

ÉTUDE DE VALIDATION D'UN CARNET DE CONSOMMATION ALIMENTAIRE DE 7 JOURS POUR L'ENQUÊTE INCA 2 – ENNS

Lionel Lafay^(*), *Louise Mennen*^(***), *Marie Anne Six*^(**),
Gloria Calamassi-Tran^(*), *Serge Hercberg*^(***), *Jean-Luc Volatier*^(*),
Katia Castetbon^(***), *Ambroise Martin*^(*)

^(*) Afssa, Direction de l'Evaluation des Risques Nutritionnels et Sanitaires
^(**) Institut Scientifique et Technique de la Nutrition et de l'Alimentation / Conservatoire
National des Arts et Métiers,
^(***) InVS, Unité de Surveillance et d'Epidémiologie Nutritionnelle

Introduction

L'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (Afssa) a comme mission principale, d'assurer la sécurité sanitaire de l'alimentation depuis la production de matières premières jusqu'à la distribution au consommateur final. La Direction de l'Evaluation des Risques Nutritionnels et Sanitaires (DERNS) coordonne des comités d'experts spécialisés (en nutrition humaine, animale, en microbiologie, en physico-chimie...) qui assurent l'évaluation des risques nutritionnels et sanitaires. Les comités d'expert spécialisés ont la charge de répondre à des saisines déposées par les ministères de tutelle de l'Afssa (Santé, Agriculture, Consommation) et par les associations de consommateurs. L'Afssa peut également s'auto-saisir sur des questions qui lui semblent importantes.

Afin d'évaluer le mieux possible les risques nutritionnels et sanitaires potentiels, l'Afssa doit disposer d'informations relatives aux consommations alimentaires de la population française. L'Observatoire des Consommations Alimentaires (OCA) est chargé, au sein de la DERNS, de mesurer les évolutions des consommations alimentaires, d'évaluer leurs éventuelles incidences sanitaires et de s'assurer de la validité des données recueillies dans le cadre des enquêtes alimentaires. Plus précisément, les enquêtes alimentaires individuelles et nationales permettent :

- de comparer les apports nutritionnels aux besoins et recommandations [30],
- d'identifier les contributions des aliments ou groupes d'aliments aux apports nutritionnels,
- d'étudier l'impact de l'alimentation hors foyer [27]
- d'estimer des distributions de consommations en certains nutriments dont une sur- ou sous-consommation pourrait avoir des conséquences sur la santé ; c'est notamment le cas du sel [1]
- d'estimer l'impact sur la distribution des apports de mesures visant à enrichir en certains nutriments des aliments ou au contraire à en réduire la teneur [1]
- d'étudier les liens entre l'alimentation et certaines pathologies (obésité...),

- d'évaluer les campagnes et programmes de prévention des pathologies liées à la nutrition lancés par les pouvoirs publics [34]
- d'évaluer de manière pragmatique l'intérêt des nouveaux aliments,
- de surveiller la consommation d'additifs alimentaires, comme cela est demandé par la commission européenne,
- de comparer les expositions aux contaminants (mycotoxines...) aux doses journalières tolérables,
- de comparer les expositions aux résidus de pesticides aux doses journalières admissibles.

L'OCA, en collaboration avec le Centre Informatique de la Qualité des Aliments (CIQUAL), doit gérer et actualiser la banque de données de composition nutritionnelle des aliments afin que celle-ci permette de répondre aux missions précédemment citées. L'Observatoire des Consommations Alimentaires doit, par conséquent, réaliser régulièrement des enquêtes de consommation alimentaire permettant de répondre aux missions qui lui sont confiées. De plus, la méthodologie de ces enquêtes doit être scientifiquement validée. Cet article présentera dans un premier temps les différentes méthodes d'enquêtes alimentaires disponibles ainsi que leurs avantages et inconvénients respectifs afin de mettre en évidence les difficultés à leur mise en œuvre et la nécessité de valider les outils utilisés. Dans un deuxième temps, les objectifs et la méthodologie de l'enquête INCA 2 / ENNS (Enquête Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 2 / Etude Nationale Nutrition Santé) seront présentés. Enfin, dans un dernier temps, cet article présentera les résultats des travaux de validation de la méthode pressentie pour l'évaluation des consommations alimentaires dans l'enquête INCA 2/ENNS.

1. Les différents types d'enquête alimentaire

Parmi les méthodes de recueils de la consommation alimentaire, on peut distinguer celles réalisées au niveau collectif de celles réalisées au niveau individuel. Ensuite, au niveau des enquêtes individuelles, une seconde distinction peut être effectuée selon que la méthode fait appel à la mémoire (méthode rétrospective) ou à l'enregistrement (méthode prospective).

1.1 Les données recueillies au niveau collectif

Ces informations peuvent être recueillies soit au niveau d'un pays à partir des statistiques nationales soit au niveau d'un ménage ou d'une collectivités à partir des données d'achat et de dépenses.

A l'échelle d'un pays, les bilans des disponibilités alimentaires permettent d'estimer la quantité d'aliments disponibles sur le marché intérieur à une époque donnée. Ces bilans s'expriment en poids ou volume par habitant et par jour et sont obtenus en ajoutant la production nationale aux importations et en retranchant les exportations, les pertes (ou déchets) et les utilisations alimentaires animales. Ces bilans sont facilement disponibles et sont régulièrement publiés par la « Food and Agriculture Organization » (FAO). Ces statistiques de consommation nationale peuvent être intéressantes pour effectuer des typologies alimentaires et comparer des modèles alimentaires dans l'espace et dans le temps. Néanmoins, ces statistiques demeurent grossières et plus ou moins fiables puisque fondées sur les seuls flux économiques. En outre, ramener les disponibilités totales à des consommations totales puis à une unité de consommation est évidemment un peu simpliste et ne permet pas d'évaluer des risques. Enfin, ces données ne tiennent pas compte des disparités liées à l'âge, au niveau social ou aux coutumes régionales.

A l'échelle d'un ménage ou d'une collectivité, il est également possible de déterminer un bilan alimentaire en analysant les dépenses et les achats pendant un temps donné. En France, ces études sont réalisées par l'INSEE et également par des sociétés privées qui enregistrent les achats d'un panel de

foyers plusieurs semaines par an (panels Secodip). Ces enquêtes, par rapport aux enquêtes individuelles, ont l'avantage de pouvoir être répétées régulièrement, de prendre en compte des périodes relativement longues et d'inclure un nombre important d'entités. Cependant, ces enquêtes considèrent que ce qui est acheté est consommé et que ce qui est consommé est nécessairement acheté. Enfin, il n'est pas possible d'individualiser la consommation de chaque membre de l'entité. Les recueils réalisés au niveau collectif constituent donc des estimations indirectes des consommations alimentaires qui ne peuvent pas être utilisées pour évaluer un risque.

1.2 Les données recueillies au niveau individuel

On peut classer les méthodes de ce type en deux groupes selon qu'elles font davantage appel à la mémoire du sujet enquêté ou à sa participation active [35, 47].

1.2.1 Les méthodes par rappel

Ces méthodes permettent de connaître l'alimentation passée du sujet, soit sur une période courte et proche (rappel de 24 heures) soit sur une période plus longue et plus éloignée (mois dernier, année dernière). La méthode du rappel de 24 heures consiste à estimer la consommation alimentaire de la façon la plus précise possible sur la période précédant immédiatement l'interrogatoire, qualitativement et quantitativement (utilisation des unités ménagères). En général, un seul rappel de 24 heures ne permet pas d'avoir d'informations sur l'alimentation habituelle des sujets c'est pourquoi il est préférable de le répéter plusieurs fois par sujet. Cette technique doit être réalisée « à l'aveugle », c'est-à-dire que le sujet ne doit pas connaître les jours d'interrogatoire afin de ne pas modifier son alimentation [47]. Ces rappels de 24 heures nécessitent la présence d'enquêteur.

Lorsque l'on s'intéresse à une période plus longue et plus lointaine, on utilise soit une histoire diététique soit un questionnaire de fréquence de consommation. Ces deux méthodes se différencient par le fait que l'histoire diététique nécessite la présence d'une diététicienne, ne peut pas être remplie directement par le sujet et estime comme dans le cadre du rappel de 24 heures les quantités consommées.

Ces méthodes ne peuvent éviter les biais de mémorisation ainsi que les omissions volontaires ou involontaires. Elles sont donc difficiles à appliquer dans certaines populations (personnes âgées..).

1.2.2 Les méthodes par enregistrement

Ce type de méthode nécessite un investissement plus important du sujet puisqu'il doit consigner ce qu'il consomme sur une période donnée. De par sa lourdeur, la durée est généralement limitée et donc assez courte (un à sept jours). Le sujet note, pour chaque repas principal ainsi que pour les périodes entre les repas, l'ensemble des aliments qu'il consomme. Il doit également estimer les quantités consommées de chaque aliment. Cette estimation peut se faire soit par pesée des aliments – la méthode s'appelle alors enregistrement par pesée – soit par l'utilisation des unités ménagères ou d'un cahier de photographies - la méthode s'appelle alors simplement enregistrement alimentaire. Ces méthodes sont soumises à des erreurs d'évaluation des portions – surtout pour la seconde -, à des oublis (volontaires ou non), néanmoins moins fréquents que dans le cadre d'une méthode par rappel, et surtout à des modifications du comportement alimentaire durant la période d'enregistrement [41]. En outre lorsque la durée de l'enregistrement est longue, la qualité des informations décroît. Ces méthodes nécessitent également que les sujets sachent lire et écrire. Cependant quelles que soient leurs limites, ces méthodes sont généralement les plus précises et permettent d'avoir une description détaillée des aliments consommés.

1.3 Validation des techniques d'enquête

Quelle que soit la technique employée pour estimer la consommation alimentaire, il existe de nombreux biais potentiels liés notamment au fait que toutes reposent sur des déclarations du sujet [41]. Un problème majeur en épidémiologie nutritionnelle est l'absence de méthode de référence (ou Gold-Standard) par rapport à laquelle on pourrait facilement valider une technique d'enquête [41, 47]. Dans la majorité des études, les investigateurs procèdent à une validation partielle, uniquement basée sur la reproductibilité de la méthode ou relative, c'est-à-dire par rapport à une méthode supposée plus précise [12, 41]. La méthode généralement utilisée pour ces validations relatives est celle de l'enregistrement par pesée sur 7 jours. Dans ce type d'étude de validation, on demande à des sujets de renseigner leur alimentation selon deux méthodes et on compare ensuite individuellement les estimations obtenues selon les deux techniques. Quelle que soit la méthode utilisée comme référence, les erreurs de mesure des 2 techniques ne peuvent pas être considérées comme indépendantes, bien au contraire. En effet, si l'on demande à un sujet de peser ce qu'il consomme et qu'on lui demande ensuite de décrire ce qu'il a mangé, il s'en souviendra d'autant plus facilement qu'il l'a pesé. Par conséquent, les deux méthodes pourront fournir des résultats similaires mais inexacts. Afin de valider correctement une méthode d'enquête alimentaire, il faut utiliser un marqueur objectif ; depuis la fin des années 70, des marqueurs biologiques de l'apport alimentaire se sont développés. Ces marqueurs biologiques reflètent uniquement les apports nutritionnels mais pas les consommations alimentaires. Les marqueurs biologiques les plus fréquemment employés sont l'eau doublement marquée et l'excrétion d'azote urinaire.

