

## Introduction

*La connaissance de la composition chimique des aliments est fondamentale dans le traitement diététique des maladies ou pour toute étude quantitative sur la nutrition humaine.*

*(McCance et Widdowson, 1940)*

Cette déclaration reste aussi valable aujourd'hui qu'elle ne l'était en 1940, lorsqu'elle constituait la première phrase d'introduction d'un livre devenu maintenant la banque de données nutritionnelles officielle du Royaume-Uni (Food Standards Agency, 2002a).

Les tables de composition des aliments imprimées étaient une source traditionnelle d'informations sur la composition des aliments; elles sont maintenant remplacées par des banques de données informatisées à partir desquelles les versions imprimées sont habituellement produites. Ces informations sont largement utilisées dans les secteurs de la santé, de l'agriculture et du commerce.

Les données sont utilisées pour des recherches sur les régimes alimentaires, la santé, la reproduction, la croissance et le développement. Elles servent également, dans la pratique clinique, à mettre au point des régimes ayant une composition nutritionnelle spécifique, à établir des rations alimentaires et à organiser les approvisionnements de l'aide alimentaires. Sur le plan national et international, les données sur la composition des aliments servent à évaluer la valeur nutritionnelle des aliments consommés à l'échelle des individus et des populations.

La reconnaissance du rôle du régime alimentaire dans le développement de nombreuses maladies (McGovern, 1977), a entraîné une augmentation du nombre et de la gamme des études sur les relations entre régime alimentaire, santé et maladie. Cela a conduit à mettre davantage l'accent sur les données nutritionnelles. Willett (1998) a attiré l'attention sur ce point et sur la nécessité de réviser régulièrement les banques de données: «Les régimes alimentaires des populations humaines sont extrêmement complexes... Une meilleure connaissance du rapport entre alimentation et maladies est généralement obtenue en analysant les régimes alimentaires du point de vue des aliments et de leurs constituants. Le calcul de l'apport en nutriments et autres constituants nécessite une base de données sur la composition des aliments complète et à jour.»

Grâce aux preuves fournies par ces études épidémiologiques, des recommandations en vue d'adopter une alimentation saine se sont multipliées aux niveaux national et international. Les données sur la composition constituent les bases nécessaires à l'élaboration de programmes d'éducation pour le choix de régimes alimentaires sains. Toujours dans le but de conseiller les consommateurs, de nombreux gouvernements ont instauré un étiquetage nutritionnel des aliments. Certains pays exigent des producteurs du secteur alimentaire qu'ils fournissent leurs propres données analytiques sur la composition des produits.

Toutefois, dans des circonstances appropriées, la plupart des réglementations autorisent l'utilisation de données de composition issues d'une compilation de référence, par exemple une banque de données nationale sur la composition des aliments, en remplacement d'une analyse directe. Cela donne aux banques de données de composition une fonction quasi réglementaire et renforce la nécessité d'assurer la maintenance de données de qualité tant sur le plan de la représentativité des échantillons que de la qualité des données analytiques elles-mêmes.

La connaissance de la composition des aliments constitue souvent un avantage commercial puisque les pays importateurs ayant un étiquetage nutritionnel réglementé préfèrent (et peuvent exiger) que les denrées importées soient conformes aux normes prévues pour les produits locaux.

Les banques de données informatisées présentent plusieurs avantages substantiels par rapport aux tables de composition papier: elles peuvent contenir davantage d'informations et les données peuvent être utilisées beaucoup plus facilement pour des calculs. L'information peut aussi être présentée assez facilement sous divers formats afin de satisfaire les besoins des différents utilisateurs. Cet avantage de facilité de calcul est particulièrement important pour les épidémiologistes de la nutrition car ils travaillent fréquemment sur un très grand nombre de sujets et des enregistrements nombreux et variés de consommation alimentaire.

La fiabilité des études épidémiologiques peut être grandement augmentée lorsqu'elles sont menées au niveau international. Pour que cela soit faisable, il faut, d'une part, des données de consommation alimentaire compatibles et, d'autre part, des banques de données nationales de composition compatibles. Dans ce contexte, le terme «compatible» signifie «capables d'être utilisées ensemble».

Établir un réseau mondial de banques de données compatibles sur la composition des aliments est la raison d'être du programme d'INFOODS – Réseau international des systèmes de données sur l'alimentation – qui a été établi en 1984 sur la base des recommandations d'un groupe international, et qui fonctionne sous les auspices de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et de l'Université des Nations Unies (UNU). Son but est de stimuler et de coordonner les efforts d'amélioration de la qualité et de la disponibilité des données d'analyse des aliments à travers le monde entier et d'assurer que quiconque, en tout lieu, puisse obtenir des données adéquates et fiables sur la composition des aliments. Ce réseau a établi un cadre pour le développement de normes et de lignes directrices pour la collecte, la compilation et la communication de données sur la composition des aliments.

Ce livre poursuit l'effort d'INFOODS et s'appuie sur des ouvrages précédents (Klensin *et al.*, 1989; Rand *et al.*, 1991; Klensin, 1992; Greenfield et Southgate, 1992). Les principes

et lignes directrices qu'il contient visent à aider les personnes et les organisations impliquées dans l'élaboration de banques de données sur la composition des aliments. L'objectif principal est de montrer comment obtenir des informations répondant aux exigences d'un système de base de données qui soit compatible à l'échelle mondiale avec des systèmes existants ou en développement.

Le présent ouvrage se concentre sur les domaines relatifs à la collecte d'informations fondamentales pour la détermination de la qualité des données et qui doivent donc être étroitement contrôlées.

Il est important de savoir que le terme «lignes directrices» n'est pas utilisé dans un sens normatif mais dans le sens de «principes» de développement des banques de données. Ces principes résultent et sont inspirés de l'expérience acquise avec le développement de banques de données au cours de nombreuses années et dans différents pays. Les lignes directrices n'établissent pas de protocoles détaillés pour l'échantillonnage et l'analyse mais fournissent des exemples d'approches qui ont été appliquées avec succès. Dans de nombreux pays, les protocoles sont élaborés dans un cadre juridique qui doit naturellement être respecté. Toutefois, par la description et l'examen des options disponibles, les lignes directrices peuvent suggérer certaines révisions de programmes déjà établis.

Les sciences de la nutrition et de l'analyse chimique ne cessent de se développer et cela pourrait déboucher sur de meilleures approches que celles établies dans ces lignes directrices. Il est prévu que ces principes serviront de cadre pour le développement futur de programmes relatifs aux données de composition des aliments.

La structure du livre suit les étapes d'un programme idéal de préparation d'une banque de données sur la composition des aliments. Le Chapitre 1 décrit les différentes utilisations possibles d'une base de données sur la composition des aliments, utilisations que les compilateurs (personnes chargées de collecter, d'évaluer et de rendre disponibles les données) doivent connaître afin de répondre aux besoins des utilisateurs. Le Chapitre 2 décrit la structure globale des programmes de création ou de révision de la base de données. Les chapitres suivants traitent de la sélection des aliments à inclure (Chapitre 3) et de la sélection des nutriments (Chapitre 4). Le Chapitre 5 décrit les principes de l'échantillonnage des aliments et le Chapitre 6 se penche sur la sélection des méthodes d'analyse et leur évaluation. Le Chapitre 7 donne une revue critique des méthodes disponibles pour l'analyse des nutriments, en particulier des méthodes compatibles au niveau international. Le Chapitre 8 décrit les principes d'évaluation de la qualité des données d'analyse. Le Chapitre 9 porte sur la présentation des données et les modes d'expression, points déterminants pour assurer la compatibilité des données. Le Chapitre 10 examine la compilation des données à inclure dans la base de données informatisée. Les processus et la conception des systèmes informatisés pour des banques de données sur la composition sortent du cadre de ce livre. Le Chapitre 11 décrit les limites intrinsèques des banques de données de composition nutritionnelle et de leur utilisation. Ce chapitre dispense également des conseils pour une bonne utilisation de ces données. Enfin, le Chapitre 12 discute des besoins futurs dans le domaine de la composition des aliments.

## Chapitre 1

### Données et banques de données sur la composition des aliments

Les premières études sur la composition des aliments avaient pour objectif d'identifier et de déterminer la nature chimique des principaux constituants des aliments ayant une influence sur la santé humaine. Ces études analysaient également la manière dont les constituants chimiques exercent leur influence et fournissaient les bases de la nutrition (McCollum, 1957), et elles continuent de jouer un rôle de premier plan dans les progrès de cette science. Les connaissances dans ce domaine sont actuellement encore incomplètes et il est donc nécessaire de mener des études, en s'appuyant souvent sur des moyens de plus en plus sophistiqués, concernant la composition des aliments, le rôle de leurs constituants et leurs interactions avec la santé et les maladies.

Somogyi (1974) a reproduit une page de la première table de composition des aliments, datée de 1818. Depuis, il est devenu habituel d'enregistrer les données sur la composition des aliments dans des tables imprimées à l'usage des spécialistes et des non-spécialistes. Même si l'on continue à produire des tables imprimées, elles ont été remplacées, dans certains cas, par des systèmes informatisés de données car ils facilitent le stockage des données, l'accès et le traitement de grandes quantités de données.

Ces systèmes sont de plus en plus utilisés pour créer des tables de composition des aliments imprimées ou informatisées et des fichiers de données. En général, ceux-ci ne contiennent qu'un sous-ensemble de nutriments et d'aliments et souvent aucune documentation. Un seul système de données informatisé peut produire un grand nombre de tables et de fichiers, contenant chacun des sous-ensembles particuliers de données numériques, descriptives et graphiques. Citons, à titre d'exemple, les différentes bases de données utilisateur mises en place en Nouvelle-Zélande (Burlingame, 1996).

Les études réalisées sur les relations entre l'alimentation et la santé ont augmenté l'intérêt pour une série de constituants bioactifs présents dans les aliments et il est souvent indispensable de disposer de données sur ces constituants, ainsi que sur les additifs et les contaminants. Il est possible d'introduire dans un système de gestion des données bien conçu celles ne concernant pas les nutriments, bien qu'elles ne doivent pas détourner l'objectif principal du programme de la banque de données, c'est-à-dire fournir des données sur la teneur en nutriments des aliments.

## Méthodes utilisées pour compiler des banques de données sur la composition des aliments

Les premières tables de composition des aliments étaient fondées sur des analyses effectuées dans les laboratoires de scientifiques, tels que Von Voit en Allemagne, Atwater aux États-Unis et Plimmer au Royaume-Uni (Somogyi, 1974; Atwater et Woods, 1896; Widdowson, 1974). Puis, les États-Unis ont commencé à compiler des tables à l'aide de données vérifiées provenant d'un certain nombre de laboratoires. Un élément de cette procédure a été introduit dans les tables britanniques, où la troisième édition de McCance et Widdowson (1940) comprenait des valeurs pour les vitamines et les acides aminés provenant de la littérature. Southgate (1974) a distingué ces deux méthodes, comme la méthode directe et la méthode indirecte de compilation des tables. Ces méthodes, et d'autres procédures pour compiler des données sur la composition des aliments, ont été décrites par INFOODS (Rand *et al.*, 1991).

### Méthode directe

Un avantage de la méthode directe, pour laquelle toutes les valeurs résultent d'analyses effectuées spécifiquement pour la banque de données à compiler, est qu'un contrôle étroit des procédures d'échantillonnage, d'analyse et de contrôle de la qualité produisent des données très fiables. Au Royaume-Uni, les premiers spécialistes de la composition des aliments ont analysé séparément différents achats du même aliment, mais sans procéder à des analyses en double, afin d'obtenir quelques informations sur la variabilité des nutriments dans chaque aliment (McCance et Shipp, 1933). Toutefois, dans les versions suivantes des tables britanniques, les divers achats des aliments étaient mélangés, réduisant ainsi les coûts et augmentant le nombre d'aliments pouvant être analysés dans un laps de temps donné (McCance, Widdowson et Shackleton, 1936). Même en suivant cette procédure, la méthode directe reste longue et coûteuse et grève lourdement les ressources disponibles pour l'analyse dans de nombreuses régions du monde.

### Méthode indirecte

La méthode indirecte utilise des données issues de la littérature publiée ou de rapports de laboratoire non publiés. Il y a par conséquent moins de contrôle sur la qualité des données, qui peut être variable. Il faudra donc être prudent pour évaluer si les données peuvent ou non être incluses dans la base de données. Dans certains cas, les valeurs sont imputées, calculées (voir ci-dessous), ou empruntées à d'autres tables ou banques de données, et il peut être impossible de retrouver la source originale; ces valeurs sont moins fiables. La méthode indirecte est celle que l'on emploie le plus couramment lorsque les ressources analytiques sont limitées ou lorsqu'une grande partie des aliments est importée d'autres pays disposant des données de composition. Bien que la méthode indirecte nécessite évidemment moins de ressources analytiques que la méthode directe, le niveau de vérification requis la rend souvent longue et coûteuse.

### Méthode combinée

La plupart des banques de données sur la composition des aliments sont aujourd'hui préparées à l'aide d'une combinaison des méthodes directe et indirecte, contenant des valeurs analytiques originales, des valeurs tirées de la littérature et d'autres banques de données, ainsi que des valeurs imputées et calculées. Cette méthode combinée est la plus rentable et convient particulièrement lorsque des aliments de base sont analysés directement, et que des données pour des aliments moins importants sont tirées de la littérature (y compris celle d'autres pays, si nécessaire). Toutefois, réduire la quantité de valeurs imputées et calculées augmente en principe la fiabilité et la représentativité de la base de données.

## Types de données sur la composition des aliments

Les banques de données sur la composition des aliments actuellement disponibles contiennent des valeurs de composition de qualité variable, ce qui reflète les différentes façons dont elles sont obtenues. Si les données doivent être utilisées au niveau international, il faut qu'elles soient d'une qualité homogène et compatibles entre elles afin de pouvoir être utilisées ensemble dans le cadre de collaborations entre individus et pays, dans les domaines de la recherche sur la nutrition, l'éducation nutritionnelle, la réglementation alimentaire, la production et la transformation des aliments. Les types et les sources de données peuvent être identifiés dans les banques de données par des codes (USDA, 2003a; Burlingame *et al.*, 1995a), comme cela se fait dans de nombreux pays, et par référence (Wu Leung, Butrum et Cheng, 1972). Par ordre de préférence, les sources de données sont les suivantes:

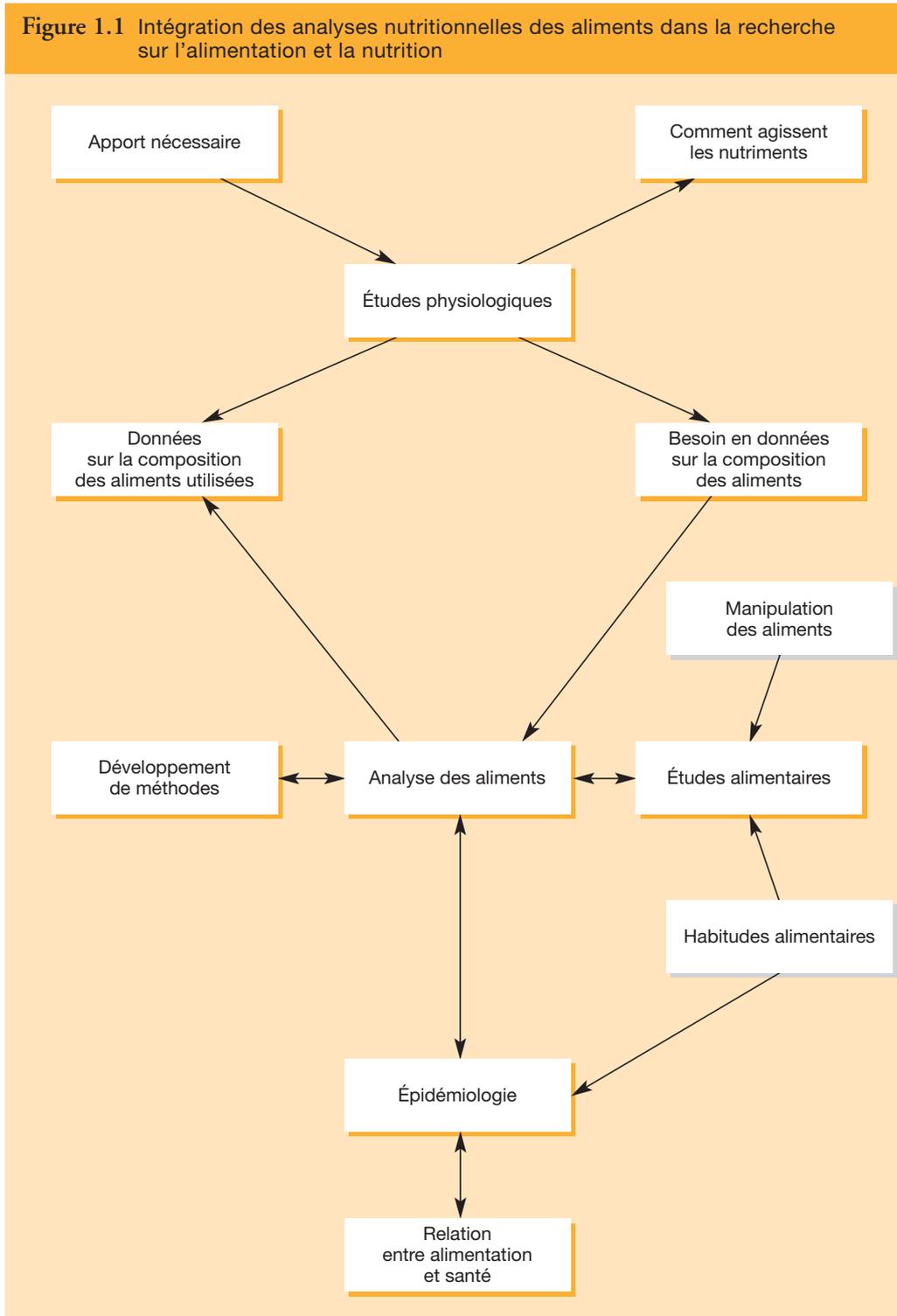
### Valeurs analytiques originales

Il s'agit de valeurs tirées de la littérature publiée ou de rapports de laboratoire non publiés. Ces valeurs proviennent ou non d'analyses effectuées expressément dans le but d'alimenter la banque de données. Elles peuvent être insérées dans la base de données telles quelles, après une sélection, un calcul de moyenne, ou une combinaison pondérée de valeurs analytiques afin de garantir une bonne représentativité des valeurs finales. Les valeurs originales calculées sont incluses dans cette catégorie (par exemple, valeurs des protéines calculées en multipliant la teneur en azote par le facteur approprié, ou acides gras pour 100 g d'aliments calculés à partir des valeurs des acides gras pour 100 g d'acides gras totaux).

### Valeurs imputées

Ces données sont des estimations dérivées de valeurs analytiques obtenues pour un aliment similaire (par exemple, des valeurs des petits pois appliquées aux haricots verts) ou pour une autre forme du même aliment (par exemple des valeurs «bouilli» utilisées pour «cuit à la vapeur»). Elles peuvent aussi dériver par calcul d'analyses incomplètes ou partielles d'un aliment (par exemple, teneur en glucides ou en eau calculée par différence, sodium dérivé des valeurs du chlore ou, plus fréquemment, chlore calculé à partir de la valeur du sodium). On

**Figure 1.1** Intégration des analyses nutritionnelles des aliments dans la recherche sur l'alimentation et la nutrition



peut faire les mêmes calculs en comparant les données pour différentes formes du même aliment (par exemple «sec» par rapport à «frais», ou «dégraissé» par rapport à «frais»).

### **Valeurs calculées**

Il s'agit de valeurs tirées de recettes, calculées à partir de la teneur en nutriments des ingrédients et corrigées par les facteurs de préparation: perte ou gain de poids (ou rendement) et les changements des teneurs en micronutriments (ou facteurs de rétention). Ces valeurs ne sont que des estimations approximatives, du fait que les conditions de préparation des recettes peuvent varier considérablement, par exemple température et durée de cuisson, et influencer ainsi sensiblement le rendement et le taux de rétention. Une autre méthode de calcul consiste à calculer les valeurs nutritionnelles des aliments cuits sur la base des aliments crus ou des aliments cuits de différentes manières, à l'aide d'algorithmes, du rendement et des facteurs de rétention.

### **Valeurs empruntées**

Il s'agit de valeurs issues d'autres tables et banques de données où il peut être possible ou non de se référer à la source originale. Cependant, il est nécessaire de se référer aux sources originales pour justifier une valeur empruntée. Dans certains cas, les valeurs empruntées devraient être adaptées aux différentes teneurs en eaux et/ou en lipides.

### **Valeurs présumées**

Ce sont des valeurs présumées comme étant à un certain niveau ou égales à zéro, conformément à la réglementation.

## Sources de données sur la composition des aliments

Les aliments sont analysés à différentes fins. Les banques de données sur la composition des aliments s'appuient sur des analyses nutritionnelles et toxicologiques conduites par les pouvoirs publics, les universités et l'industrie afin de déterminer les contributions potentielles au régime alimentaire, ainsi que la conformité réglementaire de la composition, la qualité, la sécurité sanitaire et l'étiquetage. Les aliments peuvent aussi être analysés dans un objectif de surveillance permanente de la disponibilité alimentaire (par exemple Bilde et Leth, 1990). Toutes ces études sur la composition produisent des données qui peuvent être prises en considération pour inclusion dans une base de données sur la composition des aliments.

### **Évaluation nutritionnelle des aliments**

Dans les études sur la nutrition humaine, idéalement, on étudie la composition des aliments dans un but de recherches en relation avec un ou plusieurs autres domaines de science de la nutrition (figure 1.1, page 8). Les données plus utiles sont celles qui concernent les aliments sous les formes où ils sont généralement consommés (voir Chapitre 5, Échantillonnage).

En agriculture, la prise de décisions en matière de politique et de programmes est généralement fondée sur des facteurs tels que la résistance aux maladies et le rendement, plutôt que sur des critères nutritionnels. De la même manière, en technologie alimentaire, les considérations économiques telles que l'attrait pour le consommateur et la rentabilité ont eu le plus d'effets sur le développement des produits. Toutefois, les comportements changent et la qualité nutritionnelle est maintenant l'un des facteurs pris en compte pour la sélection des cultivars et le développement d'aliments transformés.

