Classe d'âge (années)		[4;14]	[15;39]	[40;64]	[65 et +]	TOTAL
<b>Inter-région à faible consommation (régions Ouest et Nord)</b>						
Hommes	Effectif	35	55	49	21	160
	NC* (en %)	37	36	59	(76)	49
	Moyenne	1,8	3,3	1,7	2,8	2,5
	p50	1,4	2,0	1,7	1,8	1,7
	p95	5,8	7,4	6,5	6,9	6,8
	p99	9,2	11,4	10,2	10,8	10,6
Femmes	Effectif	35	79	49	33	196
	NC* (en %)	20	33	49	70	41
	Moyenne	2,0	2,1	2,4	1,8	2,1
	p50	1,2	1,7	1,4	1,6	1,5
	p95	5,2	6,7	5,9	6,3	6,2
	p99	8,4	10,5	9,3	9,9	9,8
TOTAL	Effectif	70	134	98	54	356
	NC* (en %)	29	34	54	72	44
	Moyenne	1,9	2,6	2,1	2,1	2,3
	p50	1,3	1,8	1,5	1,7	1,6
	p95	5,5	7,0	6,2	6,6	6,4
	p99	8,8	10,9	9,7	10,3	10,1
<b>Inter-région à consommation moyenne (régions parisienne, bassin parisien Est et Ouest, région Est, Méditerranée)</b>						
Hommes	Effectif	94	180	152	63	489
	NC* (en %)	18	27	40	56	33
	Moyenne	2,1	2,9	2,9	3,0	2,8
	p50	1,6	2,3	1,9	2,1	2,0
	p95	6,4	8,2	7,2	7,7	7,5
	p99	10,1	12,4	11,1	11,8	11,6
Femmes	Effectif	96	234	153	75	558
	NC* (en %)	16	26	29	41	27
	Moyenne	1,9	2,7	2,3	2,6	2,4
	p50	1,4	2,0	1,7	1,8	1,8
	p95	5,8	7,4	6,5	7,0	6,9
	p99	9,2	11,5	10,2	10,8	10,7
TOTAL	Effectif	190	414	305	138	1 047
	NC* (en %)	17	26	34	48	30
	Moyenne	2,0	2,8	2,6	2,8	2,6
	p50	1,5	2,1	1,8	2,0	1,9
	p95	6,1	7,8	6,8	7,3	7,2
	p99	9,6	11,9	10,7	11,3	11,1
<b>Inter-région à forte consommation (régions Sud-Ouest et Sud-Est)</b>						
Hommes	Effectif	37	74	50	28	189
	NC* (en %)	8	16	26	43	21
	Moyenne	2,5	3,7	3,1	3,6	3,3
	p50	2,2	3,0	2,6	2,8	2,7
	p95	7,9	9,9	8,8	9,4	9,2
	p99	12,1	14,8	13,3	14,1	13,9
Femmes	Effectif	38	90	64	25	217
	NC* (en %)	11	14	20	32	18

	<b>Moyenne</b>	2,7	3,5	3,0	3,0	3,1
	<b>p50</b>	1,9	2,7	2,3	2,5	2,4
	<b>p95</b>	7,2	9,1	8,1	8,6	8,5
	<b>p99</b>	11,1	13,7	12,3	13,0	12,9
<b>TOTAL</b>	<b>Effectif</b>	75	164	114	53	406
	<b>NC* (en %)</b>	9	15	23	38	19
	<b>Moyenne</b>	2,6	3,6	3,0	3,3	3,2
	<b>p50</b>	2,1	2,8	2,4	2,6	2,5
	<b>p95</b>	7,6	9,5	8,4	8,9	8,8
	<b>p99</b>	11,7	14,2	12,8	13,5	13,3

---

*\*NC : Non-consommateur*

**Tableau 17 – Consommation hebdomadaire moyenne en litres d'eau du robinet non chauffée en France  
(en litres par semaine)**