1.3.1 La validation par l'eau doublement marquée

Le principe de cette méthode repose sur l'égalité, à moyen terme, entre les apports et les dépenses énergétiques d'un individu lorsqu'il est en poids stable [43]. Depuis la fin de la décennie 80, la mesure de la dépense énergétique se fait à l'aide de la méthode de l'eau doublement marquée. Il s'agit d'une méthode isotopique de mesure de la dépense énergétique totale s'appuyant sur des principes classiques de calorimétrie [7, 40, 43]. Cette méthode nécessite de fournir aux sujets une dose précise d'eau dont les atomes d'oxygène ^{16}O sont remplacés par des atomes d'oxygène ^{18}O et les atomes d'hydrogène par du deutérium (^2H). Pendant les 15 jours suivants l'ingestion, il faut recueillir des échantillons d'urine à des dates précises -généralement deux ou trois recueils suffisent- afin de mesurer son enrichissement en isotopes ^2H et ^{18}O . La production de dioxyde de carbone est évaluée à partir de la différence entre les vitesses d'élimination du deutérium (qui se fait uniquement sous forme d'eau) et de celle de l'oxygène 18 (qui se fait sous forme d'eau et de CO_2), dans les urines. La dépense énergétique est ensuite calculée à l'aide d'équations classiques de calorimétrie indirecte. La correction des dépenses en fonction de l'évolution du poids sur les deux semaines permet ensuite d'obtenir une estimation de l'apport calorique au cours de cette période [38]. Cette méthode de mesure de la dépense énergétique a par ailleurs été validée contre la méthode de mesure des échanges respiratoires [40]. Le développement de cette technique permet de tester la précision des enquêtes alimentaires traditionnelles quant à l'estimation de l'apport calorique. Elle ne permet pas d'estimer la précision vis-à-vis des apports de macronutriments (lipides, glucides, protéides, alcool). Néanmoins, si une méthode estime correctement l'apport calorique il est fort probable qu'elle estime correctement les apports de macronutriments qui entrent dans le calcul de l'apport calorique, et inversement.

Depuis le milieu des années 80, plusieurs équipes ont utilisé cette technique de validation [8, 21, 29, 31]. La plupart d'entre elles ont montré, globalement, une corrélation relativement moyenne entre les apports et les dépenses énergétiques et ce, quelle que soit la méthode employée [37, 10]. Néanmoins, une même méthode a pu montrer des résultats positifs dans certaines populations et des résultats bien moins bons dans d'autres [41]. Dans la majorité des études, on observe des apports moyens inférieurs aux dépenses [41]. Ces observations ont mis en évidence le phénomène de sous-estimation des apports alimentaires [10]. En regardant les résultats plus finement, il est apparu que des sujets présentant des caractéristiques similaires avaient des apports caloriques très différents de leurs dépenses [29, 21]. Par

exemple, des études cliniques ont démontré que les individus obèses rapportaient des apports énergétiques beaucoup plus faibles que leurs dépenses [37].

Le coût et la lourdeur de cette technique – les isotopes de l’oxygène et de l’hydrogène sont très coûteux - ne permettent pas son utilisation sur de grands échantillons comme dans le cadre d’études épidémiologiques. En utilisant le principe de cette méthode, une technique plus simple a été développée par Goldberg et son équipe [15] afin d’identifier les personnes qui sous-estiment leurs apports énergétiques. Cette méthode permet uniquement une validation interne de la méthode mais ne constitue pas une validation par rapport à un marqueur indépendant. Cette identification des individus appelés sous-estimateurs -traduction des termes anglo-saxon “ under-reporters ” ou “ low energy-reporters ”- se fait en comparant la mesure de l’apport énergétique avec les besoins d’énergie exprimés comme multiple du métabolisme de base. Les besoins d’énergie en fonction de l’âge et du sexe ont été déterminés à l’aide de méta-analyses des données obtenues avec la méthode de l’eau doublement marquée [9]. Ces études ont permis de définir des niveaux moyens d’activité physique estimés par le rapport entre la dépense d’énergie et le métabolisme de base. Lorsqu’un sujet est en poids stable, son apport calorique doit être égal à sa dépense énergétique. En conséquence, le rapport entre l’apport calorique et le métabolisme de base doit être égal au niveau d’activité physique. Goldberg et *coll.* [15] ont proposé une formule permettant de déterminer des limites pour le rapport “ Apport calorique/métabolisme de base ” (AC / MB) au-dessous desquelles, en dehors d’une phase de perte de poids, l’apport calorique rapporté ne peut pas être le reflet de son niveau habituel. Une revue de la littérature concernant 68 enquêtes nutritionnelles publiées, réalisée par Black [10], a montré que dans 65 % d’entre elles, les apports caloriques moyens rapportés ne pouvaient pas estimer correctement les apports moyens habituels de ces populations même sous l’hypothèse qu’elles avaient un mode de vie sédentaire. Cette technique a confirmé certains résultats obtenus avec la méthode de l’eau doublement marquée, en particulier le fait que la sous-estimation serait plus importante chez les obèses (de l’ordre de 36 % par rapport aux apports nécessaires) [37] et chez les anciens obèses (de l’ordre de 27 % par rapport aux apports nécessaires) [10] que dans des populations d’individus de poids normal (de l’ordre de 19 % par rapport aux apports nécessaires) [29, 33]. D’autres études ont montré qu’outre le statut pondéral, les préoccupations vis-à-vis du poids ainsi qu’un suivi fréquent de régimes étaient associés à des biais de report de l’alimentation [19, 25, 39]. En outre, quelques études ont comparé la composition de l’alimentation entre les personnes qui sous-estimaient leurs apports et les autres [16, 18, 23, 26]. Ces travaux ont montré que la sous-estimation concernait davantage certains aliments, notamment ceux consommés en dehors de repas et les aliments riches en graisses et/ou en sucres.

1.3.2 La validation par l’excrétion d’azote urinaire

Cette méthode de validation des enquêtes alimentaires utilise l’azote excrété par voie urinaire comme marqueur de l’apport protidique. En 1980, Isaksson [22] a montré que la moyenne de l’azote excrété dans les urines de 24 heures sur 7 jours était fortement associée à l’apport de protides estimé par un enregistrement de 7 jours et par la méthode de l’histoire alimentaire. Il a de plus démontré qu’il y avait une corrélation parfaite entre la moyenne de l’azote urinaire recueilli sur 7 jours et la teneur en azote obtenue par la méthode d’analyse chimique de l’alimentation qui consiste à dupliquer chaque quantité d’aliment consommé et à pratiquer une analyse chimique sur la seconde portion.

A l’état adulte, en période de stabilité du poids et de la répartition des différents tissus de l’organisme et à activité physique stable, l’azote consommé est presque entièrement excrété soit par les fèces, soit par sudation, soit par les urines. Une infime partie peut également être éliminée lors d’une perte de sang (pendant les règles notamment). Il a été montré que les pertes d’azote par voie fécale étaient constantes et en moyenne de 1 g/jour et par voie dermique de 1 g/jour également [5]. En moyenne, l’azote excrété par voie urinaire représente 81 % de l’azote consommé [5]. Néanmoins, il existe une forte variation de la balance azotée d’un jour sur l’autre liée notamment à la variabilité intra-individuelle, d’une part de l’apport azoté dont le coefficient de variation est estimé à 21 % et d’autre part, de l’excrétion urinaire d’azote dont le coefficient de variation est estimé à 13 % environ [5]. Par conséquent, la corrélation entre l’apport et l’excrétion urinaire d’azote sur la base d’un seul jour est

relativement faible. Il est donc nécessaire de pratiquer plusieurs recueils d'urine pour un même sujet ainsi que de recueillir son alimentation sur plusieurs jours. Préalablement à l'interprétation des résultats, il faut s'assurer que les recueils des urines de 24 heures sont effectivement complets [5]. Pour s'en assurer, il existe deux méthodes : soit donner au sujet des comprimés d'acide paramino-benzoïque, substance totalement excrétée dont on doit retrouver la quantité ingérée en totalité dans les urines, soit mesurer dans les urines la concentration en créatinine dont la comparaison à des valeurs moyennes observées pour des sujets de mêmes sexe, âge et corpulence permet de s'assurer ou non de la validité du recueil. La validation par recueil des urines est une méthode plus simple, moins coûteuse et moins lourde que la méthode par l'eau doublement marquée qui permet de valider l'apport protéique recueilli par une méthode de recueil alimentaire.

Nous verrons, plus tard, l'application de la validation par l'azote urinaire à la technique d'enquête pressentie pour l'enquête INCA 2 / ENNS.

2. L'enquête INCA 2 / ENNS

2.1 Objectifs

L'enquête INCA 2 / ENNS sera mise en place d'ici la fin de l'année 2003 afin de répondre aux missions fixées à l'Afssa, présentés en introduction de cet article. L'enquête INCA 2 comporte, par rapport à l'enquête INCA 1 de 1998/99 [45] un important volet clinico-biologique (ENNS) rendu indispensable par le lancement en janvier 2001 du Plan National Nutrition Santé (PNNS) [34]. Ce plan de prévention des maladies liées à la nutrition a de nombreux objectifs, à la fois en matières de consommations alimentaires et également en matières d'état nutritionnel (*Tableau 1*). L'évaluation de l'efficacité des actions du PNNS nécessite la mise en place d'un dispositif permettant de collecter régulièrement de façon transversale des données sur un échantillon représentatif de la population, et de disposer des moyens d'évaluation de l'état nutritionnel de la population française et des groupes de population identifiés à risque de problèmes nutritionnels. Il est fait mention dans ce plan d'une évaluation conjointe des actions sur ces différents objectifs par l'Observatoire des Consommations Alimentaires et par l'Unité de Surveillance et d'Epidémiologie de l'Institut de Veille Sanitaire. Ainsi, l'enquête INCA 2/ENNS doit aboutir à une description précise des consommations alimentaires de la population française pour l'ensemble des besoins d'évaluation des risques alimentaires.

Tableau 1 : les objectifs du Plan National Nutrition santé

1. Objectifs portant sur des modifications de la consommation alimentaire

- augmentation de la consommation de fruits et légumes
- augmentation de la consommation de calcium afin de réduire de 25 % la population des sujets ayant des apports calciques en dessous des Apports Nutritionnels Conseillés
- réduction de la moyenne des apports lipidiques totaux à moins de 35 % des apports énergétiques journaliers
- réduction d'un quart de la consommation des acides gras saturés au niveau de la moyenne de la population (moins de 35 % des apports totaux de graisses)
- augmentation de la consommation de glucides afin qu'ils contribuent à plus de 50 % des apports énergétique journaliers
- réduction de 25 % de la consommation actuelle de saccharose
- augmentation de 50 % la consommation de fibres
- réduction de la consommation d'alcool qui ne devrait pas dépasser 20 g d'alcool chez ceux qui consomment des boissons alcoolisées.