La production, la manipulation, la transformation et la préparation des aliments affectent profondément la qualité nutritionnelle. De nombreux ouvrages ont été publiés sur les conséquences des pratiques agricoles (climat, géochimie, élevage, traitements après récolte), des méthodes de transformation (congélation, appertisation, séchage, extrusion) et des étapes de préparation des aliments (stockage, coupe, cuisson). Cependant, la majorité des études nutritionnelles dans ces domaines ne couvre que quelques nutriments (principalement les vitamines labiles); on trouve très peu d'informations sur l'ensemble des nutriments (Henry et Chapman, 2002; Harris et Karmas, 1988; Bender, 1978; Rechigl, 1982). Toutefois, les données provenant de ce type d'études peuvent souvent être utiles pour les banques de données de composition, soit comme donnée en soi, soit pour établir des rendements et des facteurs de rétention pertinents pour les calculs (voir Chapitre 9).

### Réglementations alimentaires

Les teneurs en certains nutriments, additifs et contaminants présents dans les aliments sont surveillées pour plusieurs raisons. Certains nutriments, par exemple, peuvent réagir de manière indésirable dans des conditions de transformations particulières, induisant des défauts organoleptiques ou affectant la sécurité sanitaire de l'aliment (par exemple, les acides gras *trans*). Les réglementations sur l'étiquetage exigent des teneurs imposées de nutriments dans des aliments spécifiques (par exemple les vitamines et les sels minéraux dans les aliments enrichis, les teneurs en acides gras polyinsaturés dans la margarine). Certaines substances toxiques sont limitées à des niveaux prescrits et sont surveillées par les services officiels, l'industrie et d'autres laboratoires. Les teneurs nutritionnelles des aliments manufacturés sont rarement communiquées aux compilateurs sous forme électronique et il faudra être attentif au stade de la compilation aux informations issues de l'étiquetage alimentaire.

### Gestion des données sur la composition des aliments

Les tables de composition des aliments étaient, aux débuts de la nutrition, la principale source d'informations sur la composition des aliments. Elles sont néanmoins limitées physiquement par le volume croissant de données sur la composition et la documentation relative (ou méta-données). Elles sont aussi coûteuses à mettre à jour, si bien que des données anciennes peuvent rester utilisées pendant plus de temps qu'il ne le faudrait. L'inconvénient majeur des tables papier est que leur utilisation pour faire des calculs nécessite un travail considérable. Au contraire, les banques de données de composition informatisées ne présentent pas cet inconvénient et remplacent les tables imprimées comme source principale de données sur la compo-

Tableau 1.1 Étapes de la gestion de données sur la composition des aliments

<i>Étapes</i>	<i>Description</i>	<i>Format</i>
Source de données	Littérature technique publique et privée contenant données analytiques, y compris articles publiés ou non et rapports de laboratoire	Telle que présentée par les auteurs originaux
Fichiers d'archives	Données d'origine transposées sur fichier de données sans agrégation ou modification; cohérence vérifiée	Un fichier de données par source originale indiquant les détails d'origine, le nombre d'échantillons, la manipulation des aliments et des échantillons d'analyse, la partie comestible, les déchets, les méthodes analytiques et le contrôle de qualité
Banque de données de référence	Données issues de tous fichiers d'archives d'un aliment pour former l'ensemble des données disponibles	Format commun
Banque de données utilisateur	Données sélectionnées ou combinées afin de fournir des valeurs moyennes ainsi qu'une estimation de la variance pour chaque aliment	Format commun

sition des aliments. Une banque de données de composition exhaustive devrait rassembler toutes les informations numériques, descriptives et graphiques sur les aliments.

Ce livre porte sur la production et l'évaluation de données de composition des banques de données informatisées, mais la démarche est aussi applicable aux données destinées à des tables de composition papier, puisque les principes impliqués sont quasi identiques.

Les données sur la composition des aliments peuvent être gérées à quatre niveaux différents qui, ensemble, constituent un mode de gestion efficace (tableau 1.1). Cette approche présente des avantages pour évaluer la qualité des données. Elles constituent un enchaînement des étapes.

### Niveau 1: sources de données

Il s'agit des documents de recherche publiés, des rapports de laboratoire non publiés et d'autres rapports contenant des données analytiques ainsi que leurs références bibliographiques. Normalement, les sources de données font partie de la base de données de référence.

### Niveau 2: données d'archives

Il s'agit de fichiers (écrits ou informatisés) qui contiennent toutes les données brutes dans les unités dans lesquelles elles ont été publiées ou enregistrées à l'origine, dont seule la cohérence a été contrôlée comme ce serait le cas dans l'évaluation de documents scientifiques avant leur publication. Pour faciliter l'identification des aliments, ceux-ci doivent être codifiés ou docu-

mentés, tout comme l'unité, le calcul, le mode d'échantillonnage, le nombre d'échantillons analysés, les méthodes d'analyse utilisées et toutes les procédures d'assurance de la qualité mises en place. Les références bibliographiques relatives à la source de données doivent être consignées. A ce stade, il est possible de procéder à une évaluation préliminaire de la qualité des données (voir Chapitre 8).

Ces fichiers évitent par la suite de recourir aux sources de données originales en cas de doute. Normalement, les données d'archives sont utilisées pour préparer la banque de données de référence.

### **Niveau 3: banque de données de référence**

La banque de données de référence est l'ensemble complet des données, rigoureusement vérifiées, dans laquelle toutes les valeurs ont été converties en unités normalisées et où les nutriments sont exprimés uniformément, mais dans laquelle les données analytiques individuelles sont stockées séparément. Cette banque de données doit inclure tous les aliments et nutriments pour lesquels des données sont disponibles, permettre des liens avec les procédures d'échantillonnage et les méthodes d'analyse, le laboratoire d'origine, la date d'inclusion et d'autres informations pertinentes, y compris les références bibliographiques des sources de données. Ces données sont habituellement exprimées selon des conventions et des unités adoptées pour les banques de données utilisateur (voir Chapitre 9).

Une banque de données de référence fait habituellement partie d'un système de gestion informatisé des données, incluant des programmes informatiques ou des procédures écrites permettant de calculer, éditer, enquêter, combiner, faire une moyenne ou pondérer des valeurs pour tous les aliments. C'est à partir de cette base de données et de ses programmes que l'on peut établir les bases de données utilisateur.

La banque de référence contient les liens qui mènent aux fichiers relatifs aux méthodes d'analyse ou à d'autres constituants, par exemple les constituants bioactifs, les additifs et les contaminants. Des fichiers des caractéristiques physiques telles que le pH, la densité, la partie non comestible ou la viscosité, qui sont souvent rassemblés sous forme de documents de technologie alimentaire, peuvent aussi être connectés à la banque de données de référence. Facteurs de conversion, calculs et recettes doivent aussi être enregistrés.

### **Niveau 4: banque de données utilisateur, tables imprimées et informatisées**

En général, la base de données utilisateur est un sous-ensemble de la base de données de référence, et la version imprimée contient souvent moins d'informations que la version informatisée. De nombreux utilisateurs professionnels des données de composition des aliments demanderaient les informations enregistrées dans la base de données de référence, mais la plupart exigent seulement une base de données contenant des données évaluées parfois pondérées ou fondées sur la moyenne afin que les valeurs soient représentatives des aliments en termes d'utilisation prévue. En outre, pour un aliment, certaines valeurs de nutriments peuvent, si c'est approprié, être combinées (par exemple sucres totaux, ratios des différentes classes d'acides gras) au lieu d'être indiquées comme constituants individuels. Ces banques de données

peuvent contenir des indications sur la qualité des données fondées sur l'évaluation des méthodes d'échantillonnage et d'analyse.

Ces banques de données devraient comprendre le plus possible d'aliments et de nutriments, en donnant la préférence aux ensembles de données complets. Les méthodes, les modes d'échantillonnage et les sources de données doivent être codifiés au niveau des valeurs des nutriments afin que l'utilisateur puisse effectuer une évaluation ou une comparaison indépendante avec d'autres banques de données. Les données doivent, bien sûr, être exprimées dans des unités uniformes et standard (voir Chapitre 9). La caractéristique fondamentale d'une base de données de l'utilisateur est qu'elle fournit une série de données par aliment.

### **Base de données ou tables simplifiées de composition des aliments**

Des banques ou des tables de données simplifiées peuvent être préparées à partir de la banque de données utilisateur principale. Elle couvre moins de nutriments, et les catégories d'aliments prises en compte peuvent être moins nombreuses (par exemple des données sur les morceaux de viande pourraient indiquer seulement «moyennement cuit» sans mentionner «bleu» ou «bien cuit»). Les valeurs peuvent figurer en unités pour 100 g d'aliment ou par portion moyenne, exprimées en mesures ménagères ou tailles de portion. Des versions modifiées de la banque de données peuvent également être produites pour aider les fabricants à étiqueter. Divers types de banques de données ou de tables imprimées peuvent être préparés à partir de la même base de données exhaustive, allant d'une version assez développée pour l'utilisateur professionnel à une version plus réduite pour les consommateurs ou pour des utilisateurs participant à la préparation d'aliments à grande échelle.

### **Tables et banques de données de composition à usages spéciaux**

Les tables et les bases de données limitées à certains nutriments peuvent être préparées pour les personnes ayant des besoins alimentaires ou intérêts particuliers (par exemple pour les diabétiques ou pour les personnes souffrant de maladies rénales pour lesquelles un régime limitant les protéines, le sodium et le potassium est nécessaire, ou pour des conseillers en nutrition, ou encore pour les personnes désirant perdre du poids). Les données peuvent être présentées pour 100 g d'aliment, par taille de portion ou mesures ménagères. Ces tables et bases de données pourraient aussi présenter les aliments en les classant par gamme de teneurs en nutriments: teneur élevée, moyenne et basse, par exemple. Les données pourraient aussi être fournies dans d'autres unités utiles (par exemple le sodium et le potassium en millimoles pour les personnes atteintes de maladies rénales).

## Types de programme pour les banques de données sur la composition des aliments

### **Au niveau national**

Idéalement, chaque pays devrait disposer d'un programme conçu pour gérer ses propres

données sur la composition des aliments, celles-ci étant considérées comme une ressource nationale aussi importante que n'importe quelle autre collecte nationale de données.

Alors que la teneur de certains nutriments dans des aliments variera peu d'un pays à l'autre (par exemple la composition en acides aminés des viandes maigres), d'autres nutriments, même dans des aliments disponibles dans le monde entier, auront des teneurs plus variées en raison des différences de cultivars, de sols, de climats ou de pratiques agricoles. Les recettes de plats composés portant le même nom varient d'un pays à l'autre. Différentes pratiques technologiques sont aussi mises en œuvre: la farine, par exemple, est produite et utilisée avec des taux d'extraction différents et peut être enrichie à des niveaux variés avec des nutriments différents (Greenfield et Wills, 1979). Certains pays ont des aliments ou des méthodes de transformation alimentaire uniques (Somogyi, 1974). Pour ces raisons et d'autres encore, il est fondamental de développer un programme de banque de données sur la composition des aliments et faire en sorte que ce programme s'appuie sur des données provenant d'autres pays uniquement lorsque ces valeurs sont transposables aux aliments consommés dans le pays.

Bien que l'on ait tenté de mettre au point des normes alimentaires communes (par exemple, le Programme mixte sur les normes alimentaires de la FAO/Organisation mondiale de la santé [FAO/OMS] du Codex Alimentarius (FAO/OMS, 2003a,b), des différences dans les descriptions des aliments persisteront entre les pays.

### Au niveau régional

Le développement de banques de données régionales sur la composition des aliments est très important. De nombreux pays, particulièrement ceux en développement, ne disposent pas de ressources suffisantes pour mettre en place un programme national complet sur la composition des aliments, mais leur disponibilité alimentaire est souvent semblable à celle des pays voisins. Grâce à une coopération entre des ministères des États-Unis, l'Institut de nutrition de l'Amérique centrale et du Panama (INCAP) et la FAO, des tables régionales ont été élaborées pour l'Amérique latine (Wu Leung et Flores, 1961), l'Afrique (Wu Leung, Busson et Jardin, 1968), l'Asie de l'Est (Wu Leung, Butrum et Cheng, 1972) et le Proche-Orient (FAO, 1982). Plus récemment, cette coopération FAO/UNU/INFOODS a permis la publication de tables régionales pour les pays du Pacifique (Dignan *et al.*, 1994), d'Amérique latine (LATINFOODS, 2000) et d'Asie du Sud-Est (Puwastien *et al.*, 2000).

Certains pays collaborent sur les méthodes d'analyses, par exemple en Europe du Nord et dans le Pacifique Sud (Becker, 2002; Commission du Pacifique Sud, 1982). Il existe d'autres programmes régionaux qui servent aux pays participant à des études épidémiologiques multinationales (Slimani *et al.*, 2000). Des programmes nationaux simplifiés peuvent dériver de ces programmes internationaux ou régionaux.

### Critères pour une banque de données de composition exhaustive

Compte tenu du vif intérêt existant actuellement pour la nutrition, les banques de données

sur la composition des aliments se doivent de répondre aux critères suivants:

**1. Les données devraient être représentatives**

Les valeurs devraient représenter la meilleure estimation possible de la composition habituelle des aliments, sous les formes les plus couramment disponibles ou consommées. L'idéal est de donner également une idée de la variabilité de la composition des aliments.

**2. Les données devraient être issues d'analyses de bonne qualité**

L'idéal est de disposer de données analytiques originales provenant de sources rigoureusement vérifiées. Les valeurs provenant d'autres banques de données, imputées ou calculées ne devraient être incluses qu'en l'absence de données analytiques originales ou lorsque leur qualité laisse à désirer. Les données analytiques de bonne qualité sont produites à l'aide de méthodes fiables et appropriées à la matrice alimentaire et au nutriment en question. Ces méthodes doivent être appliquées avec compétence et les preuves de cette compétence sont nécessaires pour assurer la qualité des données. Il est aussi souhaitable que l'analyste et le laboratoire répondent aux critères de bonnes pratiques de laboratoire. En outre, la démonstration doit être faite que l'échantillon est représentatif de l'aliment considéré et qu'il a été prélevé et manipulé correctement. Cependant, pour les données existantes, la documentation sur l'échantillonnage, la source ou la méthode d'analyse est rarement disponible, du moins sous format électronique.

Les Chapitres 5, 6, 7 et 8 contiennent des lignes directrices spécifiques concernant les modes d'échantillonnage, les méthodes d'analyse et l'assurance de la qualité. Ces trois points devraient toujours être pris en compte lorsque l'on détermine la qualité des données analytiques sur la composition des aliments.

**3. La couverture des aliments devrait être exhaustive**

La base de données devrait inclure tous les aliments représentant une part importante des aliments les plus consommés et, autant que possible, les aliments consommés moins fréquemment. La sélection des aliments à inclure dans une base de données est examinée dans le Chapitre 3.

**4. La couverture des nutriments devrait être exhaustive**

Les données relatives à tous les nutriments et autres constituants qui sont ou seraient importants pour la santé humaine devraient être incluses. Les priorités nationales concernant la santé jouent un rôle majeur dans la sélection des nutriments à inclure. Les critères de sélection des nutriments à prendre en compte sont examinés dans le Chapitre 4.

**5. Les descriptions des aliments devraient être claires**

Pour être facilement identifiés, les aliments doivent être nommés et décrits de façon non ambiguë. (La nomenclature des aliments est discutée par McCann *et al.* [1988]; Truswell *et al.* [1991]; Møller et Ireland [2000a,b]; et Unwin et Møller [2003]).

**6. Les données devraient être exprimées de manière uniforme et sans ambiguïté**

Le mode d'expression des données devrait permettre de les exprimer sans ambiguïté. L'emploi des unités, l'utilisation de facteurs dans les calculs et les arrondissements de valeurs doivent être cohérents.

- 7. L'origine des données devrait être indiquée au niveau des valeurs nutritionnelles**  
Il faudrait fournir des informations sur les sources des données, en particulier indiquer s'il s'agit de données analytiques, calculées ou imputées et, s'il y a lieu, sur les procédures de calculs et d'imputations, et les méthodes d'échantillonnage et d'analyse. Il faudrait également donner les codes de confiance ou de la qualité des valeurs.
- 8. Les tables et les banques de données devraient être faciles à utiliser**  
Outre le fait d'utiliser une terminologie claire et une présentation systématique, les banques de données et les tables informatisées devraient être facilement accessibles et rapidement comprises. Les tables imprimées devraient être très lisibles, de dimension et de poids raisonnables.
- 9. Le contenu des différentes banques de données devrait pouvoir être compatible**  
La description des aliments, les modes d'expression et les sources des valeurs doivent être aussi conformes que possible aux normes internationales existantes (par exemple les identificateurs des composants de INFOODS) et proches d'autres banques de données importantes sur la composition des aliments. A des fins scientifiques, il est nécessaire de concevoir des banques de données et des tables informatisées pouvant être utilisées avec d'autres systèmes similaires.
- 10. La banque de données devrait avoir peu de données manquantes**  
On peut déduire de ce qui précède que toute base ou table de données sur la composition des aliments devrait viser à avoir aussi peu de vides que possible car les données manquantes pourraient fausser sensiblement les estimations d'apports en nutriments. D'une part, il vaut sans doute mieux inclure des données imputées ou empruntées, toujours clairement identifiées comme telles, plutôt que laisser un vide. D'autre part, pour des raisons pratiques, il peut être nécessaire d'établir une base ou une table de données incomplètes pour répondre à des besoins immédiats. Des données autres que celles concernant les nutriments (par exemple, des données sur des substances toxiques ou des additifs), bien qu'utiles, ne sont pas indispensables à ce stade.

## Utilisations des données sur la composition des aliments

Les données sur la composition des aliments sont utilisées principalement pour l'évaluation et la planification des apports énergétiques et nutritionnels. Dans les deux cas, l'approche la plus utile est de faire le calcul sur des groupes plutôt que des individus. L'évaluation et la planification peuvent être divisées en plusieurs sous-catégories pour lesquelles les besoins précis vis-à-vis de la banque de données sont différents, et pour lesquelles le besoin en informations complémentaires est nécessaire.

### Évaluation des apports en nutriments (analyse nutritionnelle)

Lorsque l'on connaît les quantités d'aliments consommés, les données sur leur composition permettent de calculer l'apport en chaque nutriment en multipliant la quantité de chaque

aliment par la concentration du nutriment dans cet aliment et en sommant ensuite les résultats, selon l'équation

$$I = \sum(W_1C_1 + W_2C_2 + W_3C_3 + \dots\dots\dots W_nC_n)$$

où: I = apport en nutriment,  $W_1$  = quantité consommée de l'aliment 1,  $C_1$  = concentration du nutriment dans l'aliment 1, etc.

Il est nécessaire de connaître l'apport en nutriments à différents niveaux, comme il est indiqué ci-dessous.

### Au niveau individuel

Les apports en nutriments pour une personne peuvent être calculés à l'aide de données de composition et de données de consommation (estimées par l'histoire alimentaire, un rappel de 24 heures ou une enquête avec pesée des portions) (Cameron et van Staveren, 1988; Nelson, 2000). Cette information peut mettre en lumière un équilibre ou un déséquilibre alimentaire flagrant, ce qui est important lors de la formulation de conseils diététiques ou pour la prescription d'un régime thérapeutique. Néanmoins, l'utilisateur doit être conscient qu'en raison de la variabilité naturelle des aliments, les données de composition ne permettent pas de prévoir avec précision la composition d'une portion d'un aliment particulier.

### Au niveau d'un groupe d'individus

Les aliments consommés par des populations peuvent être mesurés par diverses techniques (Marr, 1971) et traduits en nutriments ingérés, au moyen de données sur la composition des aliments. Ces résultats donnent une indication sur l'état nutritionnel du groupe (Jelliffe et Jelliffe, 1989; Gibson, 1990) et peuvent servir à étudier le rapport entre l'alimentation et des paramètres de santé: caractéristiques des maladies et décès, taux de croissance, poids de naissance, indicateurs du statut nutritionnel clinique, performance physique, etc. Les exemples de groupes souvent étudiés sont:

- a) les groupes physiologiques, tels que les enfants en phase de croissance, les femmes enceintes ou allaitantes, les personnes âgées;
- b) les groupes socioéconomiques (par exemple caste, groupe racial, socioprofessionnel ou économique);
- c) les groupes cliniques, tels que malades et contrôles de population saine;
- d) les groupes d'intervention, provenant généralement des catégories précédentes, qui reçoivent un complément alimentaire ou bénéficient d'autres programmes;
- e) les cohortes d'études épidémiologiques sur l'alimentation et la santé (Riboli et Kaaks, 1997).

Les données tirées d'études de groupes sont utilisées non seulement pour l'identification de problèmes nutritionnels et la planification d'interventions pour les résoudre, mais aussi pour les recherches qui tentent de déterminer les apports nutritionnels indispensables à une bonne santé. Les résultats de ces études peuvent être utiles pour les politiques alimentaires et nutritionnelles sous la forme de programmes de supplémentation alimentaire pour les enfants, de coupons alimentaires pour les groupes à faible revenu, de conseils alimentaires

à destination des femmes enceintes, de régimes alimentaires préventifs pour réduire les taux des maladies cardiovasculaires, etc.

### **Aux niveaux national et international**

Les statistiques nationales de la production agricole, ajustées du fait des exportations, des importations, des utilisations non alimentaires et des déchets bruts, sont multipliées par les données de composition nutritionnelle et divisées par la population totale pour estimer la disponibilité brute en nutriments par habitant. Ces données permettent d'évaluer *grosso modo* l'adéquation ou l'inadéquation de la disponibilité alimentaire nationale et donnent une idée des pénuries ou excédents. Les systèmes de surveillance des aliments (par exemple Bilde et Leth, 1990) permettent de suivre la consommation en substances recommandables ou non, sur des années.

Les données issues de différents pays peuvent être regroupées afin de décrire la situation de la disponibilité alimentaire aux niveaux multinational ou mondial. De telles données permettent de définir les politiques alimentaires et nutritionnelles, de fixer des objectifs pour la production agricole, de formuler des conseils en vue de politiques de consommation ou autre, comme l'enrichissement des produits ou la consommation de compléments alimentaires (Buss, 1981).

A l'échelle internationale, ces informations ont des incidences sur le commerce et sur l'élaboration des politiques d'aide. Dans la recherche, la comparaison des apports en nutriments dans différents pays, ainsi que l'étude d'autres données épidémiologiques, permettent de mieux comprendre l'impact des constituants alimentaires sur la santé et le développement de maladies. Actuellement, il n'est possible de suivre les changements à long terme de la disponibilité alimentaire qu'en utilisant des tables et des banques de données sur la composition des aliments actualisées. Par exemple, la teneur en lipides et en fer de la viande a évolué dans les pays occidentaux sous l'effet de changements dans les méthodes d'élevage et de découpe de la viande. On peut comparer les morceaux d'aujourd'hui avec ceux d'il y a 10 ans en se reportant aux anciennes tables de composition des aliments (Vanderveen et Pennington, 1983).