Classe d'âge (années)		[4;14]	[15;39]	[40;64]	[65 et +]	TOTAL
<b>Hommes</b>	<b>Effectif</b>	166	309	251	112	838
	<b>NC (en %)</b>	20	26	41	56	33
	<b>Moyenne</b>	2,2	3,2	2,8	3,2	2,8
	<b>p50</b>	1,7	2,4	2,1	2,3	2,1
	<b>p95</b>	6,8	8,6	7,6	8,2	7,9
	<b>p99</b>	10,6	13,1	11,8	12,5	12,2
<b>Femmes</b>	<b>Effectif</b>	169	403	266	133	971
	<b>NC (en %)</b>	15	25	30	47	28
	<b>Moyenne</b>	2,1	2,8	2,5	2,6	2,6
	<b>p50</b>	1,5	2,1	1,8	2,0	1,9
	<b>p95</b>	6,1	7,8	6,9	7,4	7,2
	<b>p99</b>	9,7	12,0	10,8	11,5	11,3
<b>TOTAL</b>	<b>Effectif</b>	335	712	517	245	1 809
	<b>NC (en %)</b>	18	25	36	51	30
	<b>Moyenne</b>	2,1	3,0	2,6	2,8	2,7
	<b>p50</b>	1,6	2,3	1,9	2,1	2,0
	<b>p95</b>	6,4	8,2	7,2	7,7	7,5
	<b>p99</b>	10,1	12,5	11,2	11,9	11,7

*\*NC : Non-consommateur*

**Tableau 18 – Consommation hebdomadaire totale en litres (chauffée + non chauffée) d'eau du robinet par région et par classe d'âge (en litres par semaine)**

Classe d'âge (années)	[4;14]	[15;39]	[40;64]	[65 et +]	TOTAL
<b>Inter-région à faible consommation (régions Ouest et Nord)</b>					
Effectif	70	134	98	54	356
NC (en %)	27 %	9 %	0 %	0 %	9 %
Moyenne	2,0	3,4	3,3	2,8	3,1
p50	1,4	2,7	3,0	2,2	2,4
p95	5,5	8,5	9,1	7,4	8,3
p99	8,5	12,4	13,3	11,0	12,3
<b>Inter-région à consommation moyenne</b>					
Effectif	190	414	305	138	1 047
NC (en %)	14 %	6 %	2 %	2 %	5 %
Moyenne	2,1	3,8	4,3	3,2	3,6
p50	1,7	3,1	3,4	2,5	2,8
p95	6,1	9,3	10,0	8,1	9,1
p99	9,3	13,5	14,4	12,0	13,3
<b>Inter-région à forte consommation (régions Sud-Ouest et Sud-Est)</b>					
Effectif	75	164	114	53	406
NC (en %)	8 %	3 %	0 %	0 %	3 %
Moyenne	2,7	4,7	4,7	3,9	4,2
p50	2,2	3,9	4,3	3,3	3,6
p95	7,4	11,1	11,8	9,8	10,8
p99	11,1	15,7	16,7	14,1	15,5
<b>France entière</b>					
Effectif	335	712	517	245	1 809
NC (en %)	15 %	6 %	1 %	1 %	6 %
Moyenne	2,2	4,0	4,2	3,3	3,6
p50	1,7	3,2	3,5	2,6	2,9
p95	6,4	9,6	10,3	8,4	9,4
p99	9,7	14,0	14,9	12,4	13,8

## Annexe 4 – Ingestion de terres chez les enfants : données détaillées

**Tableau 19 – Distribution annuelle des percentiles moyens estimés et écart-types de la quantité de terre et poussières ingérées fournis dans l'étude de Stanek et al. (2001) (en milligrammes par jour)**

Percentile	Quantité de terre et poussière ingérées	Ecart-type	Percentile	Quantité de terre et poussières ingérées	Ecart-type
Max	137	+ infini	-	24	4,0
p99	137	28,6	p49	24	3,9
p98	113	20,0	p48	24	3,8
p96	100	19,9	p46	23	4,0
p95	91	16,6	p45	22	3,8
p93	86	12,9	p43	22	3,7
p91	79	11,4	p41	21	3,7
p90	75	10,7	p40	21	3,5
p88	71	11,7	p38	20	3,3
p87	68	12,1	p37	19	3,6
p85	65	11,3	p35	19	3,8
p84	60	11,5	p34	18	3,8
p82	58	11,0	p32	17	4,4
p80	53	9,7	p30	16	4,2
p79	50	9,8	p29	15	4,4
p77	48	7,4	p27	14	3,5
p76	43	8,1	p26	12	3,0
p74	40	6,9	p24	11	3,0
p73	39	6,4	p23	10	2,9
p71	37	6,1	p21	9	2,9
p70	35	4,8	p20	8	3,1
p68	34	4,5	p18	7	3,3
p66	33	4,5	p16	5	3,4
p65	32	4,0	p15	4	3,0
p63	31	3,9	p13	3	2,2
p62	30	3,6	p12	2	2,4
p60	29	3,3	p10	0	3,0
p59	29	3,7	p9	-2	4,9
p57	27	4,5	p7	-5	5,9
p55	27	4,1	p5	-8	5,6
p54	26	3,9	p4	-20	15,2
p52	25	4,0	p2	-45	11,7
p51	25	4,0	p1		
p50	24	4,0			