2. Objectifs portant sur des modifications des marqueurs de l'état nutritionnel

- réduction de 5 % de la cholestérolémie moyenne dans la population des adultes,
- une réduction de 10 mm de Hg de la pression artérielle systolique chez les adultes,
- une réduction de 20 % de la prévalence du surpoids et de l'obésité chez les adultes et une interruption de l'augmentation de la prévalence de l'obésité chez les enfants

3. Objectifs portant sur la modification de l'hygiène de vie en relation avec l'alimentation

- augmentation de l'activité physique dans les activités de la vie quotidienne par une amélioration de 25 % du pourcentage des sujets faisant, par jour, l'équivalent d'au moins 1/2h de marche rapide par jour.

2.2 Population

Il est envisagé de réaliser l'enquête auprès de 4 000 adultes et 2 000 enfants. Cette taille d'échantillon a été calculée en fonction d'objectifs sur les erreurs d'échantillonnage. Afin d'obtenir des données indépendantes, il sera procédé à un tirage au sort d'un individu par foyer.

2.3 Méthodologie d'enquête

La réalisation du terrain de l'enquête sera effectuée par une société d'enquête choisie après un appel d'offre qui sera lancé en 2003. La méthodologie de l'étude grandeur nature qui est présentée ci-dessous est susceptible de connaître des modifications. En effet, plusieurs travaux de pilotage sont en cours afin de tester la faisabilité et l'acceptabilité de ce protocole.

Préalablement au démarrage de l'étude, une campagne de médiatisation et de sensibilisation sera lancée à destination du grand public et des professionnels de santé.

La prise de contact avec les foyers devrait se faire pour la majorité d'entre eux - ceux pour lesquels on aura pu récupérer les coordonnées téléphoniques dans l'annuaire - par des appels téléphoniques répétés. Pour les autres foyers, des visites répétées au domicile seront effectuées.

Pour les adultes (âgés de plus de 18 ans), l'étude comprendra deux volets, un volet alimentaire qui se déroulera à domicile, et un volet clinico-biologique qui se déroulera soit dans un centre d'examen, soit à domicile par une infirmière. Pour les enfants, seul le volet alimentaire, réalisé à domicile, sera effectué. Par conséquent, il est préférable de distinguer 2 méthodologies : une pour les adultes, une pour les enfants.

2.3.1 Méthodologie pour les adultes (Figure 1)

Une fois accueilli dans le logement, l'enquêteur s'informerait de la composition du ménage et des dates de naissance de chaque membre, puis tirerait au sort la personne à enquêter. Si le sujet est absent, un rendez-vous ultérieur sera pris.

L'enquêteur expliquera l'étude (objectifs, méthodologie, intérêt) au sujet et demandera s'il souhaite participer. Les deux volets, alimentaire et clinico-biologique, seront présentés et le sujet sera libre d'effectuer un seul ou les deux.

Si le sujet accepte le volet alimentaire, l'enquêteur expliquera les modalités de remplissage du carnet de consommation de 7 jours. Les quantités seront indiquées à l'aide du manuel de photographies des portions alimentaires validé pour l'étude SU.VI.MAX [28]. Un guide détaillé d'aide au remplissage du carnet sera laissé au sujet. Un auto-questionnaire sur les attitudes alimentaires et un sur les modes de cuisson (celui-ci étant à remplir par la personne qui prépare les repas) seront également laissés. Un rendez-vous pour une seconde visite, après la fin du remplissage de l'enregistrement de 7 jours, sera pris.

Deux jours après le début de remplissage du carnet de consommation, l'enquêteur appellera le sujet pour vérifier qu'il n'a pas oublié le remplissage et qu'il n'a pas eu de difficultés.

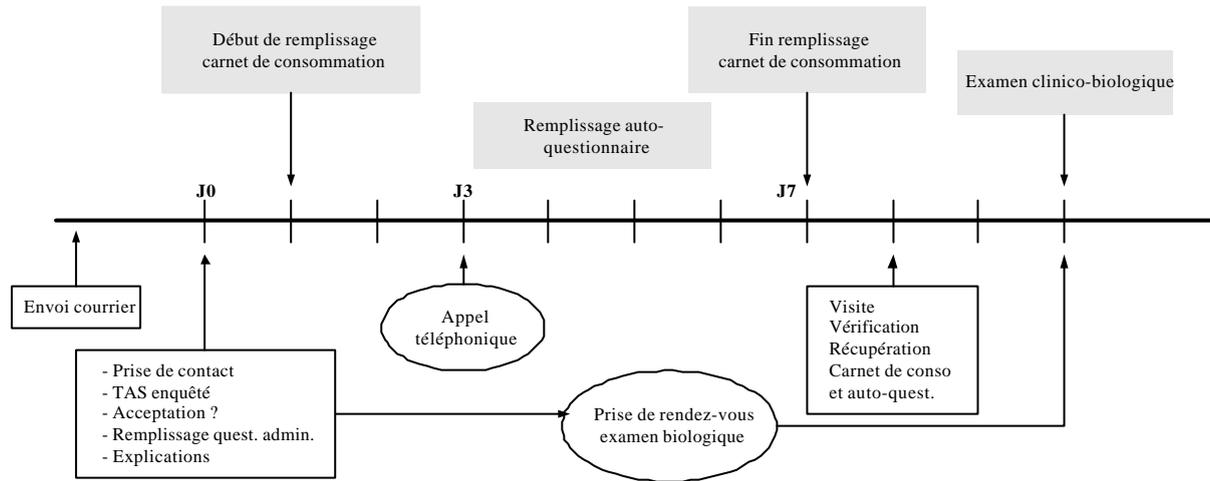
Lors de la seconde visite, le carnet de consommation sera vérifié. Pendant cette visite, l'enquêteur posera un questionnaire sur le mode de vie, comportant notamment une partie consacrée à l'activité physique.

Les sujets qui acceptent le volet clinico-biologique devront signer une lettre de consentement. Si le sujet accepte de se rendre dans un Centre d'Examen de Santé (CES), il y subira, en plus des examens

prévus dans le présent protocole, un bilan de santé complet, tel que réalisé en routine par ces centres. L'enquêteur sera en charge de trouver un rendez-vous au CES choisi par l'enquêté. Le consentement sera envoyé à l'USEN, avec copie au CES. Si le sujet préfère qu'une infirmière vienne à son domicile, prévus dans le présent protocole seront réalisés.

Des prélèvements d'urines et de cheveux (afin de mesurer les concentrations en métaux lourds), et des mesures anthropométriques et de tension artérielle seront réalisées. Puis, une prise de sang sera effectuée pour le dosage du cholestérol total, de la glycémie, des triglycérides et de l'hémoglobine. L'ensemble de ces procédures sera standardisé.

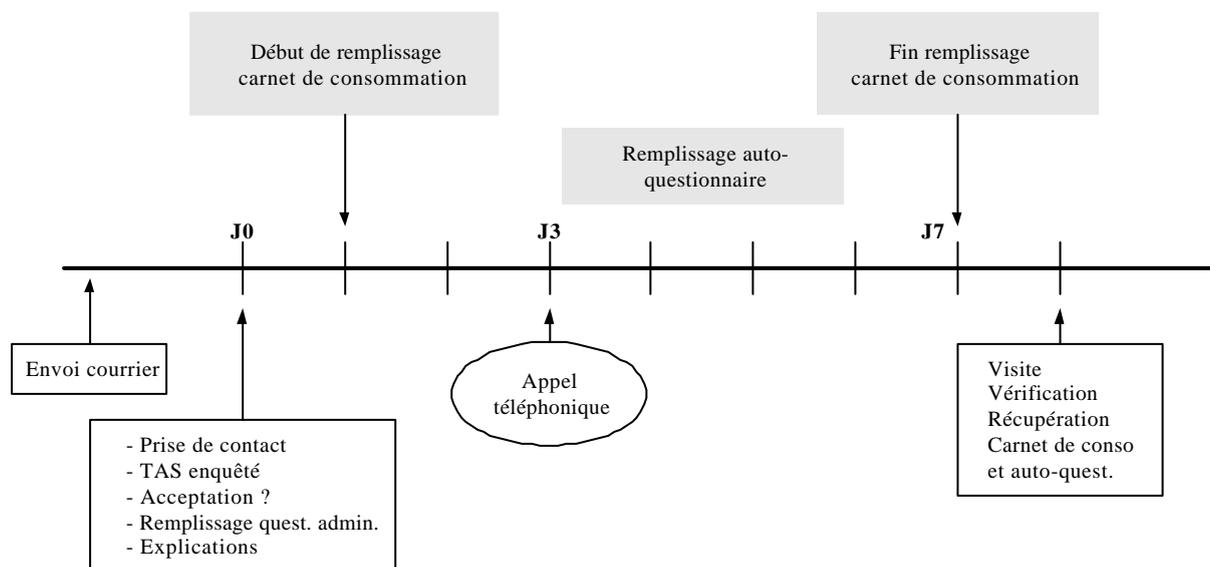
Figure 1 : Méthodologie de l'enquête INCA 2/ ENNS pour les adultes



2.3.2 Méthodologie pour les enfants (Figure 2)

La méthodologie pour l'étude des enfants est similaire à celle des adultes concernant la partie alimentaire. Des questionnaires relatifs au mode de vie et aux habitudes alimentaires ont été adaptés à l'âge des enfants. L'enregistrement de la consommation alimentaire se fera soit par l'enfant seul soit par l'enfant et un de ses parents.

Figure 2 : Méthodologie de l'enquête INCA 2/ ENNS pour les enfants



2.4 Pilotage de l'enquête et aspects administratifs

Un comité de pilotage inter-organismes (ministères, CNRS, INRA, INSEE, INSERM, InVS, CéTAF, CNAMTS...) a été constitué dès 2001 et se réunit régulièrement. L'enquête INCA 2 / ENNS a obtenu, en 2002, un avis d'opportunité favorable de la part de la formation Santé-Protection Sociale du Conseil National de l'Information Statistique. Une demande d'avis de conformité sera soumise au Comité du Label. De même, un avis de la Commission Nationale Informatique et Libertés ainsi que celui d'un Comité Consultatif de Protection des Personnes se prêtant à la Recherche Biomédicale seront sollicités.

3. Etude de validation de l'enregistrement alimentaire de 7 jours pressenti pour l'enquête INCA 2 / ENNS

Le volet alimentaire de l'enquête INCA 2 / ENNS repose presque exclusivement sur un enregistrement de la consommation alimentaire sur 7 jours ; seules quelques questions spécifiques à certains aliments sont posées à l'intérieur des questionnaires relatifs aux habitudes alimentaires. Même si la méthode de l'enregistrement alimentaire sur 7 jours a déjà été validée [12, 20, 31], cela n'a jamais été fait en France. De plus, nous avons créé notre propre enregistrement alimentaire afin qu'il puisse répondre à certains de nos objectifs - par exemple, des informations sur l'enrichissement et/ou l'allègement éventuel du produit, sur son origine (agriculture biologique, acheté frais, surgelé, en conserve..) doivent être remplies pour chaque aliment consommé ainsi que des informations sur le repas (le lieu, avec qui, les horaires..) – ce qui peut entraîner des modifications dans la qualité des informations recueillies. Par conséquent, il nous est apparu nécessaire de valider, par rapport à un, voire deux marqueurs biologiques le carnet de consommation de 7 jours prévu pour l'enquête INCA 2 / ENNS.