### **Au niveau supranational ou d'une communauté**

On peut faire des calculs similaires pour estimer la répartition des nutriments au sein d'un pays. Ces résultats peuvent faire ressortir des problèmes nutritionnels avérés ou potentiels. Ces études ont souvent une importance déterminante dans les pays en développement constitués de régions géographiques disparates. Des enquêtes périodiques, réalisées dans le cadre d'un système exhaustif de surveillance nutritionnelle, permettent de suivre de près des évolutions nutritionnelles et l'impact des politiques alimentaires et nutritionnelles.

Planifier, conseiller ou prescrire une consommation alimentaire et nutritionnelle (synthèse nutritionnelle)

On a estimé les besoins nutritionnels et les apports recommandés pour la majorité des nutri-

ments (par exemple FAO/OMS/UNU, 1985), et il appartient au nutritionniste de traduire ces besoins ou recommandations en consommation alimentaire souhaitable, pour des coûts variables. Là encore, cette tâche peut être effectuée à plusieurs niveaux, comme il est décrit ci-dessous.

## Prescription de régimes alimentaires thérapeutiques

Un régime alimentaire thérapeutique doit être équilibré et adéquat sur le plan nutritionnel, tout en contrôlant l'ingestion d'un ou plusieurs nutriments spécifiés. Il faut donc avoir une formation professionnelle et connaître dans le détail la composition des aliments pour prescrire des régimes alimentaires thérapeutiques. Le tableau 1.2 énumère des types de troubles qui nécessitent un régime alimentaire thérapeutique, ainsi que les constituants alimentaires qui doivent être contrôlés. Malheureusement, la majorité des tables et banques de données sur la composition des aliments ne contiennent pas d'informations sur tous les constituants énumérés au tableau 1.2, et il pourrait se révéler nécessaire de consulter des sources de données primaires pour obtenir les informations requises.

### **Planification des régimes de restauration collective**

Les données sur la composition des aliments sont utilisées pour convertir les apports en nutriments recommandés en aliments et menus à faible coût. De cette manière on fournit des repas à de vastes secteurs de la population (par exemple établissements militaires, cafétérias sur lieu de travail, hôpitaux, prisons, écoles, garderies et hôtels).

### **Politique nationale alimentaire et nutritionnelle**

Une politique nationale alimentaire et nutritionnelle définira souvent les objectifs concernant les apports en certains nutriments. Ces objectifs doivent être traduits en objectifs de production alimentaire pour le secteur agricole ou en objectifs de consommation alimentaire pour le marché ou le secteur de la santé publique (par exemple par le biais de subventions accrues ou la promotion de certains aliments).

### **Réglementation nutritionnelle de la disponibilité alimentaire**

Les responsables de la réglementation alimentaire utilisent comme référence souhaitable pour les teneurs en nutriments des aliments transformés ou nouvellement commercialisés les données nutritionnelles provenant des matières premières ou des denrées alimentaires «traditionnelles». Par exemple, les consommateurs devraient pouvoir compter sur un produit laitier traditionnel ayant une certaine teneur en calcium et en riboflavine, et les nouvelles techniques de transformation ne devraient pas altérer pour beaucoup la qualité nutritionnelle originelle de ce produit bien identifié. De la même manière, un aliment industriel ou manufacturé de substitution devrait avoir la même valeur nutritionnelle que l'aliment qu'il est censé remplacer (Vanderveen et Pennington, 1983).

**Tableau 1.2** Exemples de conditions cliniques nécessitant des informations sur la composition des aliments pour la planification de régimes alimentaires thérapeutiques

<i>Conditions cliniques</i>	<i>Informations de composition requises</i>
<b>Nécessité d'un régime alimentaire</b>	
Diabète	Valeur énergétique, glucides disponibles, lipides, protéines, fibres alimentaires
Obésité	Valeur énergétique, lipides, sucres
Hypertension	Valeur énergétique, sodium, potassium, protéines
Maladie rénale	Protéines, sodium, potassium
<b>État de déficience</b>	
Anémie	Fer, folates, vitamine B <sub>12</sub>
Carences vitaminiques	Teneurs en vitamines spécifiques
<b>Troubles métaboliques</b>	
Hémochromatose	Fer
Hyperlipidémie	Lipides, acides gras, cholestérol
Anomalies du métabolisme des acides aminés	Acides aminés
Goutte, xanthinurie	Purines
Maladie de la vésicule biliaire	Lipides, calcium, cholestérol, fibres alimentaires
Maladie de Wilson	Cuivre
<b>Intolérances</b>	
Disaccharides, monosaccharides	Sucres individuels, en particulier saccharose, lactose, fructose, galactose
Gluten (et autres protéines spécifiques)	Gluten, protéines spécifiques
Migraine	Monoamines
<b>Allergies</b>	Protéines spécifiques

*Note:* La présente liste ne prétend pas être exhaustive.

Une base de données sur la composition des aliments est aussi un outil pour effectuer une première vérification sur les informations ou les allégations figurant sur une étiquette. Par exemple, un aliment peut être affiché comme riche en nutriment X. L'information sur la composition de ses ingrédients indiquera si ce aliment est riche en ce nutriment X sans enrichissement (pour lequel des règlements spéciaux peuvent exister). En outre, les données sur les «nouveaux» cultivars évalués en vue de leur introduction commerciale à grande échelle peuvent être comparées avec les données des cultivars traditionnels.

Certains pays autorisent le calcul de la composition nutritionnelle utilisée pour l'étiquetage de certains aliments composés à partir des données nutritionnelles des ingrédients issus des tables et banques de données. Dans ce cas, il faut vérifier que les valeurs provenant

des tables et des banques de données sont comparables avec celles de la réglementation alimentaire concernant l'étiquetage des aliments.

### **Préparation des programmes d'intervention nutritionnelle**

Les interventions nutritionnelles, telles que les programmes d'aide alimentaire, de supplémentation alimentaire et de prévention des maladies, nécessitent l'utilisation de données sur la composition des aliments afin de traduire les besoins spécifiques en nutriments en besoins alimentaires. On notera que ces programmes peuvent exiger une confirmation par l'analyse directe, en particulier au niveau de la recherche.

### Limites des banques de données sur la composition des aliments

Les limites des tables et des banques de données sur la composition des aliments sont souvent insuffisamment comprises par de nombreux utilisateurs. Les aliments en tant que matériaux biologiques connaissent des variations naturelles de composition; une base de données ne peut donc prévoir avec précision la composition de tous les échantillons d'un aliment. En conséquence, bien que les tables et les banques de données de composition puissent servir à mettre au point un régime alimentaire, un repas ou une supplémentation, les teneurs en nutriments seront essentiellement des estimations. Pour des études métaboliques, il faut en général procéder à une analyse directe afin de calculer avec la précision nécessaire l'apport en nutriments étudiés.

En outre, les tables et banques de données ont une utilité limitée dans les domaines réglementaires et scientifiques. Elles ne peuvent pas prévoir avec précision les teneurs en nutriments de n'importe quel aliment. Ceci s'applique particulièrement aux nutriments labiles (par exemple la vitamine C et les folates), aux constituants ajoutés ou enlevés au cours de la préparation (lipides, eau). En outre, la composition d'un aliment donné peut changer avec le temps (par exemple, la formule d'un fabricant peut changer) ne permettant pas l'utilisation des valeurs dans la banque de données. La précision de la capacité prédictive des valeurs est également limitée par la façon dont les données sont enregistrées dans la banque de données (sous la forme de moyennes, par exemple).

Souvent, les banques de données sur la composition des aliments ne peuvent être utilisées comme source documentaire pour effectuer des comparaisons avec des valeurs obtenues par d'autres moyens. Il faudrait comparer des données provenant d'un pays avec celles obtenues dans d'autres pays en se référant à la littérature originale. On pourra considérer comme fiable une base de données sur la composition des aliments si l'on sait que les données sont fondées sur des valeurs analytiques originales. Il faut documenter clairement toutes les imputations, calculs, pondérations et moyennes et, plus important encore, il faut décrire les aliments de manière adéquate pour pouvoir procéder à ces comparaisons.

Il semble que, malgré les importants efforts déployés durant les 20 dernières années pour harmoniser la description des aliments, la terminologie relative aux nutriments, les

méthodes d'analyse, les méthodes de calcul et de compilation, les valeurs provenant de tables et de banques de données de composition ne sont pas facilement comparables d'un pays à l'autre. En outre, pour un même aliment les utilisateurs ne sont pas toujours conscients des différences qui existent entre les teneurs en nutriments des formes crue ou cuite et ils pourraient utiliser à tort les valeurs de l'aliment cru au lieu du cuit. C'est souvent le cas dans des pays qui utilisent des tables de composition contenant beaucoup d'aliments crus.

Enfin, il y a eu une augmentation de la consommation en aliments manufacturés et en compléments en minéraux et vitamines, qui représentent jusqu'à 60 pour cent de la consommation alimentaire totale. Or, ceux-ci sont rarement cités dans les tables et les banques de données sur la composition des aliments (Charrondiere *et al.*, 2002). On peut dès lors supposer que les estimations des apports en nutriments sont de moins en moins représentatifs des apports réels.

### Utilisateurs

Les utilisateurs des tables et des banques de données de composition sont très variés: économistes, planificateurs agricoles, nutritionnistes, diététiciens, gestionnaires de restauration collective, chercheurs en sciences de l'alimentation et de l'agriculture, industriels, technologues alimentaires, conseillers en économie domestique, enseignants, épidémiologistes, médecins, dentistes, chercheurs en santé publique, consommateurs non spécialistes et journalistes. Pour répondre à la diversité de leurs besoins, différents types de tables et banques de données sont aujourd'hui disponibles grâce à l'informatique.

## Chapitre 2

# Lancement et organisation d'un programme sur la composition des aliments

**A**u cours de la dernière décennie, divers organismes, programmes, projets et individus ont entrepris un nombre croissant d'actions concernant la composition des aliments et ce pour des motivations de plus en plus nombreuses. Beaucoup d'organismes nationaux, régionaux et internationaux reconnaissent l'importance des données sur la composition des aliments et la nécessité d'échanger des informations qui soient précises et utiles à tous ceux qui en ont besoin (Rand et Young, 1983; Rand *et al.*, 1987; West, 1985; Lupien, 1994).

La création d'une banque de données sur la composition des aliments exige donc une approche intégrée allant de la production, l'acquisition, le traitement, la diffusion à l'utilisation de ces données.

### Au niveau international

INFOODS, le Réseau international des systèmes de données sur l'alimentation, a été créé formellement en 1984 par l'Université des Nations Unies (UNU), avec un cadre organisationnel et une structure de gestion internationale comprenant un secrétariat international et des centres de données régionaux. Son mandat consiste à «améliorer les données sur la composition des nutriments de toutes les régions du monde afin que des données adéquates et fiables puissent être obtenues et interprétées correctement dans le monde entier» (INFOODS, 2003). Au milieu des années 90, la FAO a rejoint l'UNU dans le réseau INFOODS. Au niveau international les principales activités d'INFOODS consistent en l'élaboration de normes techniques sur la composition des aliments, une assistance aux centres de données régionaux et aux pays qui se lancent dans des activités concernant la composition des aliments, et la publication du *Journal of Food Composition and Analysis* (Elsevier, 2003).

La plupart des pays participent aux forums internationaux et sont signataires des accords internationaux qui se rapportent directement et indirectement à la composition des aliments. La Déclaration mondiale et le Plan d'action sur la nutrition adoptés à la Conférence internationale sur la nutrition (FAO, 1992), la Déclaration de Rome sur la sécurité alimentaire mondiale et le Plan d'action du Sommet mondial de l'alimentation (FAO, 1996) et les Accords

sur les mesures sanitaires et phytosanitaires et sur les Barrières techniques au commerce de l'Organisation mondiale du commerce (OMC, 1998a,b) sont des exemples de ces accords.

### Au niveau régional

On compte actuellement 17 centres de données régionaux (voir Annexe 1). Des tables régionales de composition des aliments ont été préparées, en version électronique et en version imprimée (Dignan *et al.*, 1994; de Pablo, 1999; Puwastien *et al.*, 2000) et de nombreuses régions entreprennent des activités régulières de coordination concernant la composition des aliments et ont mis en place des groupes de travail techniques.

### Au niveau national

La majorité des pays se lancent maintenant dans des activités de production de données sur la composition des aliments. Un programme national relatif à la composition des aliments est en général le résultat de l'association et de la coordination d'activités diverses, dans un cadre administratif défini, incluant la production, la compilation, la diffusion et l'utilisation des données sur la composition des aliments. Nombre de pays ont créé un comité de pilotage pour faciliter ces initiatives. Un comité de pilotage, ou comité consultatif, est composé idéalement d'individus participant directement aux travaux sur la composition des aliments, c'est-à-dire les utilisateurs, les producteurs, les compilateurs et les responsables de la diffusion. Pour que ce comité de pilotage travaille efficacement, la participation des utilisateurs de données (agriculteurs, analystes, professionnels de santé, diététiciens, nutritionnistes, industriels de l'agroalimentaire et associations de consommateurs) est indispensable.

Souvent, la responsabilité globale de la gestion d'un programme national sur la composition des aliments incombe à une seule organisation, mais il est rare qu'une même organisation accomplisse à elle seule toutes les activités. Indépendamment de leurs affiliations, les producteurs de données travaillant en laboratoire doivent collaborer étroitement avec les compilateurs de données et les compilateurs doivent interagir étroitement avec les utilisateurs des données. Les compilateurs de données jouent donc un rôle central et s'occupent aussi habituellement de la diffusion des données (c'est-à-dire qu'ils publient les données sous forme électronique et/ou imprimée). Dans la plupart des pays, il existe aussi d'autres organismes dont les activités sont directement ou indirectement liées aux données sur la composition des aliments et qui collaborent au programme national. Les programmes nationaux sur la composition des aliments fonctionnent aussi en coopération avec les centres de données régionaux et les initiatives internationales en cours.

Le cadre organisationnel d'un programme national dépendra des politiques et des procédures déjà suivies dans le pays ou la région. En effet, la politique nationale alimentaire et nutritionnelle du pays concerné peut favoriser la création ou la mise à jour d'une banque de

données sur la composition des aliments (par exemple, Langsford, 1979); tout nouveau programme devrait viser à entrer dans le cadre d'une politique nationale existante.

De nombreux pays ont déjà une expérience en matière de production de données sur la composition des aliments et leur utilisation dans des tables. Cette expérience doit contribuer à l'élaboration d'un programme de banques de données. Les données existant pour les aliments, dont la composition est connue et relativement stable, peuvent être utilisées dans la nouvelle banque de données, à condition qu'elles aient été évaluées et qu'elles répondent à des critères de sélection.

## Lancement d'un programme

La décision de s'engager dans la création ou la révision d'une base de données sur la composition des aliments peut être prise par un gouvernement, un institut ou un département de recherche, des groupes d'utilisateurs professionnels (par exemple, diététiciens, épidémiologistes) ou, plus rarement, un chercheur individuel.

L'argumentaire pour la mise en place ou la relance du programme peut se présenter de différentes manières:

- a. un document soigneusement préparé, soumis à un ministère ou à un comité par des associations professionnelles ou scientifiques ou par des chercheurs influents;
- b. des articles publiés dans des journaux scientifiques ou médicaux locaux;
- c. une conférence ou une session lors d'une conférence, débouchant sur des résolutions officielles destinées à un comité gouvernemental, un ministère ou une autre autorité;
- d. la production par des utilisateurs ou des analystes d'une série non officielle de tables de composition des aliments ou d'une banque de données informatisée;
- e. l'établissement d'un comité, officiel ou non, composé de représentants de toutes les parties intéressées, pour lancer un programme.

Tout document soumis devrait mettre en évidence les avantages potentiels d'un tel programme, en particulier sur le plan de la santé publique, de la promotion des productions nationales et des bénéfices économiques dérivant de la réduction des dépenses de santé et enfin des avantages pour l'industrie alimentaire, l'agriculture et le commerce. Il faut insister sur la disponibilité et l'utilité de toutes les données et ressources existantes. En outre, une estimation des coûts prenant en compte les frais administratifs, les analyses, la gestion et la diffusion des données, est indispensable.

## Objectifs d'un programme de banque de données de composition

Tout groupe ou individu prenant part à un programme de banque de données devrait poursuivre les objectifs suivants:

1. établir un système qui réponde aux multiples exigences des utilisateurs dans différents secteurs;
2. travailler le plus efficacement possible, pour un coût et dans un laps de temps donnés;
3. consulter régulièrement toutes les parties intéressées afin d'assurer l'acceptabilité du produit final;
4. prévoir la révision ou la mise à jour continue du système de gestion des données et la révision périodique de toutes banques de données ou tables dérivées, selon un calendrier bien défini;
5. faire une large publicité du programme afin d'être sûr que la banque de données, ses résultats et mises à jour seront largement diffusés et utilisés;
6. prévoir l'accès continu de tous les utilisateurs à la banque de données et à ses dérivés.

## Définition des exigences des utilisateurs

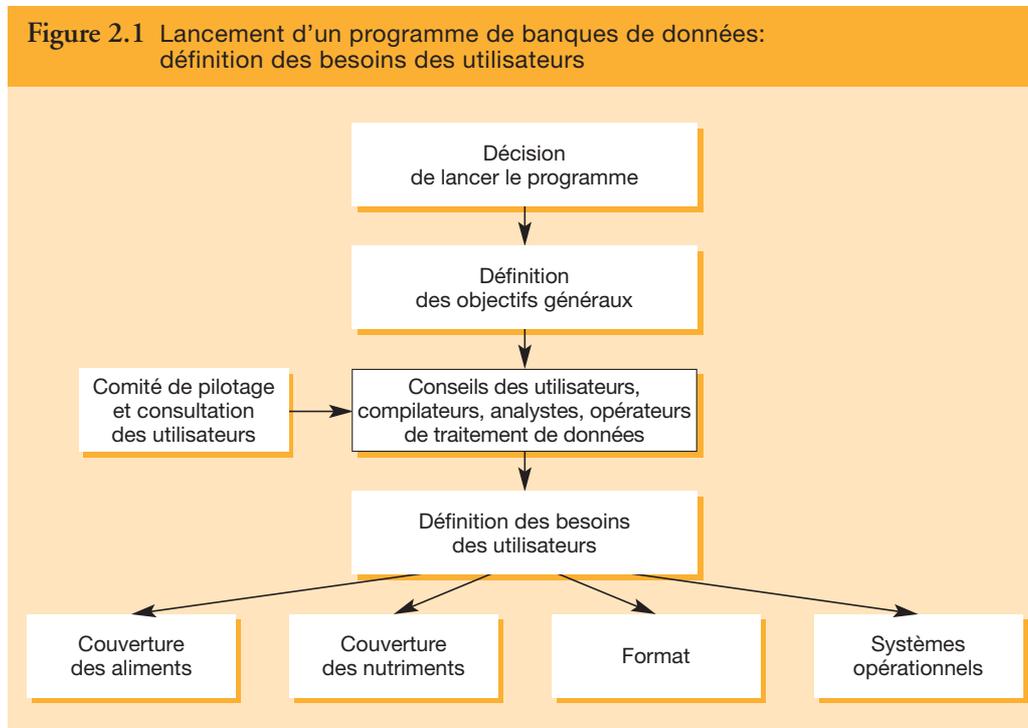
Une banque de données sur la composition des aliments doit être définie en fonction des utilisations pour lesquelles elle est prévue. Comme c'est essentiellement un outil pour des travaux sur la nutrition au sens le plus large, elle doit être conçue en tenant compte de toutes les utilisations immédiates et proposées. Les utilisateurs potentiels doivent jouer un rôle majeur dans sa conception.

Trois aspects sont d'une importance fondamentale:

- a) la sélection des aliments à inclure (Chapitre 3);
- b) la sélection des nutriments à inclure (Chapitre 4);
- c) les modes d'expression des données à utiliser (Chapitre 9).

Lorsqu'un comité gouvernemental a décidé de réviser la banque de données présentée dans *The composition of foods* (Paul et Southgate, 1978), un comité de pilotage a été créé, chargé de définir les besoins des utilisateurs. Le groupe était constitué d'utilisateurs (ministères, diététiciens et chercheurs en nutrition), de compileurs, d'une personne chargée de l'analyse, ainsi que des responsables de la conception de la base de données informatisée. Le comité de pilotage a consulté les principaux utilisateurs des tables déjà existantes (diététiciens, chercheurs, industriels de l'agroalimentaire) par le biais d'un questionnaire (Paul et Southgate, 1970) et lors de discussions personnelles, et a sollicité des commentaires par des annonces dans la presse scientifique et spécialisée en alimentation. Les compileurs ont recueilli ces informations et les ont utilisées pour planifier la révision.

On a aussi utilisé un questionnaire adressé aux utilisateurs dans les premières phases du Programme de banques de données sur la composition des aliments des îles du Pacifique (Bailey, 1991). D'autres méthodes pour obtenir des suggestions des utilisateurs consistent à tenir une réunion publique (Greenfield et Wills, 1981), à organiser une conférence nationale (Food and Nutrition Research Institute/National Research Council of the Philippines, 1985) ou à solliciter des communications auprès des sociétés scientifiques (Bernstein et Woodhill, 1981).