## Synthèse des travaux du Département santé environnement de l'Institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition

L'estimation de l'exposition d'une population à un agent donné en évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) nécessite de disposer de "variables humaines d'exposition" (VHE) qui permettent de tenir compte, autant que faire se peut, des caractéristiques individuelles de la population concernée. Les VHE visent à décrire les variables anthropométriques et physiologiques ainsi que les comportements et les habitudes locales d'une population étudiée.

Depuis 2002, le Département santé environnement (DSE) de l'Institut de veille sanitaire a contribué à renseigner un certain nombre de VHE : la masse corporelle, le budget espace-temps, la consommation d'eau du robinet et la quantité de terre et poussières ingérées par les enfants.

Ces VHE ont été construites à partir de données issues des travaux de différents organismes français (Agence française de sécurité sanitaire des aliments, Institut national de la statistique et des études économiques) ou sont le résultat de synthèses bibliographiques. Certaines de ces variables présentent l'intérêt de pouvoir être utilisées à des fins d'estimation de l'exposition de la population française dans le cadre des EQRS en approche déterministe ou, pour certaines d'entre elles, en approche probabiliste, en proposant des distributions de probabilités associées.

Le DSE a souhaité apporter davantage de visibilité à ces VHE en rassemblant dans un document synthétique l'ensemble de ses travaux menés dans le domaine. Cette synthèse rappelle brièvement le contexte de l'étude ayant conduit à la construction de la VHE, la méthode utilisée, les études sources retenues ainsi que les points forts et limites identifiés pour chacun des jeux de données proposés.

**Mots clés :** variables humaines d'exposition ; évaluation quantitative des risques sanitaires ; masse corporelle ; budget espace-temps ; consommation d'eau ; ingestion de terres et poussières

## French human exposure factors: a summary of studies conducted by the French Institute for Public Health Surveillance between 2002-2012

*Health risk assessment requests various factors that help determine the exposure of a population to an environmental agent. Human exposure factors are statistical data related to human anthropometric and physiological characteristics as well as behavioural factors that define dietary or non-dietary intakes, time, frequency, and duration of exposure.*

*Since 2002, the Environmental and Health Department (DSE) of the French Institute for Public Health Surveillance (InVS) has contributed to the development of various exposure factors that are representative of the French population: body weight, activity patterns (time spent indoors in residence), tap water consumption and soil and dust ingestion's data applicable for children.*

*These factors are based on key studies conducted by French Agencies (Anses, Insee) or have been compiled from various sources, including international scientific literature. DSE conducted additional analysis of published raw data to present results in a way that could be useful to French exposure assessors and in particular for a probabilistic health risk assessment approach.*

*DSE has decided to publish a comprehensive document that provides a summary of the VHE proposed by InVS. This "memorandum" presents the key studies and the methodological approach used and discusses the principal issues related to the results that assessors should consider in deciding how to use these data.*

Citation suggérée :

Dereumeaux C, Kairo C, Zeghnoun A. Synthèse des travaux du Département santé environnement de l'Institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2012. 29 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>

### INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE

12 rue du Val d'Osne

94415 Saint-Maurice Cedex France

Tél. : 33 (0)1 41 79 67 00

Fax : 33 (0)1 41 79 67 67

[www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)

ISSN : 1958-9719

ISBN-NET : 978-2-11-129601-5

Réalisé par Service communication - InV

Dépôt légal : juillet 2012