3.1 Objectif

L'objectif de cette étude était de valider le carnet de consommation de 7 jours en matière de consommation de protéides par rapport à l'excrétion d'azote uréique sur 3 jours. En outre, nous avons également recueilli des données sur l'excrétion de potassium qui nous ont permis de comparer l'estimation de la consommation de potassium avec son excrétion. L'utilisation de l'excrétion urinaire de potassium est rarement utilisée seule pour valider les outils d'enquête alimentaire mais si nous parvenons à montrer que la méthode utilisée estime correctement à la fois les apports de protéides et de potassium, il y a une probabilité forte pour que l'ensemble de l'alimentation soit correctement évalué.

3.2 Population

Cent cinquante sujets ont été recrutés, entre avril et juillet 2001, au sein de la cohorte des volontaires de l'étude nationale SU.VI.MAX. (SUpplémentation en Vitamines et Minéraux Anti-oXydants) [20]. Ils ont été recrutés principalement à Paris et en petite couronne – pour des contraintes matérielles - et parmi ceux qui avaient eu, dans le cadre du suivi imposé par le protocole de l'étude SU.VI.MAX, une mesure de leurs masses grasse et maigre depuis le début de l'année 2001. L'âge des volontaires de la cohorte SU.VI.MAX est compris – pour répondre aux objectifs - entre 42 et 68 ans chez les femmes et entre 52 et 68 ans chez les hommes. Une stratification sur le sexe et la tranche d'âge (définie par tranches de 5 ans) a été effectuée aboutissant à un recrutement de 100 femmes (5 classes d'âge) et 60 hommes (3 classes d'âge). L'objectif était d'en inclure 150.

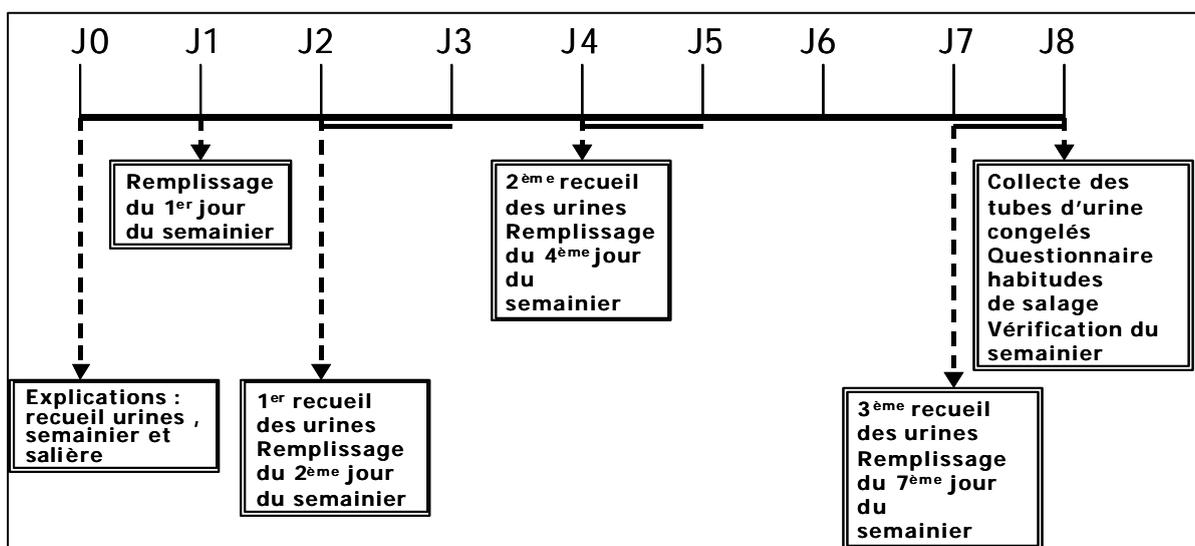
Les sujets qui étaient en phase de perte de poids, ceux qui suivaient un régime alimentaire particulier (restrictif, riche en protéides, hyposodé), les femmes enceintes, les sportifs, les sujets prenant un médicament susceptible d'influencer la diurèse, comme les antihypertenseurs et les diurétiques, ont été exclus.

3.3 Méthodes d'enquête

Le terrain de cette enquête a été réalisé par deux diététiciennes travaillant à l'ISTNA (Institut Scientifique et Technique de la Nutrition et de l'Alimentation) du CNAM. Le déroulement de l'enquête est présenté sur la *figure 3*. Lors de la visite initiale (J0) de la diététicienne, des explications ont été fournies au sujet pour le remplissage du carnet de consommation de 7 jours, pour l'utilisation du manuel de photographies permettant d'estimer les portions et pour les recueils d'urine. Il était également proposé au sujet de quantifier ses consommations à l'aide d'unités ménagères et/ou directement en grammes ou millilitres s'il connaissait la quantité exacte. Les urines ont été collectées à trois reprises à J2, J4 et J7. Pour collecter les urines, les sujets ont reçu un container servant à recueillir l'urine, 6 tubes fermés pré-identifiés de 3 couleurs différentes, une pipette de 10 ml, un sac permettant de porter le container lors des déplacements hors du domicile, un entonnoir en papier pour faciliter le recueil des femmes et une enveloppe permettant de stocker les 6 tubes au congélateur. La première miction d'un jour de recueil n'était pas prise en compte et était éliminée normalement. A partir de la seconde miction, jusqu'au lendemain matin, les urines étaient collectées dans le container. Une fois la collecte des 24 heures terminée, le sujet repérait par un trait de couleur, correspondant au jour de recueil (J2, J4 ou J7), sur le container le niveau du volume d'urine. Ensuite, il prélevait deux fois 10 ml à l'aide de la pipette qu'il vidait dans 2 petits tubes correspondant au jour de recueil. Les 2 tubes étaient ensuite placés dans une enveloppe en plastique et stockés au congélateur. Lors du second passage de la diététicienne, celle-ci récupérait les tubes ensuite transportés dans de la carboglace jusqu'à l'ISTNA où ils étaient stockés. Trois tubes (un de chaque jour) étaient envoyés au laboratoire d'analyse de Biochimie Nutritionnelle du Département de Biologie Intégrée du CHU de Grenoble pour doser l'azote, le potassium et la créatinine ; les 3 autres tubes étaient conservés, comme témoin, à l'ISTNA. Il était également remis au sujet, pour chaque jour de recueil, une feuille de vérification permettant de connaître les heures des première et dernière mictions ainsi que les problèmes éventuels ayant pu altérer la qualité de la collecte des urines.

Le sujet était pesé, en tenue de ville, sans chaussures en début et fin d'étude afin d'exclure ceux dont le poids aurait trop varié pendant l'étude. Deux questionnaires relatifs aux opinions et attitudes vis-à-vis de l'alimentation et concernant la consommation de matières grasses ont été envoyés 15 jours après la fin de l'étude, afin de tester leur remplissage en mode auto-administré, et renvoyés par la poste à l'aide d'une enveloppe T.

Figure 3 : Méthodologie de l'étude de validation de l'enregistrement de 7 jours utilisé dans l'enquête INCA 2/ ENNS



3.3.1 Détermination des apports de protides et de potassium à partir des recueils urinaires

Le laboratoire déterminait la concentration d'urée dans les urines par la méthode appelée Test UV/Cinétique à l'aide d'un appareil UREA/BUN® Roche/Hitachi. Cette méthode permet de mesurer précisément (coefficient de variation de 1,3 %) la concentration en urée (en g/l) des urines pour une concentration comprise entre 8 et 16,7 g/l. A partir de la concentration d'urée, on obtient la concentration en azote uréique à partir de la masse molaire de l'azote. L'azote de l'urée représente en moyenne 85 % de l'azote excrété par les urines. Les autres pertes d'azote (par les fécès et par sudation) représentent en moyenne 2 grammes par jour. En tenant compte de ces deux facteurs, la quantité totale d'azote excrété s'obtient aisément. On peut alors obtenir l'équivalent en grammes de protides d'une quantité d'azote en la multipliant par 6,25 [22].

La détermination du potassium a été effectuée par photométrie de flamme, qui permet de connaître directement la teneur en potassium de l'urine. On estime que 77 % du potassium ingéré est éliminé sous forme urinaire, on peut donc obtenir une estimation de l'apport théorique en potassium.

3.3.2 Codification des enregistrements alimentaires de 7 jours

Après vérification par les diététiciennes, les enregistrements alimentaires de 7 jours ont été saisis à l'aide d'une application de saisie développée sous Access. Une fois la saisie terminée, chaque aliment enregistré est codé selon une nomenclature développée pour l'enquête INCA 1 et alimentée régulièrement selon les nouveaux aliments. A chaque aliment est donc associé un ou plusieurs codes (s'il s'agit d'un plat composé ou d'une recette particulière dans laquelle interviennent plusieurs ingrédients) auxquels correspond une composition nutritionnelle pour 100 grammes obtenue principalement à l'aide des tables du CIQUAL [14]. Parallèlement, les quantités indiquées (soit sous forme de photographies, d'unités ménagères...) sont toutes converties en grammes et en millilitres. Pour obtenir les apports nutritionnels il suffit ensuite de multiplier les quantités de chaque aliment par leurs teneurs en nutriments.

3.3.3 Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été effectuées sous le logiciel SAS 8.0.

Les données obtenues à partir des recueils urinaires ont été moyennées sur 3 jours et les variables nutritionnelles et de consommation alimentaire moyennées sur 7 jours. Les variables ont été transformées en prenant le logarithme népérien lorsqu'elles n'étaient pas distribuées normalement. L'indice de masse corporelle (IMC en kg/m^2) a été calculé par le ratio poids (en kg) / taille² (en m). Le surpoids et l'obésité ont été définis à partir d'un IMC respectivement supérieur à 25 et 30 kg/m^2 , conformément à leurs définitions chez les adultes [46].

Les variables biologiques et nutritionnelles sont présentées (tableaux 3 et 4) sous la forme moyenne \pm écart-type de la distribution ainsi que par les coefficients de variation intra- et inter-individus ainsi que par le ratio entre les variabilités intra- et inter-individuelle. Ces paramètres ont été obtenus par des analyses de variance.

La validité entre les apports considérés comme théoriques (obtenus par le recueil urinaire) et ceux observés (obtenus à partir de l'enregistrement alimentaire de 7 jours) ont été comparés en faisant la différence et le ratio entre les deux pour chaque sujet. La comparaison entre les deux estimations a été effectuée en faisant un test *t* apparié (pour tester la différence à 0), par une analyse de régression simple et par l'utilisation de coefficients de corrélation de Spearman. Une différence positive et un ratio supérieur à 1 reflètent une sous-estimation des apports par l'enquête alimentaire. L'étude des

écarts a été réalisée à l'aide de la méthode de Altman et Bland [11]. Enfin, les sujets ont été classés en 4 groupes selon les apports théoriques et observés et les pourcentages de classement dans des groupes identiques, extrêmes et adjacents ont été estimés.

Pour chaque sujet, le ratio Apport Calorique / Métabolisme de Base (AC/MB) a été calculé. Le métabolisme de base ayant été estimé à l'aide des équations de Schofield [42] qui font intervenir l'âge, le sexe et le poids.

Enfin, les sujets ont été répartis en 4 groupes, d'après les valeurs des quartiles du ratio Apport protéique théorique / Apport protéique observé, et comparés pour diverses caractéristiques anthropométriques, nutritionnelles et alimentaires. Ces comparaisons ont été effectuées à l'aide de modèles linéaires généralisés.