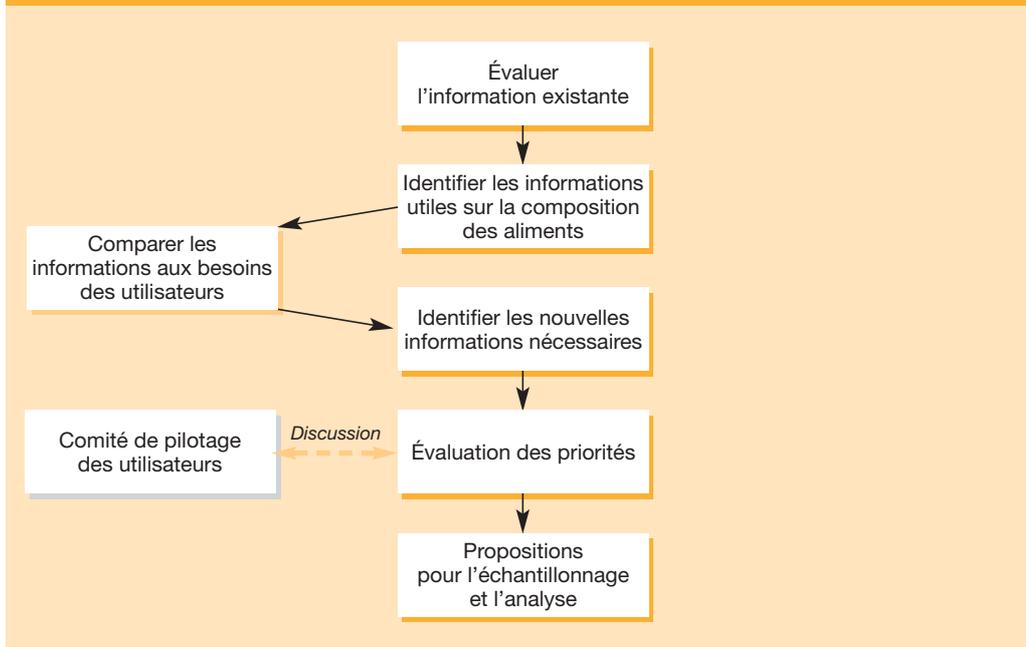
Les contributions des utilisateurs au programme devraient être continues afin de garantir que la banque de données soit à la fois pertinente et pratique. Les associations professionnelles d'utilisateurs (individuellement ou en groupe) auraient donc intérêt à constituer un comité qui continuerait à fournir des informations et à suivre le programme. Il pourrait être utile d'organiser à cette fin une session ou un atelier sur ce thème dans le cadre d'une conférence nationale ou régionale annuelle sur la nutrition (par exemple la conférence de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición), ou de tenir des conférences sur la composition des aliments comme celle organisée chaque année aux États-Unis (USDA, 2003b).

Cette stratégie globale concernant la conception d'un programme de base de données et la définition des exigences des utilisateurs est illustrée à la figure 2.1.

## Étapes du programme

Les étapes d'un programme idéal de banque de données sur la composition des aliments sont décrites à la figure 2.2. Il faut obtenir un financement et établir des procédures pour la communication entre les parties compétentes. Tous les programmes et installations travaillant sur la composition des aliments existants dans le pays doivent être coordonnés, d'autant qu'une grande partie du travail d'analyse peut être faite en coopération par le gouvernement, les instituts de recherche ou des laboratoires industriels travaillant dans la recherche

Figure 2.2 Définir des priorités pour l'échantillonnage et l'analyse



alimentaire ou dans des domaines connexes. La facilitation de cette collaboration doit être d'emblée une priorité importante.

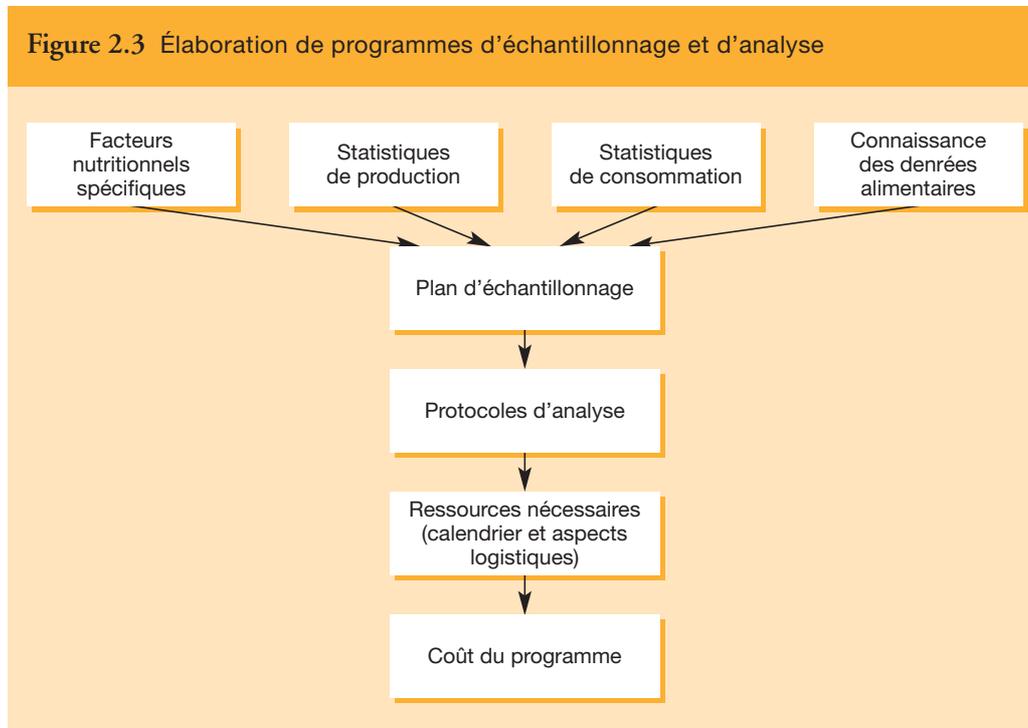
Il faut naturellement établir un budget; l'encadré 2.1 énumère les divers éléments à prendre en compte.

### Examen, collecte et compilation des informations existantes

En général, il existe déjà localement des informations sur la composition d'aliments, même dans les pays qui ne disposent pas de tables nationales officielles de composition. La première étape consiste donc à évaluer si ces informations publiées ou non, sont des sources de données

Encadré 2.1 Principaux éléments du budget d'un programme de banque de données sur la composition des aliments

- Réunions (des compilateurs, analystes, comités)
- Compileurs (salaires, personnel de soutien, frais généraux)
- Achat et transport des échantillons d'aliments
- Programme d'analyse (salaires, équipement, consommables)
- Consultation d'experts
- Contributions des utilisateurs (y compris participation aux réunions des comités)
- Coûts de la gestion et du traitement des données (y compris sous-traitants externes)
- Coûts des publications (formats papier, électronique et Internet)
- Publicité, diffusion, marketing



valides (voir Chapitre 10 pour les principes guidant cette évaluation). L'examen des besoins des utilisateurs indique quelles données nouvelles sont nécessaires et des propositions sont faites pour de nouveaux programmes d'échantillonnage et d'analyse. Dans la majorité des pays, il est nécessaire à ce stade de définir les priorités, ce qui exige de nouvelles contributions de la part des utilisateurs.

### Programmes d'échantillonnage et d'analyse

Il faudrait examiner simultanément l'échantillonnage et l'analyse, d'une part pour garantir la qualité des données (Chapitres 5, 6, 7 et 8) et, d'autre part, pour estimer conjointement les coûts de l'échantillonnage et l'analyse.

Pour élaborer un plan et des protocoles d'échantillonnage (Chapitre 5) de nombreuses contributions sont souvent nécessaires; les compilateurs doivent donc consulter très largement des personnes extérieures. Si, comme cela se produit dans de nombreux pays, une partie du programme est sous-traitée, le compilateur doit s'assurer que le contractant connaît les exigences des utilisateurs et les normes de qualité requises pour les données entrant dans le système.

Il est conseillé d'articuler les programmes d'échantillonnage et d'analyse sur des aliments spécifiques ou des groupes d'aliments. Ce recentrement sur des aliments spécifiques est également utile pour définir l'expérience requise des éventuels sous-traitants. Cette étape est représentée schématiquement à la figure 2.3. L'échelle de temps proposé pour les travaux déter-

mine les besoins de ressources, et il faudra examiner très attentivement les aspects logistiques. Une fois que tous ces facteurs sont évalués, il est possible d'estimer le coût des différentes sections du programme et de proposer un budget, pour approbation.

Les analystes doivent particulièrement veiller à ce que l'équilibre budgétaire soit assuré entre les frais de personnel, la capacité du laboratoire, l'équipement, les frais courants, etc. Du fait qu'il est peu probable qu'il existe déjà un laboratoire disposant de tous les moyens nécessaires pour entreprendre le travail, les analystes qui préparent les budgets ou qui soumettent des propositions de contrats doivent mettre l'accent sur les investissements permettant de répondre à tout besoin spécifique. Les considérations budgétaires varient d'un pays à l'autre. Là où la main-d'œuvre est chère, il sera préférable d'investir dans un équipement automatisé. Là où elle est bon marché, on pourra engager plus de personnel. Les méthodes d'analyse chimique par voie humide seront plus appropriées s'il est difficile de maintenir les instruments ou d'obtenir des pièces de rechange.

Outre les analyses chimiques, les tâches à programmer comprennent la collecte régionale d'aliments, la détermination et la préparation de portions comestibles, une estimation des tailles de prélèvements et l'examen des méthodes de cuisson (voir Chapitre 3). Les groupes disposant des installations techniques appropriées peuvent effectuer ce travail séparément du programme d'analyse, si nécessaire.

### **Supervision du programme d'analyse**

En principe, le concept de qualité des données fait partie intégrante des procédures d'analyse (Chapitres 7 et 8), et le comité de pilotage des utilisateurs doit faire en sorte que les analystes tiennent compte des besoins détaillés des utilisateurs. Néanmoins, il est utile d'examiner régulièrement les programmes d'analyse pour rappeler l'objectif global des analyses, c'est-à-dire que la base de données sur la composition des aliments est destinée à de nombreux types d'utilisateurs.

Inversement, les analystes devraient tenir informé le comité de pilotage des utilisateurs tant des limitations des méthodes d'analyse que des améliorations qui y sont apportées, afin d'assurer que le groupe travaille en toute connaissance de cause.

Des arrangements devraient être faits pour que les laboratoires d'analyse présentent régulièrement des rapports dont les exigences sont telles que l'ensemble des données d'analyse est fourni. Par exemple, la seule valeur en protéines est inacceptable si la méthode utilisée repose sur la détermination de l'azote (N). Dans ce cas, la valeur N et le coefficient de conversion utilisé ou suggéré par le laboratoire devraient être fournis en même temps que la valeur en protéines calculée. Les unités et les critères d'arrondi doivent aussi être spécifiés dans les rapports du laboratoire. Des politiques devraient être définies en ce qui concerne la publication des résultats de laboratoire avant de les introduire dans la banque de données sur la composition des aliments. Il est généralement souhaitable que les résultats soient publiés indépendamment de sorte que leur examen approfondi des comités de lecture de journaux renforce leur validité scientifique.

### **Évaluation des rapports d'analyse**

Les données fournies par les laboratoires d'analyse font l'objet d'une évaluation initiale (Chapitre 9), de préférence dans le cadre de discussions entre compilateurs et analystes, pour veiller à leur cohérence. Les difficultés rencontrées durant les travaux sont aussi examinées à ce moment-là. Des problèmes auront inévitablement obligé les personnes chargées de l'échantillonnage et de l'analyse à s'écarter du protocole officiel. Il est indispensable que les compilateurs soient informés de ces changements.

### Compilation des banques de données de référence

Une fois que l'on dispose d'informations suffisantes, le comité de pilotage des utilisateurs et les experts externes des denrées ou aliments en question peuvent commencer à examiner les données. L'examen par les utilisateurs permet de déterminer si les objectifs qu'ils ont définis sont atteints; en outre, il constitue un moyen de gérer l'avancement du programme.

Une revue externe joue un rôle d'arbitrage scientifique traditionnel et garantit que les données acquises sont compatibles avec les connaissances spécialisées (qui pourraient ne pas être axées sur la nutrition) concernant la denrée ou les aliments. Lorsque l'on examine des produits manufacturés, il est bon de soumettre les données au fabricant pour commentaires. Cette étape permet d'identifier d'éventuelles discordances avec les données de contrôle de la qualité fournies par le fabricant, et indique si les échantillons des aliments analysés sont représentatifs d'une production normale.

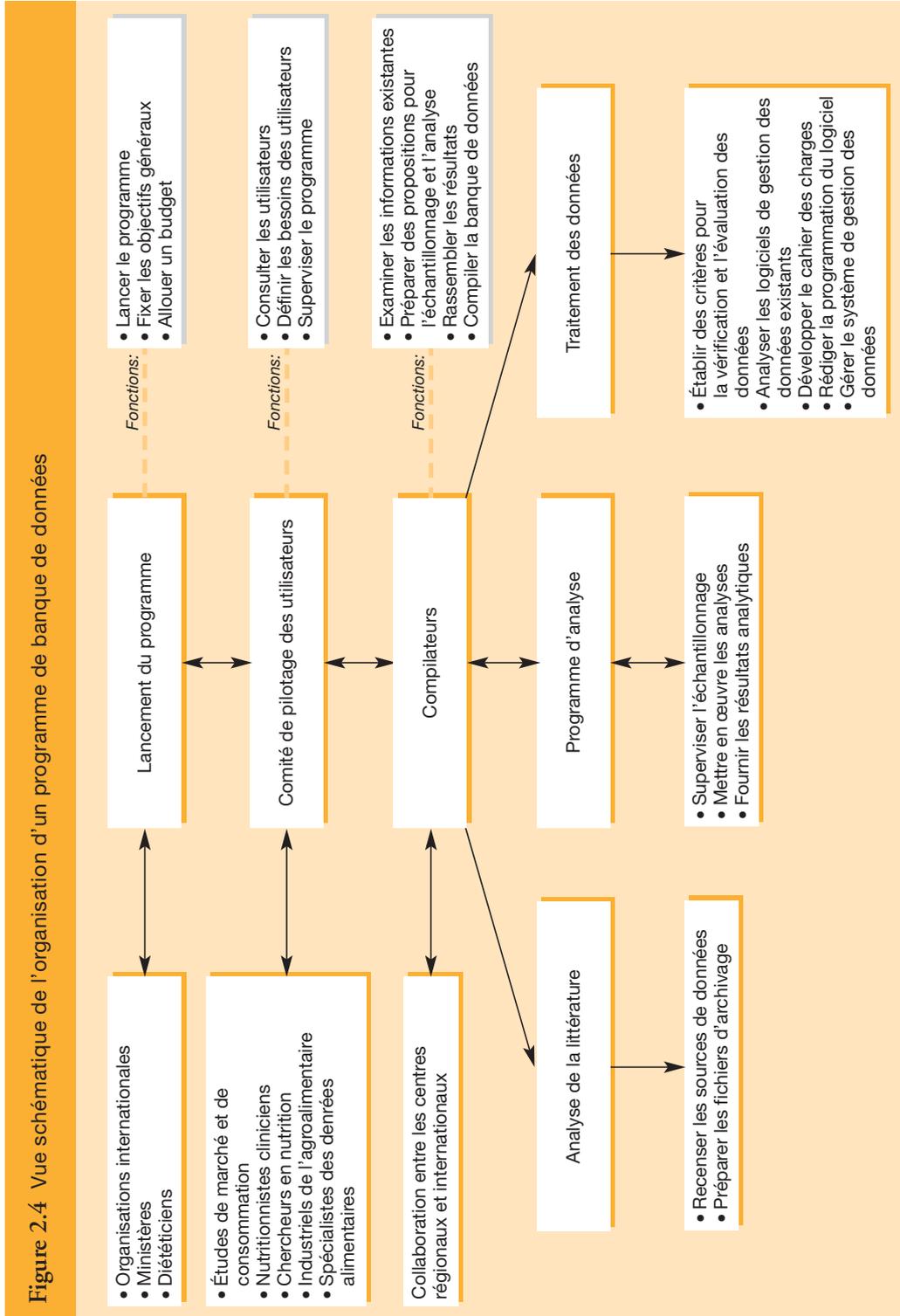
### Compilation d'une banque de données utilisateur

Les compilateurs doivent travailler en étroite coopération avec le comité de pilotage des utilisateurs. Il est souhaitable que les utilisateurs passent en revue les sections de la base de données une fois préparées. Cet examen permet aux utilisateurs d'alerter les compilateurs en cas de problèmes concernant le format, l'ergonomie et l'adéquation des données, et cela donne aux compilateurs l'occasion d'alerter les utilisateurs en cas de problèmes de données inadéquates ou, s'il est nécessaire, de compléter les analyses. Lorsque la base de données est presque achevée, il est bon de tester son bon fonctionnement. Ces tests-ci peuvent être organisés par le biais du comité de pilotage des utilisateurs.

### Fonctionnement de la banque de données

#### **Gestion**

Une fois que la banque de données commence à être utilisée, il est souhaitable de procéder à une série de tests opérationnels. Bien que des benchmarks spécialement conçus pour tester



la banque de données soient utiles (voir Chapitre 10), c'est l'utilisation régulière qui constitue le vrai test, et il faudrait prévoir de rassembler des informations sur les difficultés rencontrées ou les discordances relevées par les utilisateurs. Les erreurs doivent être recueillies de manière centralisée et enregistrées afin que la banque de données puisse être corrigée. Il est particulièrement important que la gestion de la base de données soit envisagée dans sa continuité.

### **Mise à jour**

Il est aussi souhaitable d'établir un groupe d'utilisateurs permanents, connaissant bien les critères originaux du programme, qui examineront périodiquement l'extension et la révision de la base de données.

Une révision continue ou périodique est indispensable pour plusieurs raisons. Le niveau de la consommation d'un aliment peut changer, en particulier avec l'apparition de «nouveaux» aliments (par exemple les nouilles instantanées). La qualité nutritionnelle d'un aliment traditionnel peut également changer (par exemple, les changements dans l'élevage et la découpe de la viande se répercutent sur la teneur en lipides et la qualité en micronutriments des viandes). Les nouvelles méthodes de préparation des aliments de grignotage peuvent avoir des effets frappants sur la composition nutritionnelle d'un aliment (par exemple, les aliments apéritifs (snacks) à base de pommes de terre extrudées exempts de vitamine C) ou des conséquences nutritionnelles pour des individus sensibles (par exemple, le passage à des sirops de fructose et des édulcorants). De plus, outre les changements dans les aliments eux-mêmes, des progrès dans les méthodes d'analyse peuvent impliquer le besoin de recommencer l'analyse des aliments pour un nutriment particulier. Ces tendances nécessitent une surveillance nutritionnelle continue de la consommation alimentaire (Paul, 1977) et indiquent qu'une banque de données devrait être révisée de temps à autre ou de façon continue. L'arrivée des systèmes de gestion informatisée des banques de données simplifie, en principe, la mise à jour continue et la production périodique de banques ou de tables dérivées.

### **Droits d'auteur et autres conventions**

Étant donné que la législation sur les droits d'auteur et la propriété intellectuelle varie d'un pays à l'autre (Ricketson, 1995), les compilateurs des banques de données devront se familiariser eux-mêmes avec les dispositions nationales et internationales et s'y conformer. Ces dispositions peuvent inclure la nécessité de demander la permission d'utilisation des données, la présentation de copyrights, le paiement d'un droit. En outre, des conventions scientifiques normales devraient être suivies concernant la citation des sources de données afin que les utilisateurs puissent se référer directement à la source originale.

L'organisation chargée du programme de composition des aliments, avec l'approbation du comité de pilotage national, publie généralement les données sur la composition des aliments sous diverses formes imprimées ou électroniques et peut faire payer aux utilisateurs le coût matériel des publications. La banque de données sur les nutriments du Ministère américain de l'agriculture (USDA) (USDA, 2003a) est un exemple d'une base de données qui a été émise gratuitement dans le domaine public. En même temps, des dispositions

devraient être prises pour vendre sous licence les données à des utilisateurs commerciaux (Greenfield, 1991b), tels que les créateurs de logiciels pour l'analyse alimentaire, qui peuvent ensuite vendre leur programme avec les données.

## Présentation générale du programme et besoins d'organisation

Le schéma du programme à la figure 2.4 montre les éléments organisationnels d'un programme de banque de données sur la composition des aliments et certaines fonctions de chacune de ses composantes. Tout le programme nécessite une information en retour jusqu'au niveau le plus élevé et, en fait, une interaction constante lorsque des propositions sont faites, que des priorités sont définies, que des travaux sont conçus et exécutés et que le produit final est revu. Les compilateurs sont les membres exécutifs du programme, assurant que les objectifs fixés par le comité de pilotage des utilisateurs sont atteints et que la qualité est maintenue.

Dans la pratique, les compilateurs peuvent être plusieurs individus, chacun responsable d'un seul domaine (par exemple analyse de la littérature, supervision des programmes d'analyse ou des données sur certains nutriments, denrées ou aliments). Si les ressources permettent cette répartition des tâches, grâce à laquelle les connaissances techniques pourront se développer, il est essentiel de disposer d'une bonne gestion, de façon à ce que le compilateur principal ait une vue d'ensemble claire du travail.

Une interaction continue avec le centre de données régional est en général utile pour garantir que les normes sont maintenues et que les données sont compatibles.

## Chapitre 3

### Sélection des aliments

La majorité des utilisateurs des banques de données de composition souhaite qu'elles soient «exhaustives». L'objectif d'un programme relatif à la composition des aliments est d'assurer que la banque de données comprenne le plus grand nombre possible d'aliments consommés par la population pour laquelle elle a été préparée. Cependant, créer une banque de données parfaitement exhaustive est un objectif impossible, principalement à cause du très grand nombre d'aliments constituant le régime alimentaire, en particulier si l'on inclut toutes les variantes possibles des plats cuisinés. Le développement permanent de nouveaux produits alimentaires par l'industrie agroalimentaire, de nouvelles variétés végétales et techniques d'élevage par l'industrie agricole fait que les analystes et les compilateurs visent une cible mouvante. Elle est difficile à atteindre en raison du volume des analyses requises pour prendre en compte tous les aliments et des implications de ces travaux en termes de financement. Les personnes participant à un programme de composition des aliments – par le biais d'un comité de pilotage national ou d'autres moyens consultatifs – doivent donc élaborer une stratégie et définir des priorités dans le choix des aliments à inclure.

L'approche décrite ci-dessous convient pour créer une banque de données *de novo*. Dans la pratique, toutefois, elle est rarement employée car la plupart des pays ou des régions disposent déjà d'informations sous la forme de tables de composition ou d'une base de données informatisée. Néanmoins, la stratégie proposée peut servir à réviser ou à enrichir les informations existantes.