3.4 Résultats

3.4.1 Caractéristiques générales

Parmi les 150 volontaires recrutés, les données de 16 d'entre eux n'ont pu être utilisées principalement à cause de recueils urinaires incomplets. Le *tableau 2* présente les caractéristiques générales de ces individus. Les femmes, davantage représentées dans cet échantillon, étaient un peu plus jeunes que les hommes, moins fréquemment en surpoids mais présentaient une fréquence d'obésité comparable. Les fréquences de surpoids et d'obésité, pour des sujets de cette tranche d'âge sont nettement moindres que les fréquences observées dans la population française [2].

Tableau 2 : Caractéristiques générales des 134 sujets inclus dans l'étude de validation

	Femmes	Hommes
Effectifs (%)	83 (62%)	51 (38%)
Age (ans)	56 [45-68]	58 [47-66]
Taille (cm)	163 [141-149]	173 [145-193]
Poids (kg)	63 [42-99]	74 [49-114]
IMC (kg/m ²)	23,7 [17,6-36,7]	24,7 [19,5-37,3]
Surpoids (%)	21%	27%
Obèses (%)	9%	10%

Lecture :^a Moyenne [minimum-maximum]

Le *tableau 3* présente, pour les femmes et les hommes, les valeurs moyennes sur les 3 jours de recueil urinaire de la volémie (volume d'urine), de la créatininurie, de l'azote uréique, de l'apport protéique estimé par l'azote uréique, du potassium urinaire et de l'apport potassique estimé. Les coefficients de variation intra-individuels et inter-individuels ainsi que le ratio entre les variances intra- et inter-individus sont également présentés. On observe notamment, que pour la majorité de ces facteurs, la part de la variabilité intra-individuelle est moindre que celle de la variabilité inter-individuelle. Les valeurs observées sont concordantes avec celles observées dans d'autres études [3, 36, 47].

Tableau 3 : Moyennes, écart-types, coefficients de variation intra-et inter- individus et ratio des variabilités intra- et inter-individus des variables urinaires (CV : coefficient de variation ; RV : ratio des variances)

	Femmes				Hommes			
	Moy ±SD	CV intra (%)	CV inter (%)	RV	Moy ±SD	CV intra (%)	CV inter (%)	RV
Volémie (ml/j)	1937 ± 657	20	27	0,6	1677 ± 599	25	26	0,9
Azote unique (g/j)	9,0 ± 2,5	19	20	0,9	10,7 ± 2,9	17	22	0,6
Apport théorique en protéides (g/j)	78,7 ± 18,3	16	17	0,9	91,1 ± 21,5	14	19	0,6
Créatine (mg/l)	1060 ± 300	22	18	1,4	1520 ± 370	15	19	0,6
Potassium excrété (mg/l)	2820 ± 940	23	24	0,9	3220 ± 940	23	19	1,5
Apport théorique en potassium (mg/l)	3631 ± 966	23	24	0,9	4244 ± 925	23	19	1,5

Le *tableau 4* présente, pour les femmes et les hommes, les valeurs moyennes sur 7 jours des apports nutritionnels en protides, potassium, lipides, glucides et calories obtenues par l'enregistrement alimentaire de 7 jours. Les coefficients de variation intra-individuels et inter-individuels ainsi que le ratio entre les variances intra- et inter-individus sont également reportés. Les valeurs observées sont tout à fait conformes aux valeurs observées par des études utilisant une méthodologie similaire [5].

On observe que les variables nutritionnelles présentent une part importante de variabilité intra-individuelle ; en effet, celle-ci est systématiquement supérieure à la variabilité inter-individuelle.

On peut également observer, que pour les apports de protides et de potassium, les valeurs du CV inter-individus sont relativement proches selon les deux estimations alors que les valeurs du CV intra-individus sont beaucoup plus élevées (parfois même le double) dans le cadre de l'estimation par l'enregistrement alimentaire de 7 jours.

Tableau 4 : Moyennes, écart-types, coefficients de variation intra-et inter- individus et ratio des variabilités intra- et inter-individus des variables nutritionnelles

	Femmes				Hommes			
	Moy ±SD	CV intra (%)	CV inter (%)	RV	Moy ±SD	CV intra (%)	CV inter (%)	RV
Protides (g/j)	67,3 ± 27,0	32	24	1,8	85,9 ± 30,7	29	20	2,1
Potassium (g/j)	2806 ± 1199	35	24	2,2	3242 ± 1095	27	20	1,8
Lipides (g/j)	73 ± 33	37	25	2,2	97 ± 43	36	26	2,0
Glucides (g/j)	188 ± 74	30	26	1,4	275 ± 103	29	24	1,5
Apports calorifiques kcal/j)	1765 ± 579	27	19	1,9	2491 ± 777	26	17	2,4

Lecture : CV coefficient de variation, RV ratio des variances

3.4.2 Comparaison entre apports théoriques et observés en protides

Au niveau des protides (*Tableau 5*), l'apport observé par le carnet de consommation de 7 jours est en moyenne inférieur de 9,1 g/j à celui estimé à partir du recueil urinaire. L'étude du ratio entre apport théorique et observé montre une sous-estimation moyenne de 17 % de l'apport de protides, plus importante chez les femmes (21 %) que chez les hommes (10 %). L'écart entre apport théorique et observé est supérieur chez les femmes (10,8 g/j versus 6,3 g/j). Le coefficient de corrélation de Spearman entre les 2 estimations est globalement de 0,69 et s'établit à un niveau équivalent pour les hommes et pour les femmes (0,60). La répartition des sujets en 4 groupes selon les deux méthodes montre qu'un sujet sur 2 est classé de la même manière et 1 à 2 % sont classés de manière opposée.

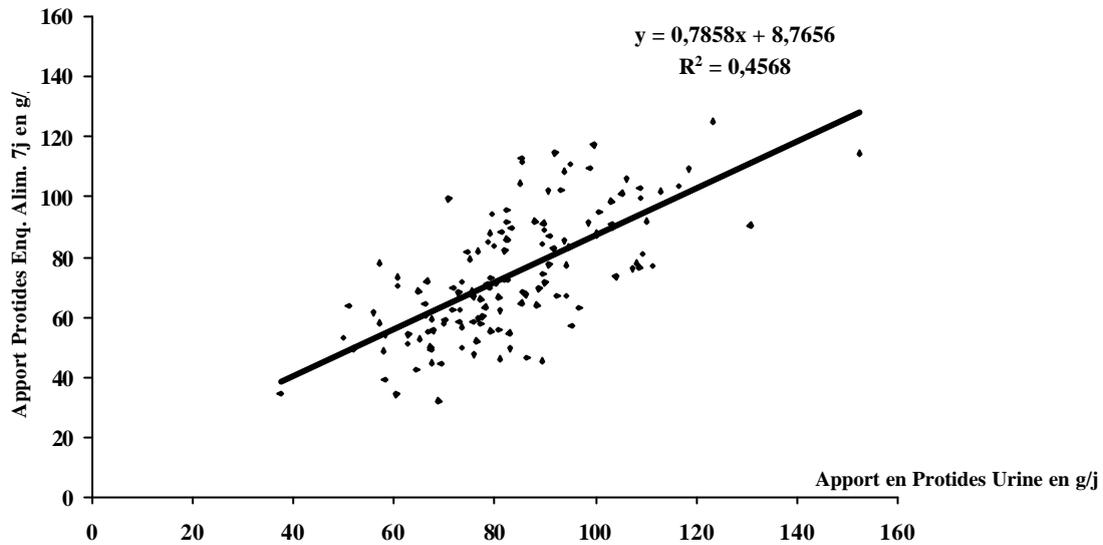
Tableau 5 : Apport protéique théorique (estimé par recueil urinaire) et apport protéique observé (estimé par l'enregistrement alimentaire de 7 jours)

	Femmes	Hommes	Globalement	
Protides Urin - Protides Enq. Alim. (g/j)	10,8 ± 14,9**	6,3 ± 16,3*	9,1 ± 15,5**	
Protides Urin - Protides Enq. Alim.	1,21 ± 0,28**	1,10 ± 0,20*	1,17 ± 0,26**	
Coeff. Corrélation Spearman	0,60**	0,60**	0,69**	
Quartiles identiques (%)		52	49	50
Quartiles adjacents (%)		37	45	42
Quartiles extrêmes (%)		1	2	1

Lecture : *, ** : p < 0,01, p < 0,001 par rapport à 0

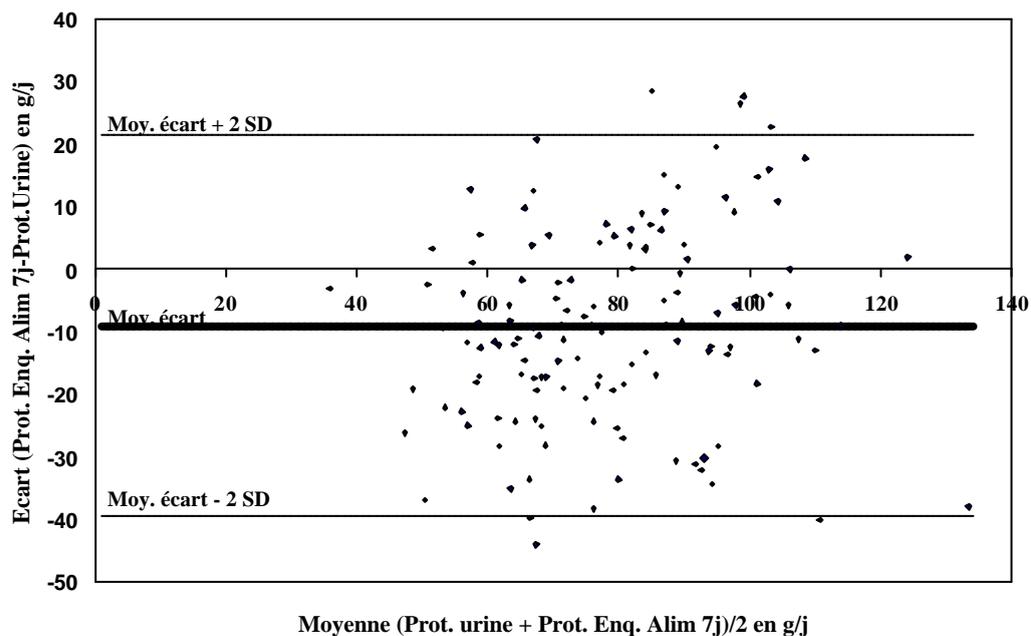
La *figure 4* montre la relation brute entre l'apport de protides théorique en abscisses et l'apport observé par l'enregistrement alimentaire de 7 jours en ordonnées. La relation est nettement de type linéaire ($R^2=0,46$), avec une pente de 0,786 et une ordonnée à l'origine de + 8,77 g/j.

Figure 4 : Régression entre l'apport théorique (en abscisses) et l'apport observé (en ordonnées) en protéides



Afin d'évaluer s'il existe un biais systématique entre les deux méthodes, ou si le biais varie en fonction du niveau moyen, la méthode de Altman et Bland a été appliquée. Cette méthode permet de visualiser les écarts entre les 2 estimations de l'apport de protéides en fonction du niveau moyen de cet apport. La *figure 5* montre qu'il n'y a pas de biais systématique, bien que l'écart soit de 9 g/j en moyenne. On observe que les écarts sont répartis de part et d'autre de l'axe des abscisses et qu'ils n'augmentent pas avec le niveau moyen. De plus, les écarts sont équivalents quel que soit le niveau moyen. En revanche, l'intervalle dans lequel on a une probabilité de 95% d'observer une différence est large, allant de -40 g/j à $+20$ g/j.