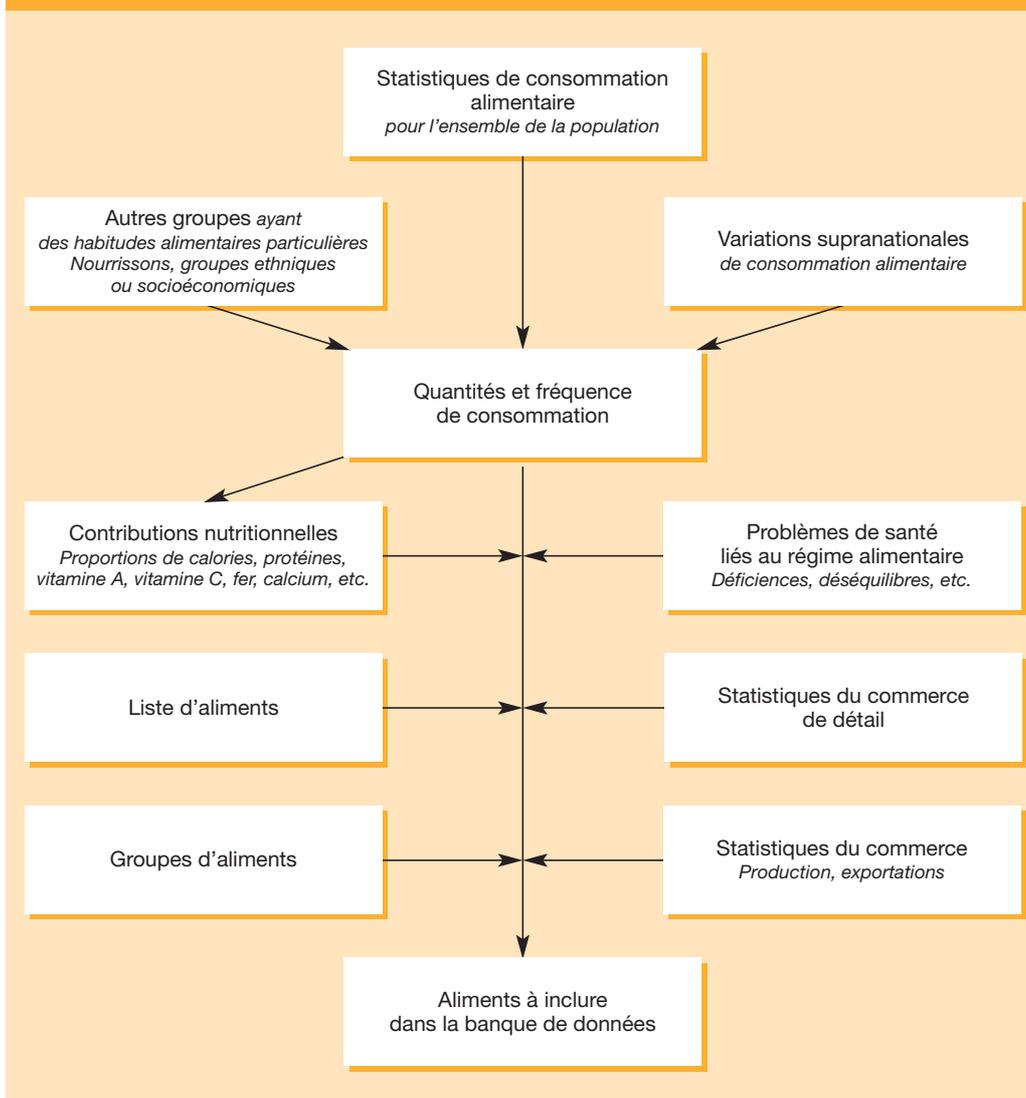
#### Définition de priorités

Pour définir des priorités, il faut prendre en compte toutes les sources d'informations. Celles-ci sont résumées à la figure 3.1.

#### **Données de consommation alimentaire**

Les données de consommation alimentaire représentent un point de départ idéal. Les aliments les plus fréquemment consommés et en quantités les plus grandes constituent la liste des

**Figure 3.1** Étapes à suivre pour sélectionner des aliments à ajouter dans une banque de données sur la composition des aliments



aliments clés. Pour identifier ces aliments, il faut non seulement prendre en compte des statistiques globales relatives à la population totale mais aussi des consommations de sous-groupes spécifiques, notamment des nourrissons et des personnes ayant des besoins alimentaires particuliers. Au sein de la population, on prendra aussi en considération les groupes ethniques ayant des habitudes alimentaires particulières et différents groupes socioéconomiques et régionaux. On peut trouver des données sur les denrées dans les banques de données statistiques de la FAO (FAO, 2003) et des données d'enquêtes sur les ménages ou les individus auprès des ministères de l'économie, de la santé ou de l'agriculture.

### Contributions nutritionnelles

Les données de consommation alimentaire devraient donc être utilisées pour estimer les contributions nutritionnelles des différents aliments (Chug-Ahuja *et al.*, 1993; Schubert, Holden et Wolf, 1987).

Le Ministère de l'agriculture des États-Unis (USDA) a mis au point une procédure qui s'appuie sur des données de consommation alimentaire et les valeurs nutritionnelles des aliments pour dresser la liste des aliments clés: *Key Foods* (Haytowitz *et al.*, 1996). On entend par aliments clés les aliments qui représentent jusqu'à 80 pour cent de l'apport pour un nutriment donné. Si l'on additionne les apports nutritionnels via tous les aliments clés, ceux-ci doivent représenter environ 90 pour cent de l'apport nutritionnel total pour les nutriments examinés. Cette méthode utilise les profils en nutriments existants et des données représentatives au plan national, issues d'études de consommation alimentaire. On prélève et on prépare davantage d'échantillons pour les aliments qui apportent de grandes quantités de nutriments ayant une importance pour la santé publique. Tous les échantillons ne sont pas analysés pour tous les nutriments qui figurent actuellement dans la base de données (Haytowitz, Pehrsson et Holden, 2000). Cette approche par les aliments clés est au cœur des contrats actuels pour l'analyse des nutriments de USDA (Haytowitz, Pehrsson et Holden, 2002) et de nombreux autres pays sont en train d'adopter cette méthode (Galeazzi *et al.*, 2002).

### Nutriments ayant une importance pour la santé publique dans le pays

Il faut d'abord examiner la contribution d'un aliment dans l'apport énergétique total. Cela permet de lister les aliments qui peuvent être considérés comme aliments de base dans le régime alimentaire. On peut successivement prendre en compte les autres nutriments, selon leur importance du point de vue de la santé publique. Dans certains pays, les protéines seront ensuite examinées; dans d'autres, on mettra l'accent sur les nutriments qui ne sont pas répartis uniformément dans les aliments, par exemple la vitamine A (rétinol), la vitamine C, le fer et le calcium. Lorsqu'une carence en iode constitue un problème de santé publique, il faudra inclure les sources d'iode. Des déficiences en vitamine A indiqueront la nécessité de considérer les aliments riches en caroténoïdes provitamine A, en plus des sources de rétinol. Le nombre d'aliments à ajouter diminuera progressivement en utilisant cette approche séquentielle des aliments clés.

### Facteurs commerciaux et économiques

En listant les aliments, il faut tenir compte de l'importance du commerce alimentaire. Dans les pays exportateurs de denrées alimentaires, il peut être nécessaire d'inclure dans la liste les aliments qui sont très importants pour le secteur des exportations, en particulier les aliments transformés, étant donné que l'étiquetage nutritionnel de ces produits est exigé par de nombreux pays importateurs.

### Établissement d'une liste d'aliments

Pour de nombreuses populations, les données de consommation alimentaire sont peu abon-

**Tableau 3.1** Exemples des principaux groupes d'aliments utilisés dans les banques de données et les tables de composition des aliments

<i>Tables de composition des aliments FAO pour le Proche-Orient<sup>1</sup></i>	<i>Tables de composition des aliments des îles du Pacifique<sup>2</sup></i>	<i>Tables de composition des aliments du Royaume-Uni<sup>3</sup></i>
Céréales et produits céréaliers	Céréales et produits céréaliers	Céréales et produits céréaliers
Racines et tubercules amylacés	Légumes amylacés	(inclus dans les légumes)
Légumineuses et produits dérivés	Légumineuses	(inclus dans les légumes)
Noix et graines	Noix et graines	Noix
Légumes	Autres légumes Légumes (feuilles vertes)	Légumes
Fruits	Fruits	Fruits
Sucres, sirops et sucreries	Confiseries	Sucres, confitures et snacks
Viandes et volailles	Viandes et volailles	Viandes et produits carnés
Œufs	Œufs	Œufs et produits dérivés
Poissons, mollusques et crustacés	Poissons Fruits de mer	Poissons et produits de la pêche
Lait et produits laitiers	Lait et produits laitiers	Lait et produits laitiers
Huiles et graisses	Graisses et huiles	Huiles et graisses
Boissons	Boissons	Boissons Boissons alcoolisées
	Herbes, épices, sauces	Herbes et épices
Divers		Soupes, sauces et aliments divers
	Aliments transformés	
	Plats cuisinés composés	
	Produits de la noix de coco	
	Aliments provenant d'animaux sauvages	

*Sources:*  
<sup>1</sup> FAO, 1982.  
<sup>2</sup> Dignan *et al.*, 1994.  
<sup>3</sup> Food Standards Agency, 2002.

dantes et, pour définir les priorités, d'autres stratégies peuvent se révéler nécessaires. Une approche utile consiste à préparer la liste des aliments consommés et de procéder à des estimations subjectives de leur importance. La liste doit être compilée à l'aide de plusieurs sources, par exemple les ministères et les chercheurs. Étant donné que les habitudes alimentaires sont largement déterminées par des facteurs socioéconomiques, il est important d'impliquer ces secteurs de la communauté dans la préparation de la liste.

Les statistiques de la production alimentaire et du commerce de détail peuvent également être des sources d'informations utiles à l'élaboration de cette liste. Les bilans alimentaires et les bases de données sur la disponibilité alimentaire sont publiés par la FAO pour la plupart des pays. Ils fournissent des données sur la disponibilité des aliments et leurs contributions par habitant aux apports en énergie, protéines et lipides (FAO, 2003).

### Utilisation des groupes d'aliments

Il est souvent utile de structurer une banque de données sur la composition des aliments en utilisant des groupes d'aliments. Cela permet de prendre en compte le régime alimentaire dans son entier et de ne pas privilégier un groupe d'aliments aux dépens du régime dans son ensemble.

Il n'y a pas de classification normalisée des groupes d'aliments à l'échelle internationale. Au 16<sup>e</sup> Congrès international sur la nutrition, une présentation d'INFOODS portait sur cette question des groupes d'aliments (Burlingame, 1998).

La majorité des banques de données sur la composition des aliments comptent entre 10 et 25 groupes d'aliments. Même si le concept des groupes d'aliments semble être accepté au niveau international, les aliments sont en fait surtout classés en fonction de la culture et la plupart des bases de données nationales ont des regroupements uniques.

Dans les tables de composition des aliments des îles du Pacifique (Dignan *et al.*, 1994), les produits de la noix de coco constituent à eux seuls un groupe d'aliments, du fait de l'importance économique et culturelle de cet aliment et de la diversité des produits. D'autres pays répartissent les produits de la noix de coco entre plusieurs catégories d'aliments tels que les lipides et les huiles pour l'huile de coprah, les noix et les graines pour la pulpe et les boissons pour l'eau de coco. La base de données de l'Amérique centrale et de Panama (INCAP) compte trois groupes qui sont uniques: bananes, maïs et pains de maïs (FAO/LATINFOODS, 2002). Dans la base de données ASEAN, les insectes comestibles constituent un groupe (Puwastien *et al.*, 2000).

Dans les organisations internationales, les chercheurs et nutritionnistes fournissent souvent les apports nutritionnels d'une population par groupe d'aliments plutôt que par aliment, soulignant l'importance d'une normalisation pour la comparabilité des données à l'échelle internationale. Les groupes d'aliments utilisés par le passé dans les tables de composition de la FAO (1982) et actuellement au Royaume-Uni (Food Standard Agency, 2002) et aux îles du Pacifique (Dignan *et al.*, 1994) figurent au tableau 3.1.

### Identification des priorités pour la révision d'une banque de données existante

La procédure à suivre pour réviser une banque de données existante est très semblable à celle utilisée pour en créer une nouvelle, bien qu'il faille aussi réfléchir aux aliments dont les valeurs pourraient nécessiter une mise à jour.

Il faudrait tenir compte des changements dans les habitudes alimentaires et revoir les valeurs des aliments pour lesquels on soupçonne une évolution de la composition depuis que la dernière

base de données a été préparée. Les changements de l'offre alimentaire – tant primaires dans l'agriculture, que secondaires dans la transformation, la commercialisation et le stockage des aliments – devront aussi être pris en compte. Des consultations avec les industries agroalimentaires et, si possible, avec des groupes de chercheurs spécialisés dans l'étude d'aliments spécifiques, permettent souvent d'obtenir des informations utiles sur les changements qui ont eu lieu.

### Sélection des aliments à l'intérieur des groupes d'aliments

La figure 3.1 (page 36) illustre les étapes à suivre pour définir les priorités et choisir les aliments à inclure dans la banque de données. Au niveau des aliments spécifiques dans chaque groupe, il faut disposer d'informations sur la commercialisation et la consommation. Ces informations serviront également lors de l'établissement des protocoles d'échantillonnage, qui est examiné dans le Chapitre 5.

Il est nécessaire de collecter des informations auprès des ministères de l'agriculture, des commissions de produits agricoles, d'associations commerciales et de groupes de recherche impliqués dans l'étude d'aliments spécifiques. Des journaux sur le commerce de détail et des consultations avec des fabricants de produits alimentaires peuvent aussi fournir des données sur les parts de marché relatives des différentes marques d'un même produit. L'inclusion d'aliments de marque déposée devrait être limitée à des produits stables et bien établis si la révision ou la mise à jour régulière de la base de données n'est pas possible. Il est parfois possible d'introduire des aliments de marque déposée lorsque ces produits sont uniques, ou de regrouper des aliments tels que des fromages (par exemple, fromages à pâte dure, fromages persillés) ou des biscuits (par exemple sucrés, salés, fourrés) dans des aliments génériques.

Une fois que l'on a bien compris l'importance relative des divers aliments et que l'on a établi une liste provisoire des aliments proposés pour inclusion, il faut examiner les données existant sur la composition de ces aliments en suivant les principes décrits au Chapitre 10. Ce processus consiste à examiner la qualité des données et leur éventuelle applicabilité aux aliments consommés actuellement, et à décider s'il faut ou non mettre en place des protocoles d'échantillonnage afin de fournir les données nécessaires pour leur inclusion.

Il est souvent utile à ce stade de regrouper les aliments en sous-groupes comme indiqué au tableau 3.2. Ceux-ci peuvent être classés selon le type ou l'utilisation des aliments. La création de sous-groupes d'aliments ayant des caractéristiques nutritionnelles et de matrice similaires constitue souvent une bonne base pour élaborer des approches communes d'échantillonnage et d'analyses.

### Présentation des aliments dans la base de données

Les différents modes d'utilisation des banques de données sur la composition des aliments exigent que les valeurs soient fournies pour les aliments crus, transformés, et prêts à être

**Tableau 3.2** Exemples de groupes et sous-groupes possibles pour des banques de données et tables de composition des aliments

<i>Groupe d'aliments</i>	<i>Sous-groupes possibles</i>	<i>Commentaires</i>
Céréales et produits céréaliers	Céréales et farines Produits céréaliers (pains, pâtes alimentaires, tortillas, biscuits sucrés, biscuits salés, gâteaux, pâtes, biscottes) Céréales de petit déjeuner	Y compris aliments préparés à base de céréales
Légumes et produits dérivés	Racines, tubercules, tiges, bulbes, plantains Légumes-feuilles Légumineuses et leurs graines	Y compris protéines végétales texturées, protéines des feuilles, les produits du soja, champignons, jus de légumes, algues
Fruits et produits dérivés	Fruits frais (baies, agrumes, etc.) Fruits transformés, y compris les jus	
Noix et graines		Y compris graines oléagineuses
Huiles et graisses	Huiles de graines/noix, huiles d'animal marin, margarines	Y compris ghee et beurre
Poissons et produits de la pêche	Poissons et leurs œufs Mollusques et leurs œufs Crustacés et leurs œufs Poissons transformés (séchés, salés, fumés, en conserve)	Y compris échinodermes et autres animaux marins
Viande et produits carnés	Sous-groupes pour diverses espèces de viande Volaille et gibier Abats Produits transformés à base de viande	Y compris amphibiens, reptiles, marsupiaux
Œufs	Sous-groupes pour diverses espèces	Y compris les plats à base d'œufs
Lait et produits laitiers	Classés en sous-groupes par espèce; crèmes, yaourts, fromages, desserts à base de lait	Y compris les glaces
Sucres et sirops	Sucres, sirops, confiserie, desserts, gelées, confitures	
Boissons	Thés, café, sirops à diluer, boissons gazeuses, sodas, boissons aromatisées aux fruits	Y compris les boissons gazeuses, mais pas le lait on les jus de fruits ni de légumes
Boissons alcoolisées	Bières, vins, vins cuits, spiritueux, liqueurs	
Divers	Herbes, épices, condiments, levains	

(Suite)

Tableau 3.2 (Fin)

<i>Groupe d'aliments</i>	<i>Sous-groupes possibles</i>	<i>Commentaires</i>
<b>Sous-groupes selon le type d'emploi</b>		
Restauration rapide ou fast-food	Kebab, tacos, hamburgers, poulet frit, pizza	
Aliments pour nourrissons	Préparations en poudre pour nourrissons, préparations pour nourrissons	
Aliments diététiques ou de régime	Aliments à faible teneur en énergie, aliments pour diabétiques, aliments faibles en sodium	Y compris alimentation parentérale et entérale, substituts de repas thérapeutiques
Aliments transformés	Plats manufacturés, aliments de grignotage (snacks), mélanges conditionnés, potages, sauces, jus de viande	
Aliments préparés	Plats pris en institution (repas pris au restaurant), plats familiaux, plats fabriqués selon recette	
Aliments non cultivés	Plantes de cueillette et animaux sauvages	

consommés. Lorsque les ressources sont limitées, il faut s'attacher en priorité à fournir des données pour les aliments les plus importants à l'état cru et sous les formes les plus fréquemment consommées.

Lorsque les aliments sont habituellement consommés sous plus d'une forme (par exemple pelés et non pelés, bouillis, frits ou rôtis), des valeurs devraient idéalement être fournies pour toutes ces formes-là, si les ressources le permettent. Une approche pragmatique peut être nécessaire pour économiser les ressources en préparant un aliment d'une manière et un autre aliment d'une autre manière, puis en extrapolant la composition selon les différentes méthodes de préparation. Par exemple, on pourrait analyser différents morceaux de lard cru, un morceau après friture et un autre après grillade, et extrapoler les changements observés à tous les morceaux.

Le régime alimentaire comprend généralement une vaste gamme d'aliments préparés selon des recettes souvent complexes, et il est rarement possible d'analyser tous les types de plats différents. Dans ce cas, il peut être décidé de calculer la composition des plats à partir des recettes en tenant compte des changements de poids à la cuisson et des facteurs de rétention des nutriments.

Les méthodes de cuisson les plus communes et les principaux changements sur le plan nutritionnel associés à chacune d'elles sont énumérés au tableau 3.3. Les informations nécessaires au calcul de la composition des aliments cuits à partir de l'aliment ou des ingrédients crus, sont également mentionnées. Dans certains cas, le calcul n'est pas vraiment adapté et

Tableau 3.3 Principales méthodes de cuisson et estimation des facteurs de cuisson

Méthode	Description	Rendement prévu	Rétention prévue	Mesures expérimentales
Faire bouillir, faire frémir dans beaucoup d'eau	Cuisson par immersion dans de l'eau bouillante et séparation par égouttage	Gain/perte d'eau, perte de matières solides	Perte de micronutriments hydrosolubles et thermolabiles	Mesure de la teneur en eau avant et après la cuisson
Absorption d'eau	Cuisson par immersion dans de l'eau bouillante, qui est complètement absorbée	Gain d'eau	Perte de micronutriments thermolabiles	Mesure de la teneur en eau avant et après la cuisson
Cuisson au four	Cuisson par chaleur sèche dans un four fermé	Perte d'eau	Perte de micronutriments thermolabiles. Concentration de constituants	Mesure de la teneur en eau avant et après la cuisson
Four en terre	Enfouissement de l'aliment dans des matières solides chaudes	Perte d'eau	Perte de micronutriments thermolabiles. Concentration de constituants	Mesure de la teneur en eau et en graisse avant et après la cuisson
Friture profonde	Immersion dans un corps gras chaud	Perte d'eau, gain/perte de lipides	Perte de micronutriments thermolabiles et autres. Concentration de constituants	Mesure de la teneur en eau et en lipides des aliments cuits. Analyse complète. Pesée de la graisse ou de l'huile restant après cuisson, si possible
Friture plate	Cuisson dans peu de matière grasse sur une surface chaude	Perte d'eau, gain/perte de lipides	Perte de micronutriments thermolabiles et autres. Concentration de constituants	Mesure de la teneur en eau et en lipides des aliments cuits. Analyse complète. Pesée de la graisse ou de l'huile restant après cuisson, si possible
Cuisson à la vapeur	Aliments enveloppés ou non, cuisson à la chaleur humide, au-dessus d'eau chaude ou sur pierres trempées chauffées	Perte ou gain d'eau	Perte de micronutriments thermolabiles	Mesure de la teneur en eau avant et après la cuisson
Rôtissage	Cuisson à la chaleur sèche avec ou sans matière grasse ajoutée	Perte d'eau, perte ou gain de lipides	Perte de micronutriments thermolabiles et autres. Concentration de constituants	Mesure de la teneur en eau et en lipides des aliments avant et après la cuisson. Analyse complète

(Suite)

Tableau 3.3 (Fin)

Méthode	Description	Rendement prévu	Rétention prévue	Mesures expérimentales
Grill	Cuisson sur une grille au-dessous ou au-dessus d'une chaleur directe	Perte d'eau et de lipides	Perte de micronutriments thermolabiles et autres. Concentration de constituants	Analyse complète
Micro-ondes	Cuisson dans un four fermé, par rayonnement électromagnétique à 915 ou 245 MHz	Perte d'eau	Perte de micronutriments thermolabiles. Concentration de constituants	Mesure de la teneur en eau avant et après la cuisson
Braiser	Cuisson dans un récipient fermé avec liquide et/ou matière grasse ajoutés; précuisson possible avec une matière grasse	Perte ou gain d'eau et de lipides, perte de matières solides	Perte de micronutriments thermolabiles et autres	Mesure de la teneur en eau et en lipides avant et après la cuisson
A l'étouffée	Cuisson lente dans de l'eau, dans un récipient fermé, sur une source de chaleur	Perte/gain d'eau	Perte de micronutriments hydrosolubles et thermolabiles	Mesure de la teneur en eau avant et après la cuisson
Rôtissage à feu direct	Cuisson sur une grille ou à la broche, à feu direct	Perte d'eau et de matières solides, en particulier de lipides	Perte de micronutriments thermolabiles. Concentration de constituants	Analyse complète
Cuisson sur plaque ou pierrade	Cuisson sur surface de métal chauffée, sans adjonction de matière grasse	Perte d'eau, de lipides et de matières solides	Perte de micronutriments thermolabiles. Concentration de constituants	Mesure de la teneur en eau et en lipides avant et après la cuisson, ou analyse complète
Cuisson dans un feu	Cuisson dans un feu	Perte d'eau et de lipides, gain de cendres	Perte de micronutriments thermolabiles et autres. Concentration de constituants	Mesurer la teneur en eau, en lipides et en cendres avant et après la cuisson. Analyse complète
Tandoori	Cuisson à sec dans un récipient en terre hermétique ou couvert	Perte d'eau, perte de matières solides	Perte de micronutriments thermolabiles et autres. Concentration de constituants	Mesure de la teneur en eau et en lipides avant et après la cuisson
Cuisson à la vapeur sous pression	Cuisson dans un récipient hermétique; milieu humide, sous haute pression	Perte/gain d'eau et de lipides	Perte de micronutriments thermolabiles et autres	Mesure de la teneur en eau et en lipides avant et après la cuisson

*Note:* Tous les aliments et/ou ingrédients doivent être pesés avant et après la cuisson.

une analyse complète devrait être réalisée si l'aliment tient une place suffisamment importante dans le régime alimentaire.

Si des échantillons d'aliments cuits ne peuvent être prélevés, les aliments peuvent être préparés dans un laboratoire, mais il est essentiel que les méthodes de cuisson locales soient reproduites aussi fidèlement que possible (Greenfield et Kosulwat, 1991). Certaines méthodes de préparation traditionnelles sont difficiles à reproduire en laboratoire, comme le four en terre dans les îles du Pacifique (Kumar *et al.*, 2001) et une attention particulière est nécessaire pour obtenir des valeurs relatives à ces méthodes. Dans ce cas, il est indispensable de s'appuyer sur une connaissance de la culture alimentaire locale et, si possible, sur les avis d'anthropologues.

### Préparation de la partie comestible

La majorité des banques de données utilise des valeurs obtenues par l'analyse de la partie comestible. Il est donc nécessaire d'identifier cette partie comestible lorsque l'on choisit les aliments à inclure dans la base de données. Les habitudes culturelles de la population pour laquelle la base de données est préparée vont profondément déterminer la nature de la partie non comestible, c'est-à-dire le déchet. Celle-ci doit aussi être mesurée et enregistrée dans la base de données étant donné que de nombreux utilisateurs, en particulier les restaurateurs, calculeront la teneur en nutriments sur la base des aliments achetés. Le tableau 3.4 donne des exemples de parties comestibles et non comestibles de quelques aliments.

### Nomenclature des aliments

Une utilisation exacte de toute banque de données exige que les produits alimentaires soient correctement identifiés; c'est pourquoi les compilateurs doivent réfléchir soigneusement à la manière de nommer les aliments dans la base de données. Plusieurs auteurs se sont penchés sur la question de la nomenclature des aliments (Arab, Wittler et Schettler, 1987; McCann *et al.*, 1988; Truswell *et al.*, 1991).

Dans un même pays, les consommateurs des différentes régions donnent souvent différents noms à un aliment ou le même nom est parfois utilisé pour des aliments différents. Il est souhaitable d'établir un thésaurus des noms et synonymes dès la mise en place de la base de données. Autant que faire se peut, les noms d'aliments devraient être ceux utilisés par les utilisateurs visés. Les aliments couverts par la réglementation sur l'étiquetage et/ou la composition doivent porter un nom conforme à celle-ci.

### Utilisation d'un système de descripteurs à facettes

Souvent, connaître le nom ne suffit pas pour identifier un aliment sans équivoque, en particulier lorsque la banque de données nationale est utilisée à une échelle internationale. Des

Tableau 3.4 Exemples de parties comestibles et non comestibles d'aliments

<i>Aliment</i>	<i>Parties non comestibles</i>	<i>Parties comestibles</i>
Banane	Peau	Pulpe
Chou	Feuilles jaunes ou fripées externes, tiges épaisses	Feuilles et tiges restantes
Légumes conservés en saumure	Saumure	Légumes égouttés
Fromage	(Croûte)	(Croûte), partie interne
Poulet	Os, (peau du dos), quelques coussinets adipeux, (queue), tissu conjonctif	Muscle, peau de la poitrine et des cuisses, graisse du tissu sous-cutané
Poisson		
frais	Os, viscères, (tête), nageoires, (peau)	Muscle, œufs, (tête) (peau)
conservé en saumure ou à l'huile	Os, saumure, (huile), (aucune)	Chair/os, (huile)
séché, petit	Aucune	Tout
Fruit, conservé en sirop	Aucune	Tout (matières solides et liquides peuvent être analysées séparément)
Insectes	Pattes, ailes, (tête)	Chair, carapace, (tête)
Foie	Vaisseaux sanguins, tissu conjonctif	Tissu restant
Viande	Os, tendons, (graisse)	Muscle, (graisse), tissu conjonctif
Orange	Peau, albédo, partie centrale	Quartiers, résidus d'albédo
Fruit de la passion	Écorce (pépins)	Pulpe, (pépins)
Ananas	Écorce, touffe, base, cœur	Pulpe
Pomme de terre, patate douce	(Peau)	Chair, (peau)
Potiron	Écorce, (pépins)	Pulpe, (pépins)
Canne à sucre	Couches ligneuses, partie centrale	Jus

*Note:* Les parties non comestibles comprennent normalement la matière endommagée. Décider si une partie est comestible ou non dépend des normes culturelles et des préférences individuelles. Les parties signalées entre parenthèses peuvent être rejetées ou non.

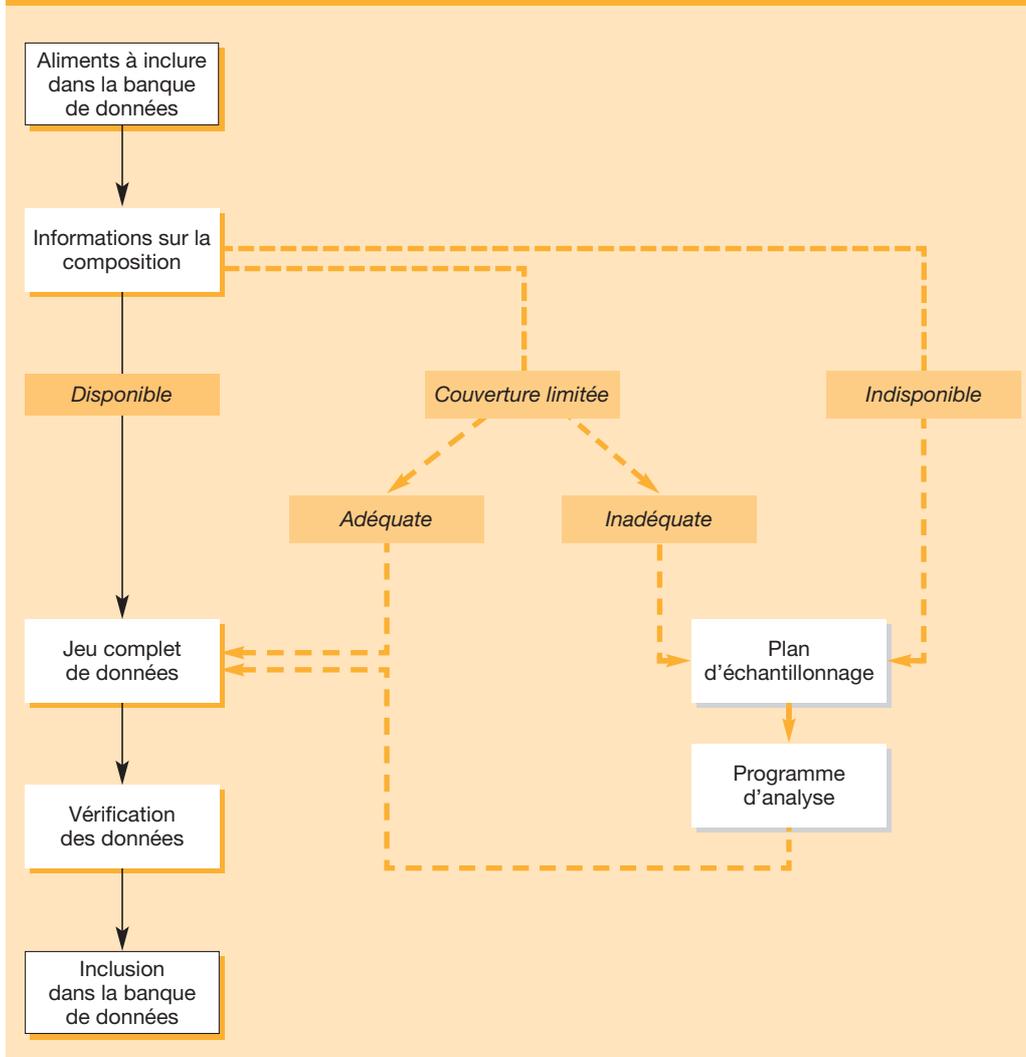
descripteurs d'aliments sont donc nécessaires pour identifier les aliments plus clairement et définir le type de préparation. Il est recommandé d'utiliser une série systématique de facettes (ou propriétés, attributs). Un système de descripteurs à facettes facilite les recherches dans de grandes banques de données, où le même mot peut représenter des choses très différentes (par exemple «vert» peut indiquer un type de poivre ou un degré de maturité). De plus, lorsque ces facettes sont normalisées, cela facilite aussi les échanges de données. Diverses tentatives

<b>Tableau 3.5</b> Facettes à utiliser dans la nomenclature des aliments pour identifier les aliments	
<b>Facettes indispensables</b>	<b>Facettes souhaitables</b>
	Groupe, sous-groupe
Nom commun (il peut s'agir d'un nom fixe ou d'une série de facettes)	Autres noms, nom dans la (les) langue(s) locale(s), noms de marque
Nom scientifique: genre, espèce, variété	
Sorte/type (par exemple source animale pour les produits transformée à base de viande)	
Partie (par exemple pépins, tige, feuille, patte, épaule, aile)	Maturité
Nom de la partie analysée (par exemple avec ou sans peau, tissu gras/maigre)	Catégorie/qualité
Nature de la partie comestible et non comestible	
Origine (pays, région)	Type d'agriculture (par exemple pâturage, culture hydroponique)
Technique de transformation	Ingrédients ajoutés
Technique de préparation	Détails des techniques
Descripteurs spéciaux (faible teneur en lipides, non sucré)	
État physique, forme, dimension, température	Type de préparation (par exemple congelé, décongelé, réchauffé)
Type de matière grasse utilisée dans la recette	
Type de liquide utilisé dans la recette	
Milieu de conditionnement (par exemple saumure, sirop)	Date d'emballage, durée de traitement de conservation (de la date d'emballage à l'analyse), durée de vie, type de surface en contact avec les aliments (important pour les contaminants)
Nom abrégé (longueur des caractères fixée, par exemple des tableaux concis)	

*Note:* Cette liste n'est pas exclusive; toutes les facettes qui facilitent l'identification peuvent être incluses.

ont été faites au niveau international pour normaliser des systèmes servant à dénommer et à décrire des aliments (Truswell *et al.*, 1991; Ireland et Møller, 2000), mais aucun accord international n'a été conclu jusqu'ici. Les facettes les plus courantes sont énumérées au tableau 3.5, mais n'importe quelle facette facilitant l'identification peut être utilisée. Les données liées à ces facettes doivent être compilées durant le prélèvement et l'analyse des échantillons; cela a des implications importantes en termes d'archivage des informations au cours de l'échantillonnage, qui sera examiné au Chapitre 5.

Figure 3.2 Arbre de décision pour la sélection des aliments à analyser



### Implications sur les ressources

Pour inclure, d'une part, des aliments, d'autre part, des nutriments et autres constituants dans une banque de données, il faut tenir compte de priorités simultanées, car les exigences combinées auront des conséquences sur les ressources totales nécessaires pour l'échantillonnage et l'analyse. Si un grand nombre de nutriments doit être inclus, cela peut limiter le nombre d'aliments pouvant être analysés avec les ressources disponibles, habituellement limitées; et vice versa. La figure 3.2 illustre la sélection des aliments en vue de leur analyse.

La première étape, essentielle, consiste à évaluer l'ensemble des informations déjà disponibles. Il peut apparaître qu'une information complète, toujours pertinente au regard de la disponibilité alimentaire actuelle, est déjà accessible. Il peut aussi apparaître que, pour un aliment importé, il est possible d'utiliser des données provenant du pays d'origine.

Néanmoins, l'information peut être limitée ou jugée inadéquate et nécessiter d'être complétée par des analyses supplémentaires – par exemple lorsqu'un constituant n'a pas été quantifié avant, ou lorsque la méthode d'analyse utilisée auparavant n'est pas considérée comme fiable. Dans de tels cas, des protocoles d'échantillonnage et d'analyses doivent être élaborés.

Lorsqu'aucune information n'est disponible et que l'aliment est jugé important, il est clairement nécessaire de concevoir des protocoles d'échantillonnage et d'analyse.

Enfin, toutes les données disponibles doivent être examinées pour s'assurer qu'elles sont de qualité compatible. Cette étape a aussi des implications sur les ressources, car il faut recourir à du personnel très qualifié pour cette importante étape finale.

## Chapitre 4

### Sélection des nutriments et autres constituants

L'objectif des banques de données sur la composition des aliments devrait être d'inclure tous les nutriments ainsi que d'autres constituants avérés ou supposés bioactifs et importants pour la nutrition humaine. Cela est rarement possible, en particulier lorsque les ressources sont limitées; il faut donc fixer les priorités. Il est souhaitable et possible, jusqu'à un certain point, de faire une sélection, notamment en ce qui concerne les analyses qui pèsent le plus sur les ressources.

Les considérations suivantes, outre la disponibilité de ressources, déterminent la sélection des nutriments et autres constituants alimentaires:

- a) besoin fondamental d'informations;
- b) problèmes de santé publique dans le pays concerné;
- c) tendance scientifique actuelle en nutrition et toxicologie;
- d) disponibilité des données existantes;
- e) existence de méthodes d'analyse adéquates;
- f) faisabilité des analyses;
- g) réglementations nationales et internationales d'étiquetage nutritionnel.

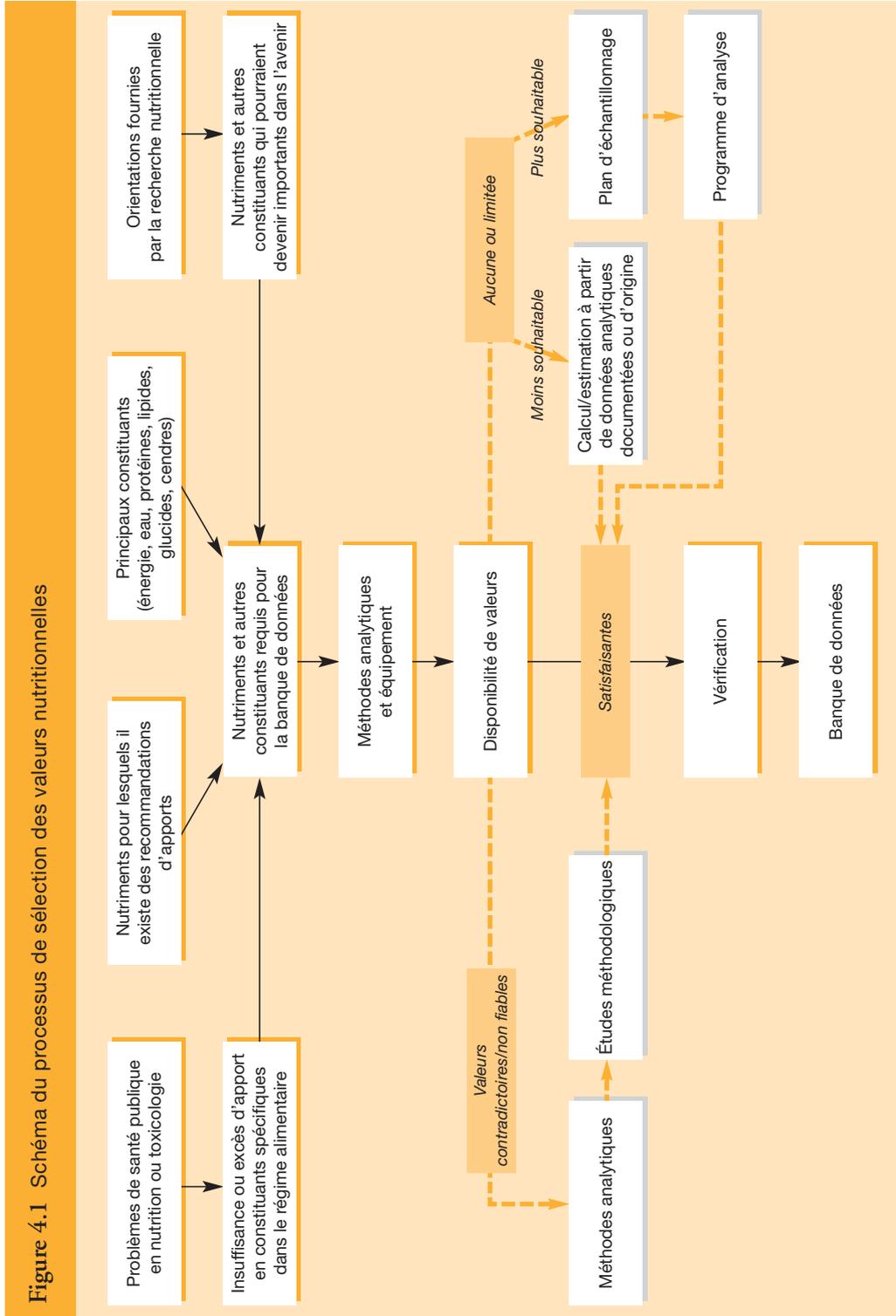
Les étapes de ce processus sont décrites schématiquement à la figure 4.1.

#### Besoin fondamental d'informations

Dans tous les pays, il faut au minimum des informations sur l'eau, les protéines, les lipides, les glucides et l'énergie.

#### Problèmes de santé dans le pays concerné

Dans les pays où les maladies de carence sont un problème, il faut disposer d'informations sur les vitamines clés (par exemple la vitamine A) et les sels minéraux (par exemple le fer). Dans les pays industrialisés, toutefois, où des problèmes tels que les maladies cardiovascu-



lares, le diabète, l'hypertension et le cancer sont prédominants, les données sur l'énergie, les lipides, les acides gras, le cholestérol, les glucides individuels et le sodium peuvent être considérées comme étant des priorités absolues. Dans les pays où les hivers sont longs et sombres, et lorsqu'il est impossible de s'exposer au soleil pour des raisons culturelles ou autres (par exemple *pardab*, institutionnalisation), les teneurs en vitamine D sont nécessaires. Pour procéder à une évaluation épidémiologique complète des maladies dégénératives, il faudrait disposer partout dans le monde de cette gamme de constituants afin d'établir des lignes directrices pour des pratiques alimentaires de prévention (Rand et Young, 1983). Dans les pays confrontés à des problèmes toxicologiques, il sera parfois nécessaire de donner la priorité aux données pertinentes sur les toxines alimentaires (par exemple les substances goitrigènes), ou sur les contaminants (par exemple les mycotoxines [Van Egmond, 1984; Van Egmond et Speijers, 1999] et les métaux lourds).

## État des connaissances en nutrition et toxicologie

Les constituants alimentaires à inclure devraient aussi refléter l'état actuel des connaissances scientifiques en nutrition et toxicologie. Une base de données exhaustive devrait inclure tous les nutriments pour lesquels des apports recommandés ont été établis au niveau national et, le cas échéant, au niveau international.

En outre, les personnes préparant les banques de données devraient essayer de prévoir les besoins de données. L'intérêt pour des constituants alimentaires «nouveaux» ou «redécouverts» peut croître rapidement (Southgate, 1985). Aussi, les développeurs de programmes de banques de données doivent être conscients des évolutions actuelles et des intérêts des chercheurs en nutrition et des cliniciens. Ainsi, on s'intéresse particulièrement aujourd'hui aux valeurs des indices glycémiques des aliments (Brand-Miller *et al.*, 1999) qui indiquent la rapidité avec laquelle les glucides sont digérés (voir Chapitres 6 et 7). Quelques tables sur ce sujet ont été produites (Foster-Powell et Miller, 1995). Toutefois, il faudra interpréter avec prudence les réponses aux questionnaires. Par exemple, lorsque Paul et Southgate (1970) ont examiné les demandes de quelques utilisateurs des tables de composition des aliments du Royaume-Uni, ils n'ont pas tenu compte du conseil d'exclure les glucides non disponibles, car ils étaient conscients de l'intérêt croissant pour les fibres alimentaires.

Bien que ces lignes directrices portent principalement sur la fourniture de données nutritionnelles, on admet de plus en plus qu'une gamme plus large de constituants joue un rôle important dans les relations entre régime alimentaire et santé (Ames, 1983). Il s'agit, notamment, de constituants bioactifs tels que des composés d'origine végétale comme les phytates, oxalates, flavonoïdes, glucosinolates et phytostérols. Certains de ces constituants, comme les molécules à effet goitrigène (Gaitan, 1990; Speijers et Van Egmond, 1999) modifient les valeurs nutritionnelles des aliments, par interaction dans les aliments, les intestins ou au cours du métabolisme. On peut aussi inclure dans les banques de données des informations sur les additifs alimentaires et les contaminants (Louekari, 1990; Burlingame, 2001). Les quantités

d'additifs présents dans les aliments sont dans une large mesure fonction de la marque et subissent souvent des variations au fil du temps, de sorte qu'il est particulièrement important que ces données soient datées. La répartition des contaminants est souvent plus complexe que celle des constituants présents naturellement dans les aliments et, dans ce cas, il peut être difficile d'établir des valeurs. En outre, les méthodes d'échantillonnage pour les contaminants sont souvent conçues pour identifier l'exposition probable maximale dans une population. Lister les valeurs de contaminants dans le même fichier que les nutriments pourrait donc être trompeur. Pour ces raisons, ces lignes directrices mentionnent rarement les contaminants, bien que leur importance soit reconnue (Young, 1984).