Figure 5 : Méthode de Bland-Altman : écart entre les 2 méthodes selon le niveau moyen de l'apport protéidique



L'âge des sujets n'a pas d'impact sur la validité des données. En revanche, le statut pondéral a un effet sur la corrélation entre les deux estimations, plus particulièrement chez les hommes. Le coefficient de corrélation de Spearman est de 0,66 chez les hommes sans surcharge pondérale (indice de masse corporelle inférieur ou égal à 25 kg/m²) alors qu'il est de 0,59 chez ceux en surpoids ou obèses. Chez les femmes, la différence n'est pas très sensible (coefficient de corrélation respectivement de 0,59 et 0,57). Le *tableau 6* montre l'impact du statut pondéral des hommes sur la validité de l'apport protéique. L'écart entre les deux méthodes est de seulement 2,4 g/j en moyenne chez les hommes de poids normal alors qu'il est de 12,9 g/j chez ceux en surpoids ou obèses. De même, la sous-estimation de l'apport protéique est de 5 % chez les premiers contre 18 % chez les derniers.

Tableau 6 : Impact du statut pondéral, chez les hommes sur la validité du recueil de l'apport protéique

	Normal	Surpoids ou obèses
Protides Urin - Protides Enq. Alim. (g/j)	2,4 ± 13,9**	12,9 ± 18,1
Protides Urin - Protides Enq. Alim.	1,05 ± 0,17**	1,18 ± 0,22
Coeff. Corrélation Spearman		0,66 0,59

Lecture : ** p < 0,01 entre les 2 groupes

3.4.3 Comparaison entre apports théoriques et observés en potassium

Au niveau du potassium, l'apport observé par le carnet de consommation de 7 jours est en moyenne inférieur de 896 mg/j par rapport à celui estimé à partir du recueil urinaire. L'étude du ratio entre apport théorique et observé montre une sous-estimation moyenne de 35 % de l'apport de potassium.

Le coefficient de corrélation de Spearman entre les 2 estimations est globalement de 0,50 mais diffère nettement entre les hommes (0,60) et les femmes (0,38) (*Tableau 7*). La répartition des sujets en 4 groupes selon les deux méthodes montre que 37 % des sujets sont classés de la même manière et 4 % sont classés de manière complètement opposée.

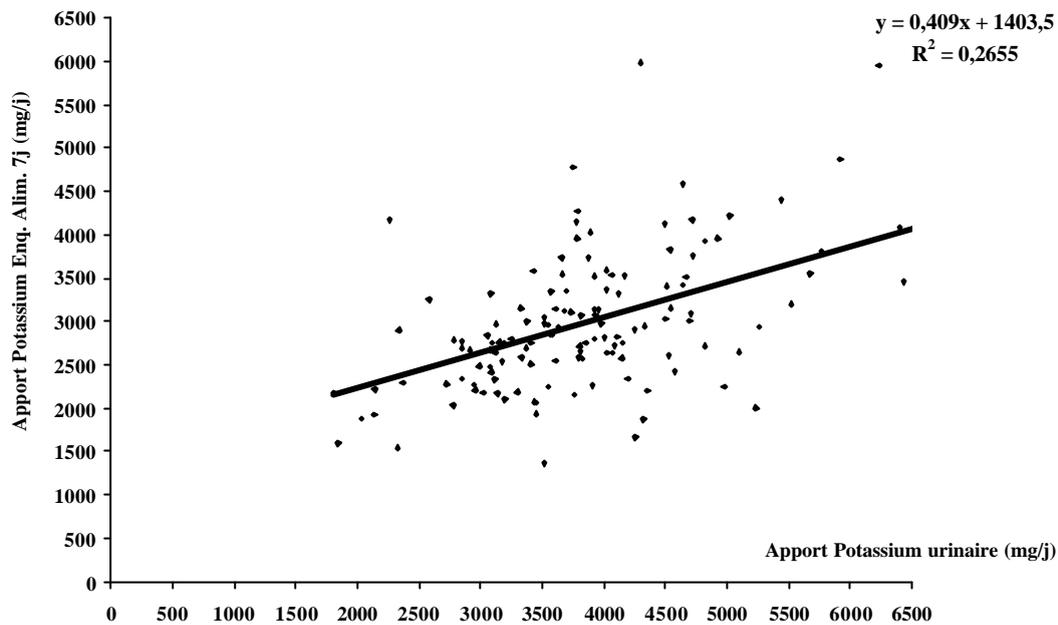
Tableau 7: Apport potassique théorique (estimé par recueil urinaire) et apport potassique observé (estimé par l'enregistrement alimentaire de 7 jours)

	Femmes	Hommes	Globalement
Potass. Urin - Potass. Enq. Alim. (g/j)	843 ± 942**	983 ± 825**	896 ± 898**
Potass. Urin - Potass. Enq. Alim.	1,36 ± 0,40**	1,33 ± 0,26**	1,35 ± 0,36**
Coeff. Corrélation Spearman	0,38**	0,50**	0,60**
Quartiles identiques (%)	34	41	37
Quartiles adjacents (%)	51	49	47
Quartiles extrêmes (%)	6	0	4

Lecture : *, ** : p < 0,01, p < 0,001 par rapport à 0

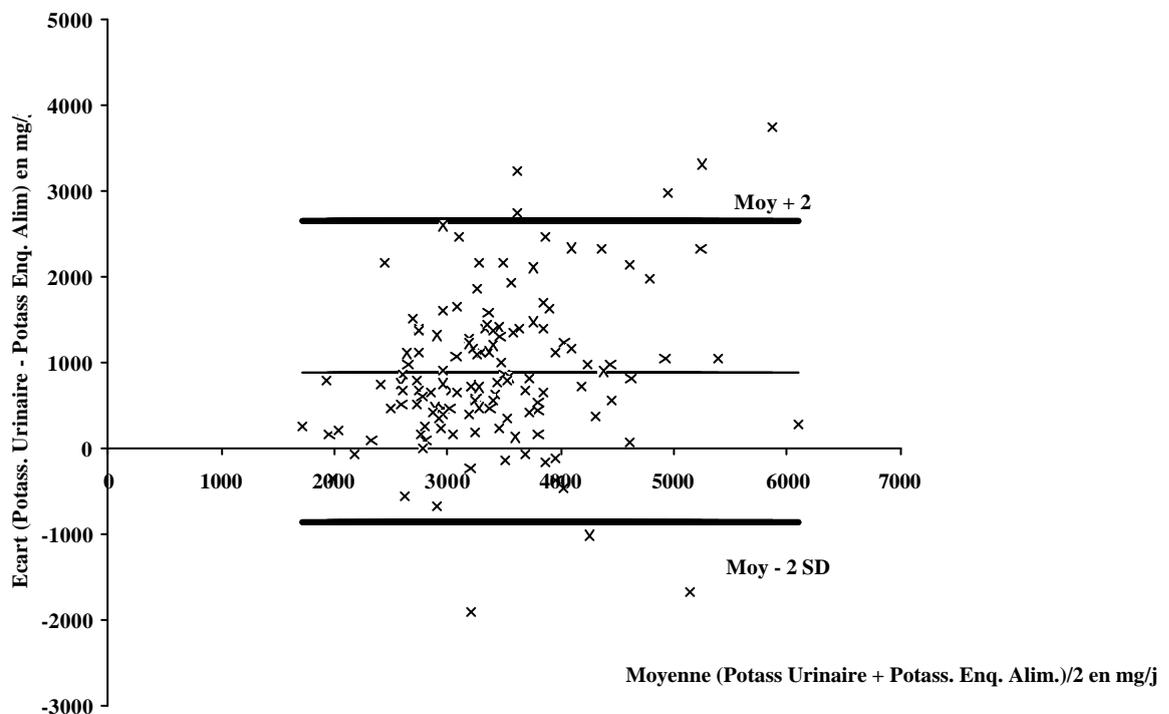
La *figure 6* montre la relation brute entre l'apport de potassium théorique en abscisse et l'apport observé par le carnet de consommation de 7 jours en ordonnées. La relation est de type linéaire (R²=0,27), avec une pente de 0,41 et une ordonnée à l'origine de 1403 mg/j.

Figure 6 : Régression entre l'apport théorique (en abscisses) et l'apport observé (en ordonnées) en potassium



La méthode de Altman et Bland montre (*figure 7*), comme pour l'apport de protides, qu'il n'y a pas d'erreur systématique ni d'erreur proportionnelle au niveau. En revanche, bien que le biais moyen soit très faible, l'intervalle dans lequel on peut trouver 95 % des valeurs est extrêmement étendu (- 900 à +2 600 mg / j).

Figure 7 : Méthode de Bland-Altman : écart entre les 2 méthodes selon le niveau moyen de



l'apport de potassium

3.4.5 Comparaison entre les différents ratios

Le *tableau 8* montre les coefficients de corrélations entre les 3 ratios : protides urinaires / protides enquête alimentaire, potassium urinaire / potassium enquête alimentaire et le ratio apport calorique / métabolisme de base. Les corrélations sont toutes significativement différentes de 0 ($p < 0,001$) et sont relativement bonnes. Entre les deux ratios prenant en compte un marqueur urinaire, les 2 corrélations sont comprises entre 0,63 et 0,71. Le regroupement des hommes et des femmes améliore le niveau de la corrélation à 0,72. La corrélation avec le ratio utilisé pour la validité interne des données est également d'un bon niveau, en particulier avec le ratio protides urinaires / protides enquête alimentaire.

Tableau 8 : Corrélations, chez les femmes et les hommes entre les ratios protides théoriques / protides observés, potassium théorique / potassium observé et apport calorique / métabolisme de base

	Protides Urin. / Protides Enq. Alim	Potass. Urin. / Potass. Enq. Alim	Apport calorique / métabolisme de base
<i>Femmes \ Hommes</i>			
Protides Urin. / Protides Enq. Alim		0,63	-0,50
Potass. Urin. / Potass. Enq. Alim	0,71		-0,48
Apport calorique / métabolisme de base	-0,62	-0,46	

3.4.6 Différences entre les sujets selon le niveau du ratio Protides théorique / protides observés

Les 134 sujets ont été regroupés en 4 groupes définis selon les valeurs des quartiles du ratio Apport de protides théorique / Apport de protides observé.