### Disponibilité des données existantes

Beaucoup de données sont disponibles pour certains nutriments ou constituants non nutritifs, qui ont fait l'objet de recherche ou ont été mesurés à des fins réglementaires. Il est souhaitable d'utiliser ces données, à condition qu'elles répondent aux critères de qualité du programme. Lorsque les ressources sont limitées et ne permettent pas l'inclusion de tous les constituants dans la base de données utilisateur, il serait cependant utile d'insérer toutes les données disponibles au niveau des archives du système de gestion des données.

### Existence de méthodes d'analyse adéquates

La disponibilité de méthodes d'analyse fiables est un élément déterminant pour inclure des constituants dans une base de données (Stewart, 1980) (voir Chapitres 6 et 7). Il n'est pas rentable d'analyser un nutriment particulier dans les aliments, même si cela constitue une priorité élevée, si les méthodes ne sont pas validées ou aboutissent à des valeurs contradictoires. Si l'on a des doutes sur ces méthodes, il faut prévoir des études méthodologiques dans le cadre du programme de banques de données.

L'émergence d'une méthode fiable, nouvelle ou améliorée, pour mesurer un nutriment peut nécessiter une analyse (ou une nouvelle analyse) des aliments occupant une place importante dans l'alimentation, ou qui sont ou seraient de bonnes sources du nutriment concerné.

### Faisabilité des analyses

La commande d'analyses pour chaque nutriment doit être déterminée par des critères pragmatiques: coût et temps nécessaires, et disponibilité des équipements, de personnels qualifiés, de réactifs chimiques, etc. Ces aspects sont importants, en particulier dans certains pays en développement. Il faut toujours mettre en balance les coûts avec les besoins nutritionnels

et cliniques pour des nutriments particuliers. Lorsque les ressources sont limitées, il peut être utile de collaborer avec d'autres laboratoires, par exemple des laboratoires réglementaires gouvernementaux ou des laboratoires de chimie des sols. La dernière option possible est d'emprunter ou de calculer des valeurs.

## Réglementations nationales et internationales sur l'étiquetage nutritionnel

Depuis quelques années, l'étiquetage nutritionnel tient une place de plus en plus importante dans la composition des aliments. L'organisation internationale clé concernée est la Commission du Codex Alimentarius (FAO/OMS, 2003), gérée conjointement par la FAO et l'OMS. Le texte intégral relatif à l'étiquetage alimentaire, qui comprend une section sur l'étiquetage nutritionnel, est disponible sous format imprimé et électronique (FAO/OMS, 2001). La conformité avec le Codex Alimentarius est facultative et de nombreux pays ont leur propre réglementation sur l'étiquetage nutritionnel (FDA, 2001; EC, 1990; FSANZ, 2001). Il est utile pour les programmes de composition des aliments d'inclure tous les nutriments requis pour l'étiquetage nutritionnel tant au niveau national que régional. Pour les pays exportateurs de produits alimentaires, les nutriments requis dans la réglementation des principaux partenaires commerciaux doivent aussi être introduits dans la base de données sur la composition des aliments.

## Couverture des constituants aux différentes étapes de la gestion des données

Comme on l'a dit précédemment, idéalement, une banque de données sur la composition des aliments devrait inclure les valeurs du plus grand nombre possible de nutriments et d'autres constituants, avec la possibilité technique d'ajouter d'autres informations au fur et à mesure de leur disponibilité. Toutefois, du fait qu'un système de base de données exhaustif est une source de références au niveau national, il est utile d'enregistrer séparément les données relatives aux formes chimiques individuelles, lorsque l'on dispose de valeurs analytiques individuelles ou si l'on peut les obtenir, en particulier dans une base de données de référence. Les facteurs utilisés pour convertir les différentes formes d'un nutriment en une teneur unique pour donner une indication sur sa valeur biologique peuvent évoluer avec les progrès de la nutrition. Si seule la valeur calculée (dérivée) est enregistrée dans le système de gestion de la banque de données, il ne sera pas possible de recalculer l'activité biologique totale présumée. Ainsi, il est souhaitable que toutes les valeurs utilisées soient indiquées en plus des valeurs calculées. Dans tous les cas, tous les facteurs de conversion utilisés doivent être consignés dans des champs de données numériques équivalents aux constituants, ou dans la partie documentaire de la base de données.

Les données sur les constituants peuvent être exprimées sur plusieurs bases. Par exemple, les acides aminés peuvent être exprimés en mg/g d'azote (N) (ou en g/16 g N) et les acides gras en pourcentage des acides gras totaux; ce qui est la meilleure façon de saisir ces données, si c'est la manière dont les résultats ont été fournis par le laboratoire d'analyse. Toutefois, au niveau de l'utilisateur, il est souvent plus utile de présenter les données relatives à un aliment pour 100 g de la portion comestible (ou pour 100 ml pour certaines boissons, avec la valeur de densité). Dans les différentes banques de données utilisateur (ou, plus généralement, les tables imprimées), la complexité et le nombre de constituants couverts peuvent varier, le choix se fera donc au cas par cas, pour chaque constituant et chaque jeu de données. Ainsi, les données peuvent être présentées comme valeurs «totales» ou «disponibles» pour des nutriments qui existent sous plusieurs formes, calculées à l'aide de facteurs appropriés et d'une formule documentée.

De la même manière, dans des tables imprimées simplifiées, on peut regrouper certains constituants, comme les acides gras et le cholestérol, dans des sections séparées. C'est notamment le cas lorsqu'il y a des contraintes de coût d'impression.

Dans le cas de tables destinées à des usages spéciaux, de nombreux formats peuvent être adoptés. Dans les tables à l'usage de non-spécialistes, on peut regrouper des valeurs (par exemple, lipides < 1 g, 1–5 g, 5–10 g, etc.), ou bien énumérer les aliments en les classant selon leur rang en tant que source en nutriments (excellent, bon, moyen, médiocre) en fonction de la proportion de l'apport journalier recommandé présente dans une portion moyenne.

La couverture des nutriments à différents niveaux de gestion des données est détaillée au tableau 4.1, et le tableau 4.2 donne des exemples de formats de diffusion de données. Des observations sur certains de ces constituants, ainsi que d'autres détails, figurent dans les Chapitres 6 et 7.

## Eau

Il est indispensable d'indiquer les teneurs en eau dans les tables et articles publiés sur la composition des aliments et à tous les niveaux de la gestion des données, y compris la banque de données exhaustive de l'utilisateur. Une variation de la teneur en eau influe de façon importante sur les teneurs des autres constituants et les données de la teneur en eau permettent de comparer les teneurs en nutriments (par exemple pour différents aliments ou différentes analyses du même aliment) sur une base identique d'humidité. Cette information est également essentielle lorsque des données provenant de différentes sources sont comparées ou combinées. Pour plus de commodité, certaines analyses de nutriments sont effectuées sur la matière sèche de l'échantillon. Ainsi, les données de laboratoire peuvent être indiquées pour 100 g de matière sèche et être enregistrées dans la base de référence de cette manière. Toutefois, chaque valeur dans la matière sèche doit être rattachée à la teneur en eau analysée du même échantillon, afin que les teneurs des nutriments puissent être recalculées sur la base appropriée de leur poids humide. Dans des tables imprimées simplifiées, on peut omettre d'indiquer la teneur en eau, s'il manque de place.

**Tableau 4.1** Constituants requis aux différents niveaux d'un système de banque de données\*

<i>Banque de données utilisateur, simplifiée</i>	<i>Banque de données utilisateur, exhaustive</i>	<i>Banque de données de référence<sup>a</sup></i>
<b>Principaux constituants</b>		
Eau	Eau	
Protéines	Azote, total Protéines (N total x facteur, somme des acides aminés) Facteur de conversion de l'azote Acides aminés	Protéines (azote protéique x facteur) Azote non protéique Constituants de l'azote non protéique
Lipides totaux (ou lipides en équivalent triglycérides)	Lipides totaux (ou lipides en équivalent triglycérides) Facteurs de conversion des acides gras	Phospholipides, stérols, stanols, autres classes de lipides
Somme des acides gras saturés, somme des acides gras monoinsaturés, somme des acides gras polyinsaturés	Acides gras <i>trans</i> , acides gras individuels, somme des acides gras saturés, somme des acides gras monoinsaturés, somme des acides gras polyinsaturés	Isomères d'acides gras insaturés
Glucides, disponibles et/ou totaux	Glucides, disponibles et/ou totaux	
Sucres, total	Sucres, total Mono-, di- et oligosaccharides individuels Polyols, totaux et individuels Index glycémique	
Polysaccharides	Amidons, y compris glycogène Polysaccharides	Amidon rapidement digestible Amidon résistant
Fibres alimentaires <sup>b</sup>	Fibres alimentaires <sup>b</sup> et leurs fractions	Polysaccharides non cellulose Cellulose Lignine Monosaccharides constitutifs des polysaccharides non amylacés
	Acides organiques, total	Acides organiques individuels
Alcool	Alcool	
Énergie métabolisable	Énergie métabolisable avec facteurs de conversion de l'énergie	Facteurs individuels de conversion de l'énergie Chaleur de combustion mesurée
Cendres, total	Cendres, total	

(suite)

\* Les constituants énumérés pour la banque de données utilisateur exhaustive sont communs à la banque de données de référence.

Tableau 4.1 (suite)

<i>Banque de données utilisateur, simplifiée</i>	<i>Banque de données utilisateur, exhaustive</i>	<i>Banque de données de référence<sup>a</sup></i>
<b>Constituants minéraux</b>		
Sodium	Sodium	
Potassium	Potassium	
Calcium	Calcium	
Magnésium	Magnésium	
Fer	Fer, fer héminique, fer non héminique	
Zinc	Zinc	
	Phosphore	
	Chlorure, fluor, nitrate, nitrite, sulfate	
Iode (si problème de santé publique)	Iode	
Sélénium (si problème de santé publique)	Oligoéléments essentiels (Cr, Mn, B, Co, Se)	
	Contaminants inorganiques (Pb, Cd, As, Hg, Ni, Al)	
<b>Vitamines</b>		
Vitamine A (RE) Rétinol Équivalents bêta-carotène	Vitamine A (RE), rétinol, équivalents bêta-carotène, bêta-carotène, autres caroténoïdes provitamine A <sup>c</sup> , tous les facteurs d'activité	Autres rétinoïdes et leurs facteurs d'activité
	Caroténoïdes individuels, y compris caroténoïdes sans activité provitamine A	Formes isomères
Vitamine D	Cholécalciférol (vitamine D <sub>3</sub> ), 25-hydroxyvitamine D <sub>3</sub> , ergocalciférol (vitamine D <sub>2</sub> ), 25-hydroxyvitamine D <sub>2</sub> , facteurs d'activité	
Vitamine E	Vitamine E (et facteurs d'activité), tocophérols et tocotriénols	
Vitamine K <sup>d</sup>	Vitamine K <sup>d</sup>	
Vitamine C	Vitamine C, vitamines individuelles (par exemple acides ascorbique et déhydroascorbique)	
Thiamine	Thiamine	

(suite)

Tableau 4.1 (fin)

<i>Banque de données utilisateur, simplifiée</i>	<i>Banque de données utilisateur, exhaustive</i>	<i>Banque de données de référence<sup>a</sup></i>
<b>Vitamines (Suite)</b>		
Riboflavine	Riboflavine	
Niacine, total	Niacine, total; niacine préformée; niacine potentiellement issue du tryptophane	Tryptophane, facteur de conversion
Folates, total <sup>g</sup>	Folates, total; vitamines individuelles; facteurs d'activité <sup>g</sup>	
Vitamine B <sub>6</sub>	Vitamine B <sub>6</sub> totale, vitamines individuelles	
Vitamine B <sub>12</sub>	Vitamine B <sub>12</sub> , isomères individuels	
	Acide pantothénique	
	Biotine	
<b>Autres constituants</b>		
	Substances bioactives (par exemple flavonoïdes, phytoestrogènes)	Substances bioactives (par exemple flavonoïdes, phytoestrogènes)
	Contaminants organiques, pesticides et autres résidus	Contaminants organiques, pesticides et autres résidus
	Additifs	Additifs

*Notes:*

<sup>a</sup> Cela peut inclure des contaminants et des additifs et tous les constituants qui exercent une activité biologique, particulièrement les composés phytochimiques. Dans la majorité des cas, les jeux de données couvriront un nombre limité d'aliments.

<sup>b</sup> Ces valeurs doivent être définies selon la méthode d'analyse utilisée.

<sup>c</sup> Certains utilisateurs ont besoin d'estimations de l'activité totale en vitamine A; du fait que les calculs d'activité sont incertains, il vaut mieux donner des teneurs mesurées en rétinol et carotènes séparément.

<sup>d</sup> Il n'existe pas à l'heure actuelle des données pour toutes les formes de vitamine K; actuellement celles pour la vitamine K<sub>1</sub> sont suffisantes.

<sup>e</sup> Ces valeurs doivent être définies selon le mode de calcul et/ou la méthode d'analyse utilisée.

## Protéines

Les teneurs en protéines sont nécessaires à tous les niveaux du système de données. Par convention, elles dérivent des teneurs en azote total en utilisant un facteur de conversion de l'azote (FAO/OMS, 1973). Dans la base de données, tous les facteurs sont enregistrés au niveau des aliments. Les valeurs peuvent aussi être fondées sur l'azote total moins l'azote non protéique, multiplié par un facteur spécifique lié à la composition des acides aminés de l'aliment, ou comme la somme des acides aminés (voir Chapitres 6 et 7). De nouvelles données sur les acides aminés, utilisées conjointement avec le ratio entre les résidus des acides aminés totaux et l'azote des acides aminés, laissent à penser que le facteur de conversion de l'azote devrait

être revu à la baisse. Sosulski et Imafidon (1990) proposent un facteur de conversion général de 5,7 et Salo-Väänänen et Koivistoinen (1996) de 5,33 avec, dans les deux cas, des facteurs individuels pour les différents aliments et groupes d'aliments. Actuellement, il n'y a pas de nouvel accord international sur les facteurs de conventions.

### Lipides totaux

Les teneurs en lipides totaux varient considérablement selon la méthode d'analyse (voir Chapitres 6 et 7) et peuvent avoir une importance nutritionnelle limitée; néanmoins, elles sont largement utilisées et devraient être incluses à tous les niveaux de la base de données.

**Lipides (ou acyle glycérol).** Il est conseillé d'inclure ces constituants dans la base de données de référence, principalement pour les utiliser dans le calcul de la valeur énergétique de l'aliment, et aussi en raison de l'intérêt des triglycérides (ou triacylglycérols) d'origine animale et végétale. L'emploi répandu et croissant des mono- et di-glycérides dans les produits alimentaires industriels est une raison supplémentaire de les inclure dans la base de données.

**Phospholipides.** Des valeurs pour les différentes classes de ces substances devraient être incluses dans la base de données de référence en raison de leur large emploi en tant qu'émulsifiants, et de leurs propriétés physiologiques.

**Stérols.** Bien que le cholestérol ait été pendant longtemps considéré comme le stérol le plus important d'un point de vue nutritionnel, on reconnaît aujourd'hui l'importance des autres stérols (par exemple le sitostérol); ceux-ci devraient être inclus dans la base de données utilisateur.

**Acides gras.** On devrait inclure dans la base de données de référence des données sur les stéréo-isomères d'acides gras individuels. A ce niveau, la meilleure façon d'exprimer les teneurs en acides gras est en grammes d'acides gras pour 100 g d'acides gras totaux. Dans les banques de données utilisateur, toutefois, l'expression en grammes d'acides gras par 100 g d'aliments est plus utile. Dans les banques de données utilisateur simplifiées, les acides gras peuvent être regroupés en acides saturés totaux, en acides monoinsaturés totaux et en acides polyinsaturés totaux où le rapport entre les groupes peut être indiqué avec la teneur en lipides. Il est aussi intéressant de regrouper les acides gras insaturés par famille n-9, n-6 et n-3 (Gurr, Harwood et Frayn, 2002).

### Glucides

Il est utile d'indiquer dans tout le système de la base de données, les teneurs en glucides disponibles (hyperglycémiant) et non disponibles (non hyperglycémiant) obtenues par analyse. La pratique précédente, qui consistait à inclure les glucides totaux «par différence», s'est révélée scientifiquement peu solide et devrait être abandonnée le plus rapidement possible (FAO/OMS, 1998).

Tableau 4.2 Exemples de formats de diffusion des données

Forme de présentation et utilisateurs	Aliments	Constituants	Base	Données numériques	Codes de source/qualité/confiance
Tables <sup>a</sup> simplifiées	Sous-ensemble limité, y compris agrégats (par exemple, fromages à pâte dure, fromages à pâte molle)	Petit sous-ensemble: nutriments clés	Pour 100 g et jusqu'à deux autres mesures	Moyenne	Souhaitables au niveau de l'aliment
Consommateurs et professionnels	Grand sous-ensemble, aliments non regroupés (par exemple, fromages individuels)	Grand sous-ensemble: nutriments, facteurs, substances non nutritives	Pour 100 g et une ou plusieurs autres mesures	Indispensable: moyenne, Souhaitable: écart type et/ou erreur type, nombre d'échantillons	Souhaitables au niveau de la valeur
Tables, abrégées	Tous	Tous	Pour 100 g et une ou plusieurs autres mesures, par g N <sup>b</sup> , par g AGT <sup>c</sup>	Moyenne, écart type et/ou erreur type, nombre d'échantillons	Indispensables au niveau de la valeur
Professionnels	Tous	Tous	Pour 100 g et une ou plusieurs autres mesures, par g N <sup>b</sup> , par g AGT <sup>c</sup>	Moyenne, écart type et/ou erreur type, nombre d'échantillons	Indispensables au niveau de la valeur
Fichiers électroniques, personnalisés	Tous, ou selon les besoins de l'utilisateur	Grand sous-ensemble, selon les besoins de l'utilisateur	Pour 100 g et autres mesures selon la sélection de l'utilisateur, par g N <sup>b</sup> , par g AGT <sup>c</sup>	Indispensable: moyenne, Souhaitable: écart type et/ou erreur type, nombre d'échantillons; selon les besoins de l'utilisateur	Souhaitables au niveau de la valeur
Professionnels/spécialistes (par exemple, cliniciens)	Tous	Tous	Pour 100 g et autres mesures selon la sélection de l'utilisateur, par g N <sup>b</sup> , par g AGT <sup>c</sup>	Moyenne, écart type et/ou erreur type, nombre d'échantillons	Indispensables au niveau de la valeur
Fichiers électroniques, exhaustifs	Tous	Tous	Pour 100 g et autres mesures selon la sélection de l'utilisateur, par g N <sup>b</sup> , par g AGT <sup>c</sup>	Moyenne, écart type et/ou erreur type, nombre d'échantillons	Indispensables au niveau de la valeur
Professionnels (par exemple, chercheurs)	Tous	Tous	Pour 100 g et autres mesures selon la sélection de l'utilisateur, par g N <sup>b</sup> , par g AGT <sup>c</sup>	Moyenne, écart type et/ou erreur type, nombre d'échantillons	Indispensables au niveau de la valeur

**Notes:**

<sup>a</sup> Dans tous les cas, le mot «tables» signifie format établi pour la présentation visuelle, imprimée ou sur l'Internet.

<sup>b</sup> N = azote, pour les acides aminés exprimés en unités mg/g N.

<sup>c</sup> AGT = acides gras totaux, pour des acides gras individuels exprimés en unités mg/g AGT.

Source: site web d'INFOODS, adaptation de Burlingame (1996).

**Glucides disponibles (hyperglycémiant).** Il s'agit de tous les sucres (glucose, fructose, saccharose, lactose et maltose) reconnus comme glucoformateurs chez l'homme et des polysaccharides (amidon et amidons partiellement hydrolysés, glycogène) hydrolysés par les sécrétions endogènes de l'appareil digestif humain (tableau 4.3).

**Glucides non disponibles (non hyperglycémiant).** Il s'agit de tous les polysaccharides non hydrolysés par les sécrétions endogènes de l'appareil digestif humain: les constituants des parois cellulaires végétales (cellulose, polysaccharides non cellulosiques, substances pectiques et hémicelluloses) et une gamme de polysaccharides utilisés comme ingrédients ou additifs alimentaires. Ces composés forment les polysaccharides non amylicés (NSP) qui sont souvent utilisés pour une définition des fibres alimentaires. Il y a plusieurs autres définitions des fibres alimentaires, chacune identifiée par une méthode différente et chacune mesurant différentes quantités de glucides non hyperglycémiant et de molécules autres que les glucides (par exemple, la lignine).

**Oligosaccharides.** On reconnaît de plus en plus l'importance nutritionnelle potentielle de ce groupe et par conséquent la nécessité de démarrer une collecte de données pour ces constituants. Les oligosaccharides comprennent des tri-, tétra- et penta saccharides de la série raffinose, des dérivés analogues du maltose et des polymères de fructose, y compris des polysaccharides de courte longueur. Les oligosaccharides individuels doivent être enregistrés individuellement du fait qu'ils sont métabolisés différemment.

**Polyols (alcools de sucre).** Ceux-ci comprennent un groupe d'alcools contenant plusieurs carbones reliés structurellement à des sucres dont le groupement réducteur a été réduit en un composé hydroxyle. De très petites quantités se trouvent naturellement dans les aliments, mais ils sont surtout utilisés comme additifs alimentaires en raison de leurs propriétés hygroscopiques (comme humidifiant) ou en remplacement du saccharose dans des produits hypocaloriques, des sucreries peu cariogènes et des aliments pour diabétiques. En vertu de la réglementation sur l'étiquetage en vigueur dans certains pays, les polyols doivent être inclus dans la déclaration des glucides. Cependant dans une base de données sur la composition des aliments, il est préférable de les lister à part, par leur nom usuel spécifique. Le tableau 4.3 indique les polyols les plus importants utilisés en alimentation humaine.

### Acides organiques

Ils sont importants dans un petit nombre d'aliments et leur ajout dans une base de données utilisateur devrait être sélectif. Les teneurs peuvent être fournies pour les fruits, les produits à base de fruits (y compris les jus), quelques légumes (particulièrement ceux qui sont conservés avec de l'acide acétique) et d'autres produits manufacturés, tels que le vinaigre, les sauces pour assaisonnement contenant des acides organiques comme principaux ingrédients, les boissons gazeuses et les yaourts. Dans ce cas, les acides organiques doivent être inclus dans le calcul de teneur en énergie.