Le *tableau 9* présente les résultats de cette comparaison entre les 4 groupes. Comme il y avait une proportion croissante de femmes avec l'augmentation du ratio, les comparaisons ont été effectuées après ajustement sur le sexe. Les facteurs qui étaient modifiés par la prise en compte du sexe à savoir les apports de nutriments et les consommations alimentaires, sont présentés sous la forme moyenne ajustée \pm écart-type de la moyenne ajustée (variables situées au-dessous du double trait qui coupe le tableau). Le ratio apport calorique / métabolisme de base a été utilisé pour déterminer des sujets sous-estimateurs de l'apport calorique à l'aide de valeurs seuils définis par Golberg et *coll.* [15]. Ni l'IMC, ni l'âge n'étaient significativement différents entre les 4 groupes. En revanche, la proportion de sous-estimateurs définis à partir de l'apport calorique augmentait très fortement entre les 4 groupes. On observe que les apports de lipides et de glucides ainsi que l'apport calorique diminuaient très significativement avec l'augmentation du ratio Apport théorique / Apport observé. Les consommations rapportées –uniquement chez ceux qui avaient consommé un aliment de ce type – de fromages, de viande «rouge», de volailles et également de sucres et de produits sucrés étaient significativement plus faibles dans le groupe présentant le plus fort ratio. Des tendances similaires, mais non significatives étaient observées pour les aliments de type pain, pâtisserie et gâteau, et charcuterie. Pour les autres grandes familles d'aliments, aucune différence majeure n'a été observée.

Tableau 9 : Comparaison de facteurs nutritionnels et de consommations alimentaires entre les 4 groupes définis à partir des quartiles de la distribution du ratio protéides théoriques / protéides observés

	GI (n=33)	G II (n=34)	G III (n=34)	G IV (n=33)
Ratio Prot U / Prot Enq Alim.***	0,88 ± 0,07	1,07 ± 0,05	1,21 ± 0,05	1,52 ± 0,19
Femmes (%) *	50	59	68	70
Age (ans)	58 ± 6	56 ± 6	56 ± 7	57 ± 6
IMC (kg/m ²)	23,7 ± 3,4	24,1 ± 4,7	24,3 ± 4,2	24,2 ± 3,8
Apport calorique (kcal/j) ***	2322 ± 504	2210 ± 544	1896 ± 438	1701 ± 460
Ratio AC / MB***	1,63 ± 0,31	1,48 ± 0,25	1,31 ± 0,21	1,20 ± 0,26
Sous-estimeurs ^a (%) ***	3	9	18	45
Lipides (g/j)***	94 ± 4	91 ± 4	79 ± 4	73 ± 4
Protéides (g/j)***	90 ± 3	83 ± 3	70 ± 3	62 ± 3
Glucides (g/j)**	244 ± 10	248 ± 10	226 ± 10	198 ± 10
Potassium (mg/j)	3379 ± 123	3199 ± 122	2799 ± 123	2679 ± 126
Ratio Potass U / Potass EA ***	1,10 ± 0,05	1,21 ± 0,05	1,40 ± 0,05	1,69 ± 0,05
Pain (g/j)	148 ± 11	136 ± 11	121 ± 11	118 ± 11
Pâtisseries et gâteaux (g/j)	46 ± 6	52 ± 7	42 ± 7	35 ± 7
Fromages (g/j) *	45 ± 5	45 ± 4	38 ± 4	27 ± 4
Viandes "rouges" (g/j) *	62 ± 6	62 ± 6	57 ± 6	43 ± 6
Volailles (g/j) *	60 ± 7	47 ± 7	47 ± 8	32 ± 7
Charcuteries (g/j)	35 ± 4	37 ± 4	38 ± 4	26 ± 4
Sucres et produits sucrés(g/j) *	34 ± 5	39 ± 5	42 ± 5	23 ± 5

Lecture :^a défini à l'aide du ratio apport calorique / métabolisme de base estimé et des valeurs seuils définies par Goldberg; *, **, *** p < 0,05, p < 0,01, p < 0,001 entre les 4 groupes

3.5 Discussion et conclusions

3.5.1 Limite de l'étude

La principale limite de cette étude repose sur la population étudiée qui est un échantillon d'une cohorte de sujets inclus dans une étude qui dure depuis 1994. Par conséquent, ces sujets sont habitués à rapporter leur consommation alimentaire et sont davantage concernés par leur alimentation. Ils sont de plus habitués à recevoir des consignes et à les suivre. Il s'agit donc d'une population «idéale» pour valider un outil. Néanmoins, il serait impossible de développer une méthodologie si lourde dans une population «tout venant». Si la méthodologie d'enquête n'avait pas été valide dans cette population «idéale», on peut être certain qu'elle ne l'aurait pas été en population générale.

3.5.2 Validité de l'apport protéidique

Le niveau de la corrélation entre l'apport de protéide estimé à partir du recueil urinaire et celui estimé à partir de l'enregistrement de 7 jours est d'un bon niveau (r=0,69) par rapport aux enquêtes de validation qui ont précédemment été réalisées. Pour un enregistrement de 7 jours, la corrélation entre ces deux méthodes d'estimation est généralement comprise entre 0,5 et 0,7 [4, 13, 32]. Notre méthodologie se situe donc dans la partie supérieure de cette fourchette. Les différentes méthodologies d'enquête alimentaire validées par rapport à l'azote urinaire ou par rapport à l'eau doublement marquée ont montré qu'à l'exception de la méthode d'enregistrement par pesée de 7 jours, l'enregistrement de la consommation de 7 jours était la méthode la plus précise [4]. Les ordres de grandeur de la différence moyenne entre les deux estimations (9 g / jour en moyenne) et surtout de son

écart-type, sont également proches – voire moindres - de ceux observés dans d'autres enquêtes [4, 22, 32]. Cette étude de validation montre que l'enregistrement de la consommation sur 7 jours permet d'avoir une bonne estimation de la moyenne de l'apport protidique d'une population. En revanche, au niveau individuel, les écarts peuvent s'éloigner fortement de la réalité. Comme la majorité des aliments consommés contient des protides, on peut supposer que les apports d'autres macronutriments (lipides, glucides) et donc également de calories sont correctement estimés avec la méthodologie du carnet de consommation de 7 jours. Cette hypothèse est confirmée d'une part, par la corrélation assez bonne qui a été observée entre les ratios apport théorique en protides / apport observé en protides et apport calorique / métabolisme de base et d'autre part, par le fait que les apports de lipides et glucides ont été trouvés associés négativement au ratio apport théorique en protides / apport observé en protides.

3.5.3 Validité de l'apport potassique

La comparaison entre apport théorique et observé en potassium est plus difficile à comparer avec d'autres études car très peu ont utilisé ce minéral pour valider leur méthodologie [4, 12, 32] et lorsqu'il a été utilisé, la méthode à valider était différente de la nôtre. En revanche, ces études ont généralement utilisé à la fois l'azote et le potassium comme marqueurs des apports alimentaires et elles ont généralement trouvé des résultats similaires voire même meilleurs avec le potassium. Dans notre étude, la comparaison entre les apports de potassium théorique et observé fournit de moins bons résultats que la comparaison avec l'azote. La sous-estimation moyenne de l'apport potassique est de 33 % alors qu'elle est de 17 % pour l'apport de protides. Surtout, un sujet sur deux est classé dans le même groupe avec les deux méthodes d'estimation de l'apport protidique alors que seulement 37 % sont dans ce cas au niveau de l'apport de potassium. Ces différences sont plus prononcées dans la population féminine de notre échantillon. A cela, on peut avancer plusieurs raisons. Tout d'abord, la variabilité intra-individuelle de l'apport théorique en potassium estimé à l'aide des recueils urinaires était plus élevée que celle de l'apport théorique en protides (23 % contre 16 %). Ensuite, dans l'échantillon féminin, la part de la variabilité intra-individuelle par rapport à la variabilité totale de l'apport observé par l'enregistrement alimentaire de 7 jours était également plus élevée pour le potassium. En outre, les protides sont présents dans la majorité des aliments que nous consommons contrairement au potassium qui est plus spécifique de certains aliments ce qui peut expliquer une variabilité beaucoup plus importante d'un jour à l'autre selon les aliments consommés. Enfin, il faut signaler que les tables de composition françaises sont nettement moins précises et possèdent davantage de données manquantes en matières de teneurs des aliments en minéraux, notamment en potassium que pour les macronutriments. Ces différents paramètres expliquent la moins bonne estimation des apports de potassium. Afin d'avoir une estimation correcte du potassium consommé, il faudrait avoir un nombre de jours d'enquête supérieur à 7.

3.5.4 Caractéristiques des sujets ayant sous-estimé leur apport protidique

La sous-estimation des apports protidiques observée dans ce travail semble être plus prononcée chez les femmes que chez les hommes (21 % contre 10 %) sans que cela n'altère la qualité du classement des sujets. Cette sous-estimation, aussi bien des apports protidiques que caloriques, plus prononcée chez les femmes a été mise en évidence dans d'autres études [19, 21] mais pas de manière systématique [29, 8, 25]. Néanmoins ce phénomène s'explique plutôt par des préoccupations vis-à-vis de l'alimentation et du poids, davantage prononcées chez les femmes, et par l'existence d'un biais de « désirabilité sociale » - biais consistant à répondre à un questionnaire d'une manière à donner une bonne image de soi [17] - également plus fréquemment rencontré dans la population féminine. Une étude américaine a d'ailleurs récemment confirmé l'importance de l'association entre la désirabilité sociale et la sous-estimation de l'alimentation [44]

Chez les hommes, la validité du recueil de l'apport protéique a été trouvée altérée chez les sujets en surpoids ou obèses. Ces résultats sont conformes avec ceux d'autres études qui ont trouvé que les sujets présentant une surcharge pondérale rapportaient des apports caloriques et/ou protéiques nettement inférieurs à leurs dépenses [8, 18, 19, 25]. En revanche, les études qui ont validé conjointement les apports caloriques et protéiques ont montré que cette relation avec le surpoids était moins prononcée avec la sous-estimation protéique qu'avec la sous-estimation calorique [18]. Ce résultat peut expliquer l'absence d'association avec la surcharge pondérale chez les femmes.

Les aliments dont la consommation a été trouvée différente selon le degré de sous-estimation sont relativement conformes avec ceux observés dans d'autres études [6, 26]. Cependant l'analyse devrait être réalisée de manière plus fine pour mettre en évidence des aliments spécifiquement rapportés moins fréquemment ou en moindres quantités.

Conclusions

La mise en évidence d'une bonne estimation de l'apport protéique, et dans une moindre mesure de l'apport potassique, permet de considérer la méthodologie employée comme valide pour mesurer la consommation alimentaire dans son ensemble. Néanmoins pour la détermination des valeurs extrêmes d'apports et/ou de consommations, il faut nuancer les résultats du fait que des écarts importants peuvent être observés par rapport à la réalité. Cette observation est malheureusement fréquemment oubliée lors de l'interprétation des résultats d'enquêtes nutritionnelles.

Ces travaux seront poursuivis en comparant notamment les sujets selon la validité de leur apport protéique, pour leurs habitudes alimentaires rapportées à l'aide d'un questionnaire.

Bibliographie

- [1] Afssa, "Rapport Sel: évaluation et recommandations", 200 p, 2002.
- [2] Basdevant A., Charles M.A., Eschwege E., Joubert J.M., Miloradovich T., Chevalier H., Touboul C., "Rapport ObEpi 2000. Le surpoids et l'obésité en France", Institut Roche de l'obésité, 70 p, 2000.
- [3] Beaton G.H., Milner J., McGuire V., Feather T.E., Little J.A., "Source of variance in 24-hour dietary recall data: Implications for nutrition study design and interpretation", *American Journal of Clinical Nutrition*, vol 37, pp 986-995, 1983.
- [4] Bingham S.A., Cassidy A., Cole T.J., Welch A., Runswick S.A., Black A.E., Thurnham D., Bates C., Khaw K.T., Key T.J.A., Day N.E., "Validation of weighed records and other methods of dietary assessment using the 24 h urine nitrogen technique and other biological markers", *British Journal of Nutrition*, vol 73, pp 531-550, 1995.
- [5] Bingham S.A., Cummings J.H., "Urine nitrogen as an independent validatory measure of dietary intake: a study of nitrogen balance in individuals consuming their normal diet", *American Journal of Clinical Nutrition*, vol 74, pp 1276-1289, 1985.
- [6] Bingham S.A., Gill C., Welch A., Day K., Cassidy A., Khaw K.T., Sneyd M.J., Key T.J.A., Roe L., Day N.E., "Comparison of dietary assessment methods in nutritional epidemiology: weighed records v. 24h recalls, food-frequency questionnaires and estimated-diet records", *British Journal of Nutrition*, vol 72, pp 619-643, 1994.
- [7] Bingham S.A., "The use of 24-h urine samples and energy expenditure to validate dietary assessments", *American Journal of Clinical Nutrition*, vol 59 (Suppl) pp 227S-231S, 1994.
- [8] Black A.E., Bingham S.A., Johansson G., Coward W.A., "Validation of dietary intakes of protein and energy against 24 hour urinary N and DLW energy expenditure in middle-aged women, retired men and post-obese subjects: comparisons with validation against presumed requirements", *European Journal of Clinical Nutrition*, vol 51, pp 405-413, 1997.
- [9] Black A.E., Coward W.A., Cole T.J., Prentice A.M., "Human energy expenditure in affluent societies: an analysis of 574 doubly-labelled water measurements", *European Journal of Clinical Nutrition*, vol 50, pp 72-92, 1996.
- [10] Black A.E., Prentice A.M., Goldberg G.R., Bingham S.A., Livingstone M.B.E., Coward W.A., "Measurements of total energy expenditure provide insights into the validity of dietary measurements of energy intake", *Journal of the American Dietetic Association*, vol 93, pp 572-579, 1993.
- [11] Bland J.M., Altman D.G., "Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement", *Lancet*, pp: 307-310, 1986.
- [12] Block G., "A review of validations of dietary assessment methods", *American Journal of Epidemiology*, vol 115, n°4, pp 492-505, 1982.
- [13] Day N.E., McKeown N., Wong M.Y., Welch A., Bingham S., "Epidemiological assessment of diet: a comparison of a 7-day diary with a food frequency questionnaire using urinary markers of nitrogen, potassium and sodium", *International Journal of Epidemiology*, vol 30, pp 309-317, 2001.
- [14] Feinberg M., Favier J.C., Ireland-Ripert J. Répertoire général des aliments. Table de composition, Tec & Doc, Lavoisier et INRA Editions, Paris, 1995.
- [15] Goldberg G.R., Black A.E., Jebb S.A., Cole T.J., Murgatroyd P.R., Coward W.A., Prentice A.M., "Critical evaluation of energy intake data using fundamental principles of energy physiology: 1. Derivation of cut-off limits to identify under-recording", *European Journal of Clinical Nutrition*, vol 45, pp 569-81, 1991.
- [16] Goris A.H.C., Westerterp-Plantenga M.S., Westerterp K.R., "Undereating and underreporting of habitual food intake in obese men: selective underreporting of fat intake", *American Journal of Clinical Nutrition*, vol 71, pp 130-134, 2000.
- [17] Hebert J.R., Clemow L., Pbert L., Ockene I.S., Ockene J.K., "Social desirability bias in dietary self-report may compromise the validity of dietary intake measures", *International Journal of Epidemiology*, vol 24, pp 389-398, 1995.

- [18] Heitmann B.L., Lissner L., “Dietary underreporting by obese individuals-is it specific or non-specific?”, *British Medical Journal*, vol 311, pp 986-989, 1995.
- [19] Heitmann B.L., “The influence of fatness, weight change, slimming history and other lifestyle variables on diet reporting in adult Danish men and women aged 35-65 years” *International Journal of Obesity*, 17, pp 329-336, 1993.
- [20] Hercberg S., Galan P., Preziosi P., Roussel A.M., Arnaud J., Richard M.J., Malvy D., Paul-Dauphin A., Favier A., “Background and rationale behind the SU.VI.MAX Study. A prevention trial using nutritional doses of a combination of antioxidant vitamins and minerals to reduce cardiovascular diseases and cancers“, *International Journal of Vitamines Nutrition Research*, vol 68, pp 3-20, 1998.
- [21] Hill R.J., Davies P.S.W., “The validity of self-reported energy intake as determined using the doubly labelled water technique”, *British Journal of Nutrition*, vol 85, pp 415-430, 2001.
- [22] Isaksson B., “Urinary nitrogen output as a validity test in dietary surveys”, *American Journal of Clinical Nutrition*, vol 33, pp 4-5, January 1980.
- [23] Krebs-Smith S.M., Graubard B.I., Kahle L.L., Subar A.F., Cleveland L.E., Ballard-Barbash R., “Low energy reporters vs others: a comparison of reported food intakes”, *European Journal of Clinical Nutrition*, vol 54, pp 281-287, 2000.
- [24] Kroke A., Klipstein-Grobusch K., Voss S., Möseneder J., Thielecke F., Noack R., Boeing H., “Validation of a self-administered food frequency questionnaire administered in the EPIC study: comparison of energy, protein, and macronutrient intakes estimated with the doubly labelled water, urinary nitrogen, and repeated 24-h dietary recall methods”, *American Journal of Clinical Nutrition*, vol 70, pp 439-447, 1999.
- [25] Lafay L., Basdevant A., Charles M.A., Borys J.M., Eschwège E., Romon M., “Determinants and nature of dietary underreporting in a free-living population: the Fleurbaix Laventie Ville Santé (FLVS) study”, *International Journal of Obesity*, vol 21, pp 567-573, 1997.
- [26] Lafay L., Mennen L., Basdevant A., Charles M.A., Borys J.M., Eschwège E., Romon M. and the FLVS study group, “Does energy intake underreporting involve all kind or only specific food items? Results from the Fleurbaix Laventie Ville Santé (FLVS) study”, *International Journal of Obesity* vol 24, pp 1500-1506, 2000.
- [27] Lafay L., Volatier J.L., Martin A., “ Les repas servis en restauration scolaire : apports nutritionnels, alimentaires et impact sur la nutrition des enfants “, *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, vol 37, n°6, pp 395-404, 2002.
- [28] Le Moullec N., Deheeger M., Preziosi P., et al. “Validation du manuel-photos utilisé pour l’enquête alimentaire de l’étude SU.VI.MAX. “ *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, vol 31, pp 158-163, 1996.
- [29] Livingstone M.B., Prentice A.M., Strain J.J., Coward W.A., Black A.E., Barker M.E., McKenna P.G., Whitehead R.G., “Accuracy of weighed dietary records in studies of diet and health”, *British Medical Journal*, vol 300, pp 708-712, 1990.
- [30] Martin A., “Apports nutritionnels conseillés pour la population française”, 3^e ed., Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 603 p., 2001.
- [31] Martin L.J., Su W., Jones P.J., Lockwood G.A., Tritchler D.L., Boyd N.F., “Comparison of energy intakes determined by food records and doubly labelled water in women participating in a dietary-intervention trial”, *American Journal of Clinical Nutrition*, vol 63, pp 483-490, 1996.
- [32] McKeown N.M., Day N.E., Welch A., Runswick S.A., Luben R.N., Mulligan A.A., McTaggart A., Bingham S., “Use of biological markers to validate self-reported dietary intake in a random sample of the EPIC-UK Norfolk cohort”, *American Journal of Clinical Nutrition*, vol 74, pp 188-196, 2001.
- [33] Mertz W., Tsui J.C., Judd J.T., Reiser S., Hallfrisch J., Morris E.R., Steele P.D., Lashley E., “What are people really eating? The relation between energy intake derived from estimated diet records and intake determined to maintain body weight”, *American Journal of Clinical Nutrition*, vol 54, pp 291-295, 1991.
- [34] Ministère de l’Emploi et de la Solidarité, Ministère délégué à la Santé, “Programme National Nutrition-Santé 2001-2005“, 52 p, juillet 2001.

- [35] Musse N., Méjean L., “Les enquêtes alimentaires chez l’homme”, *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, vol 26, n°4, pp 238-240, 1991.
- [36] Nelson M., Black A.E., Morris J.A., Cole T.J., “Between- and within-subject variation in nutrient intake from infancy to old age: estimating the number of days required to rank dietary intake with required precision”, *American Journal of Clinical Nutrition*, vol 50, pp 156-167, 1989.
- [37] Prentice A.M., Black A.E., Coward W.A., Davies H.L., Goldberg G.R., Murgatroyd P.R., Ashford J., Sawyer M., Whitehead R.G., “High levels of energy expenditure in obese women”, *British Medical Journal*, vol 292, pp 983-987, 1986.
- [38] Prentice A.M., Coward W.A., Davies H.L., Murgatroyd P.R., Black A.E., Goldberg G.R., Ashford J., Sawyer M., Whitehead R.G., “Unexpectedly low levels of energy expenditure in healthy women”, *The Lancet*, pp 1419-1422, 1985.
- [39] Price G.M., Paul A.A., Cole T.J., Wadsworth E.J., “Characteristics of the low-energy reporters in a longitudinal national dietary survey”, *British Journal of Nutrition*, vol 77, pp 833-851, 1997.
- [40] Schoeller D.A., Ravussin E., Schultz Y., Acheson K., Baertschi P., Jequier E., “Energy expenditure by doubly labelled water: validations in humans and proposed calculation”, *American Journal of Physiology*, 250, pp 823-30, 1986.
- [41] Schoeller D.A., “Limitations in the assessment of dietary energy intake by self-report”, *Metabolism*, vol 44 (suppl 2), pp 18-22, 1995.
- [42] Schofield W.N., Schofield C., James W.P.T., “Basal metabolic rate”, *Human Nutrition Clinical Nutrition*, vol 39C(suppl. 1), pp 1-96, 1985.
- [43] Speakman J.R., “The history and theory of the doubly labeled water technique” *American Journal of Clinical Nutrition*, 68 (suppl), pp 932S-938S, 1998.
- [44] Taren D.L., Tobar M., Hill A., Howell W., Shisslak C., Bell I., Ritenbaugh C., “The association of energy intake bias with psychological scores of women”, *European Journal of Clinical Nutrition*, vol 53, pp 570-578, 1999.
- [45] Volatier J.L., “Enquête Individuelle et Nationale sur les Consommations Alimentaires (INCA), chapitre 1, Méthodologie et présentation générale”, Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 1998, 13-20.
- [46] WHO World Health Organization, “Obesity: preventing and managing the global epidemic. report of a WHO consultation on Obesity”, Geneva, 3-5 june 1997 (WHO/NUT/NCD/98.1), 1998.
- [47] Willett W. “Nutritional Epidemiology”, Second edition. New-York: Oxford University Press, 1998, Monographs in Epidemiology and Biostatistics, volume 30, 514 p.
- [48] Zhang J., Temme E.H.M., Sasaki S., Kesteloot H., “Under- and overreporting of energy intake using urinary cations as biomarkers: relation to body mass index”, *American Journal of Epidemiology*, vol 152, n°5, pp 453-462, 2000.