Tableau 4.3 Glucides dans des aliments

Groupe chimique	Classes	Types présents dans les aliments	Importance relative	Classification nutritionnelle	INFOODS Tagnames
<b>Sucres</b>					
Sucres libres	Monosaccharides	Monosaccharides	Majeure	Hyperglycémiant et non hyperglycémiant	MNSAC
	Pentoses (monosaccharides)	Arabinose,	Rare	Non hyperglycémiant	ARAS
		Xylose	Rare	Non hyperglycémiant	XYLS
	Hexoses (monosaccharides)	Glucose	Majeure	Hyperglycémiant	GLUS
		Fructose	Majeure	Hyperglycémiant	FRUS
		Galactose	Mineure	Hyperglycémiant	GALS
	Disaccharides	Disaccharides	Majeure	Hyperglycémiant	DISAC/DISACM
			Majeure	Hyperglycémiant	SUCS/SUCSM
		Lactose	Mineure <sup>1</sup>	Hyperglycémiant	LACS/LACSM
		Maltose	Mineure <sup>2</sup>	Hyperglycémiant	MALS/MALSM
<b>Oligosaccharides</b>	Contiennent entre 3 et 9 résidus monosaccharides	Oligosaccharides, totaux disponibles	Mineure	Hyperglycémiant et non hyperglycémiant	OLSAC/OLSACM
		Maltotriose et plus	Mineure <sup>2</sup>	Hyperglycémiant	MALTRS/MALTRSM
	Raffinose	Mineure <sup>3</sup>	Non hyperglycémiant	RAFS/RAFSM	
	Verbascose	Mineure <sup>3</sup>	Non hyperglycémiant	VERS/VERSM	
	Stachyose	Mineure <sup>3</sup>	Non hyperglycémiant	STAS/STASM	
	Polyols (autrefois appelés alcool de sucre)	Polyols (autrefois appelés alcool de sucre)	Mineure	Non hyperglycémiant	POLYL
Trois carbones	Glycérol	Mineure	Non hyperglycémiant	GLYRL	
	Cinq carbones	Xylitol	Mineure <sup>4</sup>	Non hyperglycémiant	XYLTL
		Galactitol (dulcitol)	Mineure	Non hyperglycémiant	GALTTL

(suite)

Tableau 4.3 (suite)

Groupe chimique	Classes	Types présents dans les aliments	Importance relative	Classification nutritionnelle	INFOODS Tagnames
<b>Polyols (suite)</b>	Six carbones	Mannitol	Mineure	Non hyperglycémiant	MANTL
		Sorbitol (glucitol)	Mineure <sup>5</sup>	Non hyperglycémiant	SORTL
	Disaccharide alcools	Lactitol	Mineure <sup>6</sup>	Peu hyperglycémiant	LACTL
		Maltitol	Mineure <sup>6</sup>	Peu hyperglycémiant	MALTl
<b>Polysaccharides</b>	Amidons	Amidons	Majeure	Hyperglycémiant	STARCH/STARCHM
		Amylose (linéaire)	Majeure	Hyperglycémiant	AMYS/AMYSM
		Amylopectine (ramifiée)	Majeure	Hyperglycémiant	AMYP/AMYPM
		Amidons partiellement hydrolysés	Majeure dans aliments transformés	Hyperglycémiant	STAHY/STAHYM
	Fructanes	Glycogène	Mineure de viandes, etc.	Hyperglycémiant	GLYC/GLYCM
		Amidon résistant	Majeure	Peu hyperglycémiant	STARES
	Mannanes	Fructose	Mineure	Non hyperglycémiant	FRUTN
		Inuline et plus haut fructo-oligosaccharides	Mineure	Non hyperglycémiant	INULN
		Mannane	Mineure	Non hyperglycémiant	MANN
	Polysaccharides structuraux (composantes des parois cellulaires de plantes)	Glucos-mannane	Mineure	Non hyperglycémiant	GLUMIN
Galacto-mannane <sup>7</sup>		Mineure	Non hyperglycémiant	GALMN	
Substances pectiques <sup>8</sup>		Hydrosoluble, riche en acide uronique	Non hyperglycémiant	PSACNCP	

(suite)

Tableau 4.3 (fin)

Groupe chimique	Classes	Types présents dans les aliments	Importance relative	Classification nutritionnelle	INFOODS Tagnames
<b>Polysaccharides (suite)</b>					
Polysaccharides structuraux (suite)	Polysaccharides non cellulosiques	Hémicelluloses <sup>9</sup>	Non hydrosoluble, Non hyperglycémiant surtout xyloanes et glucanes, peu d'acide uronique		HEMCEL
	Cellulose	Différents dégradés de polymérisation		Non hyperglycémiant	CELLU
Amidon modifié <sup>10</sup>	Esters réticulés, éthers et phosphates			Quelques-uns peuvent être hyperglycémiant ou partiellement hyperglycémiant	STAMO/ STAMOM
Gommes et mucilages	Gommes Mucilages	Grande gamme de substances hydrosolubles <sup>9</sup>		Non hyperglycémiant	GUIMS MUCIL
Polysaccharides algaux	Sulfatés	Carraghénine <sup>10</sup>		Non hyperglycémiant	CARGN
	Non sulfatés	Agar <sup>10</sup> Alginates <sup>10</sup>		Non hyperglycémiant Non hyperglycémiant	AGAR ALGNT

*Notes:*

- <sup>1</sup> Ce sucre est dérivé du lait et des produits laitiers. Leur consommation déterminera son importance.
- <sup>2</sup> Ces sucres sont dérivés d'aliments contenant des sirops de glucose. Leur importance augmente avec leur consommation.
- <sup>3</sup> Ces oligosaccharides sont présents dans beaucoup de légumineuses.
- <sup>4</sup> Ce polyol est largement utilisé dans la confiserie hypocariogénèse. La consommation de ces produits augmente l'importance.
- <sup>5</sup> Ce polyol est utilisé dans quelques aliments pour des patients diabétiques.
- <sup>6</sup> Ils sont utilisés comme matière de remplissage et sont peu hyperglycémiant.
- <sup>7</sup> Des mannanes linéaires à unique branche sont largement utilisés comme épaississeurs dans des aliments transformés.
- <sup>8</sup> Large gamme de polysaccharides, galacturonanes, galacturonothammanes, arabinanes, galactoarabinanes.
- <sup>9</sup> Large gamme de polysaccharides, hétéroglycane linéaires et ramifiés, particulièrement xyloanes et glucanes, qui sont largement utilisés comme matière de remplissage dans des aliments transformés.
- <sup>10</sup> Utilisé comme ingrédients pour contrôler les caractéristiques physiques dans beaucoup d'aliments transformés

*Source:* Modifié à partir de Southgate, 1991.

### Alcool

L'alcool (alcool éthylique) peut contribuer significativement à la teneur en énergie d'un aliment; les teneurs doivent être déterminées et utilisées pour calculer la teneur en énergie des boissons alcoolisées et des confiseries ou desserts contenant de l'alcool.

### Constituants inorganiques

**Cendres totales.** Les teneurs en cendres sont souvent indiquées dans les sources de données. Elles devraient être enregistrées dans le système de banques de données essentiellement parce qu'elles sont utiles pour des vérifications internes de la somme de tous les constituants majeurs, pour le calcul des glucides totaux ou disponibles par différence et pour vérifier la teneur en minéraux. Dans la mesure où les cendres n'ont pas d'importance sur le plan nutritionnel, il n'est pas nécessaire de les indiquer dans des tables simplifiées.

**Constituants minéraux individuels.** Tous les éléments inorganiques essentiels devraient être inclus. Les techniques actuelles fournissent des informations sur une vaste gamme d'oligo-éléments pour un faible coût supplémentaire; il est donc souhaitable d'inclure une liste exhaustive des ces constituants. Les formes sous lesquelles certains oligoéléments se présentent sont importantes au plan de la biodisponibilité et devraient donc être enregistrées lorsque l'information est disponible.

### Vitamines

De nombreuses vitamines sont présentes sous plusieurs formes actives appelées vitamères; si cela est techniquement possible, il faudrait les analyser séparément et enregistrer chaque valeur séparément dans le système de banques de données et, dans certains cas, au niveau de la banque de données utilisateur. Dans les tables simplifiées, il suffit normalement d'indiquer une valeur pour l'activité totale de la vitamine en question. Il est essentiel, toutefois, de documenter les algorithmes utilisés pour calculer ces estimations d'activité totale.

### Constituants non nutritifs

**Contaminants.** Les contaminants comprennent les mycotoxines, les métaux lourds, les résidus de pesticides, d'herbicides et de stimulateurs de croissance pour animaux. La distribution des contaminants dans les aliments est telle que le concept de valeurs représentatives pour les contaminants diffère de celui qu'on peut utiliser pour les nutriments. Lister des valeurs en contaminants dans le même fichier que les nutriments pourrait être trompeur. Il est préférable d'enregistrer ces données dans des fichiers auxiliaires d'archives et/ou de référence.

**Substances bioactives.** Ces dernières années, un intérêt croissant s'est développé pour des composés phytochimiques particulièrement lié à leur éventuelle action protectrice contre les maladies cardiovasculaires et certains cancers. Ces produits comprennent les isothiocyanates,

les polyphénols, les flavonoïdes, les isoflavones, les lignanes, les saponines et le coumestrol (AICR, 1996; Pennington, 2002). Parallèlement, il y a intérêt à inclure les composés phytochimiques dans les banques de données sur la composition des aliments (Ziegler, 2001). La collecte de données provenant de sources de données est utile, bien qu'il ne soit pas toujours possible de trouver des jeux de données complets.

**Facteurs antinutritionnels et substances toxiques.** Certains constituants ont des effets physiologiques indésirables, par exemple les composés goitrigènes, les hémagglutinines, les facteurs antivitaminiques, les inhibiteurs de trypsine, l'acide oxalique et l'acide phytique. Les données concernant ces constituants devraient être incluses, lorsque c'est pertinent, pour certains aliments. D'autres substances toxiques naturelles sont importantes: la solanine, les cyanures, les glucosinolates, les toxines lathyrogènes, la mimosine et les nitrosamines. En théorie, les données pour ces constituants naturels devraient être incorporées dans la base de données de référence.

**Additifs.** De nombreux additifs sont mesurés, en totalité ou en partie, au cours de l'analyse des nutriments. Les sels, par exemple, sont inclus dans les analyses de divers cations et anions; les additifs protéiques sont déterminés dans l'analyse de l'azote; certains émulsifiants et épaississants sont inclus dans les analyses d'azote, d'amidon et des glucides disponibles. Il est clair que des analyses spécifiques sont préférables. Toutefois, le besoin en données sur les additifs et les constituants non nutritifs peut être rattaché aux priorités de sécurité sanitaire des aliments et pas nécessairement aux priorités concernant la nutrition.

**Divers.** Lorsqu'on dispose de données sur d'autres constituants intéressants, comme la caféine, la théophylline, la théobromine, les tannins et d'autres composés bioactifs (carnosine, carnitine, créatinine), il faudrait au moins les intégrer à la base de données de référence.

## Chapitre 5

### Échantillonnage

La qualité d'une base de données est déterminée en grande partie par la qualité de l'échantillonnage et des analyses. L'échantillonnage des aliments à inclure dans la banque de données de composition est un des aspects de sa préparation qui est le plus exigeant et difficile car il oblige souvent les compilateurs à des jugements intuitifs et des compromis. Le présent chapitre examine les objectifs de l'échantillonnage et traite des différents aspects dont il faut tenir compte pour prendre ces décisions.

En l'absence d'informations nécessaires sur la composition d'un aliment (comme c'est souvent le cas dans les pays en développement) ou si elles sont inadéquates (par exemple, si elles ne sont plus applicables à la disponibilité actuelle de l'aliment ou si les mesures analytiques doivent être faites à l'aide de méthodes plus récentes), il faut établir des protocoles d'échantillonnage et d'analyse.

Idéalement, ceux-ci devraient être construits simultanément, car les besoins des analystes détermineront les quantités à prélever nécessaires pour les analyses et comment les aliments devraient être stockés et, si nécessaire, conservés.

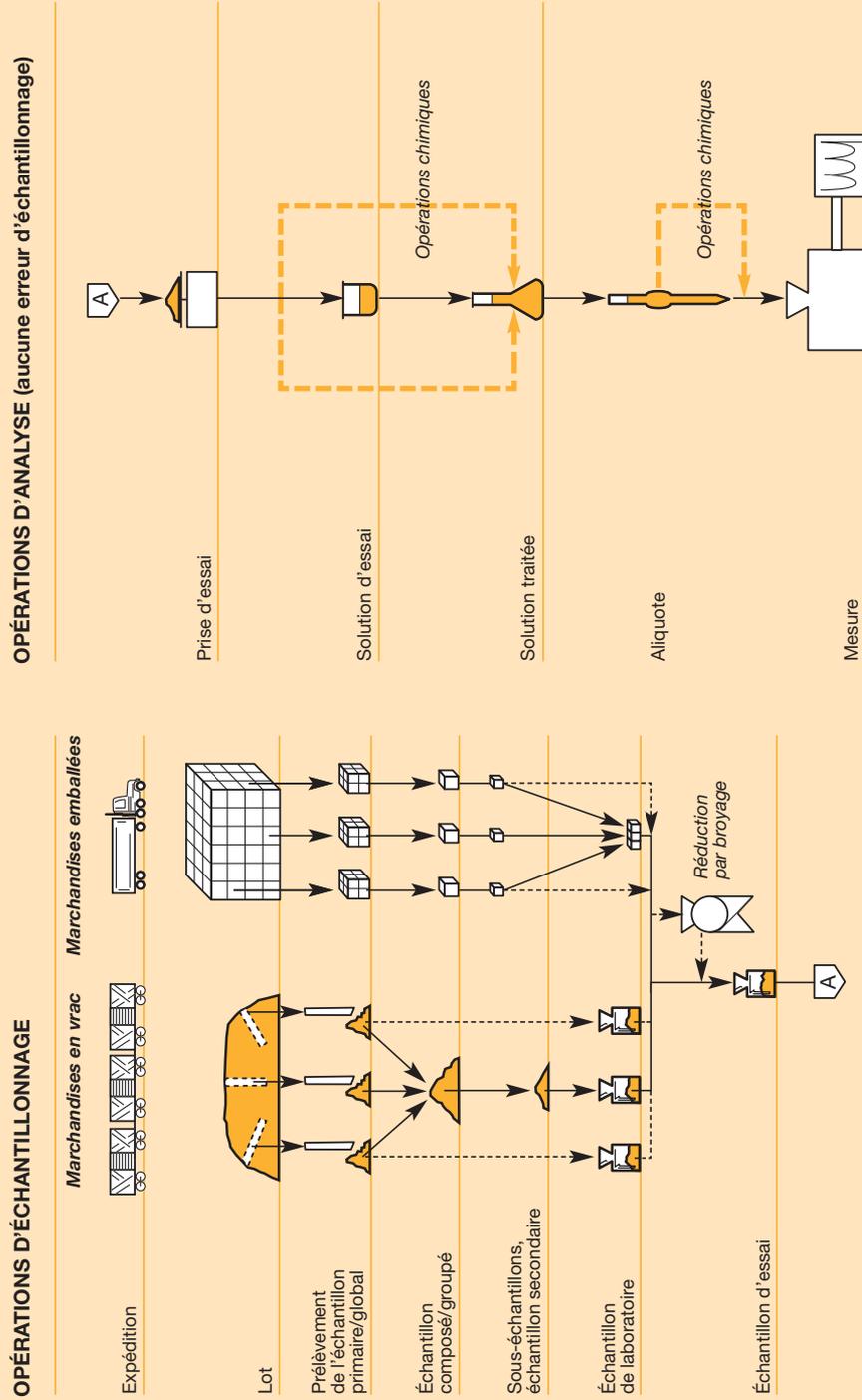
#### Objectifs de l'échantillonnage

Les utilisateurs de banques de données sur la composition des aliments ont besoin de valeurs représentatives de la composition des aliments consommés par la population pour laquelle la banque de données a été préparée.

L'objectif principal de l'échantillonnage sera de prélever des échantillons représentatifs d'aliments puis de faire en sorte qu'aucun changement ne se produise dans leur composition entre le prélèvement et l'analyse.

Tous les aliments sont des matériaux biologiques et connaissent des variations naturelles de composition. Un objectif secondaire peut être de documenter cette variabilité en rapport avec des facteurs comme la saison, la géographie, les cultivars et les pratiques d'élevage ou agricoles. Il faut s'attendre à ces variations et il ne faudrait pas les confondre avec les variations attribuables aux conditions d'analyse. Les protocoles combinés – c'est-à-dire pour l'échantillonnage et l'analyse – devraient aussi garantir que les attributs représentatifs soient maintenus dans les prises d'essai à analyser.

Figure 5.1 Rapports entre les opérations d'échantillonnage et d'analyse. La dernière opération d'échantillonnage (A) continue avec la première opération d'analyse (A)



Source: recommandations de l'UITCPA d'après Horwitz, 1990.

**Tableau 5.1** Définition des termes utilisés pour l'échantillonnage des aliments pour une banque de données sur la composition des aliments

<i>Termes</i>	<i>Définition</i>	<i>Commentaires sur l'application à des études de composition des aliments</i>
Échantillon	Partie sélectionnée à partir d'une plus grande quantité de matériel	Terme général décrivant une unité prélevée d'une quantité totale (ou population) d'un aliment
Plan d'échantillonnage	Procédure préétablie pour la sélection, le prélèvement, la conservation et la préparation de l'échantillon	Appelé parfois protocole d'échantillonnage
Caractéristique	Propriété ou constituant qui doit être mesuré ou noté	Description de l'aliment, des nutriments et autres analyses
Homogénéité	Degré de répartition uniforme d'une propriété ou d'un constituant	Les aliments sont habituellement hétérogènes ou doivent être considérés comme tels
Erreur d'échantillonnage	Partie de l'erreur totale liée au fait que l'on utilise uniquement une fraction de la «population» totale d'aliments et que l'on extrapole ensuite le résultat à l'ensemble de cette population. Cette erreur est due à l'hétérogénéité de la population	En raison de la nature hétérogène des aliments, il faut toujours prélever des échantillons multiples lorsque l'on veut estimer la composition d'un ensemble d'aliments
Lot	Quantité d'aliments qui est connue ou est supposée être produite dans des conditions uniformes	Il faut toujours noter le numéro des lots lorsque l'on procède à l'échantillonnage d'aliments
Unité	Chacune des unités discrètes et identifiables d'aliment qui peuvent être prélevées sur la quantité totale en tant qu'échantillons, et qui peuvent individuellement être décrites, analysées ou combinées	Ces unités constituent la base de la grande partie des analyses alimentaires (par exemple une pomme, un régime de bananes, une boîte de haricots, un plat préparé)

## Quelques termes fondamentaux

On entend ici par *échantillonnage* la description des activités entreprises pour la sélection et la collecte des aliments définis en termes de nombre, poids et de nature du matériau à analyser. Une grande partie de la terminologie officielle concernant l'échantillonnage a été conçue à l'usage du secteur commercial, à des fins de surveillance et de contrôle de la contamination (Horwitz, 1990). Certains de ces termes ne sont guère importants pour la préparation d'une banque de données sur les nutriments et ne seront pas examinés plus avant. Le tableau 5.1 décrit les différentes étapes de l'échantillonnage et contient les définitions des termes qui seront utilisés par la suite dans cette publication. La figure 5.1 illustre les diffé-

rentes étapes de l'échantillonnage et de l'analyse indiquant les points où des erreurs d'échantillonnage peuvent se produire en dehors des erreurs d'analyse.

Du fait de la variabilité et de l'hétérogénéité des aliments, toutes les opérations d'échantillonnage comportent un certain taux d'erreur lorsque les résultats sont extrapolés à la composition de la population totale d'un aliment. L'échantillonnage peut simplement fournir des données qui indiqueront la probabilité que les valeurs s'appliquent à toute unité isolée d'un aliment.

## Approche de l'échantillonnage

La sélection d'un échantillon représentatif, les protocoles combinés pour l'échantillonnage et l'analyse doivent être fondés sur une compréhension claire de la nature des aliments et de la population de l'aliment étudié (c'est-à-dire toutes les unités individuelles de l'aliment). Une banque de données sera utilisée pendant longtemps et les valeurs tirées des protocoles combinés seront utilisées comme si elles étaient représentatives, tant dans l'espace que dans le temps, pendant toute la durée du fonctionnement de la banque de données (et souvent pendant beaucoup plus longtemps). La mise au point de protocoles représente donc une tâche monumentale et pour laquelle il pourra être nécessaire d'accepter des compromis. Il est essentiel que ces compromis soient fondés sur une connaissance de l'aliment en question.

## Sources d'aliments

Les principales sources d'échantillons d'aliments sont résumées au tableau 5.2. Ces groupes correspondent aux niveaux auxquels les banques de données sont utilisées.

### **Denrées en vrac**

Les données relatives à la composition fournies par les analyses sur des denrées en vrac sont utilisées de maintes façons. Elles sont employées couramment dans le commerce ou pour la surveillance d'éventuelles contaminations agrochimiques de produits importés ou l'usage abusif de stimulateurs de croissance. Ces données fournissent aussi la base pour calculer les valeurs en nutriments des bilans alimentaires et parfois des recettes dans les ménages et les industries. Des procédures normalisées d'échantillonnage ont été définies pour de nombreuses denrées et celles-ci devraient être suivies: Organisation internationale de normalisation (ISO, 2003); méthodes officielles de l'Association des chimistes analytiques officiels (AOAC International, 2002, 2003); Codex Alimentarius (FAO, 1994; FAO/OMS, 2003). Il faudra veiller à ce que les échantillons soient vraiment représentatifs de la denrée en vrac. Il pourra être nécessaire de prélever séparément plusieurs échantillons dans les sacs, les caisses, les paquets ou les carcasses et à différents points dans un silo ou un conteneur. L'échantillonnage aléatoire est préférable à la collecte d'unités facilement accessibles. Les préleveurs d'échantillons

**Tableau 5.2** Principales sources d'échantillons d'aliments à analyser pour une banque de données sur la composition des aliments

<i>Source</i>	<i>Exemples</i>	<i>Niveau d'emploi des données sur la composition des aliments</i>
Denrées en vrac	Carcasses de viande, livraisons en vrac de céréales, fruits, légumes, vins, graisses alimentaires	Utilisées principalement pour évaluer la valeur nutritive de la disponibilité alimentaire et pour établir des bilans alimentaires.
Denrées et aliments vendus en gros	Carcasses de viande, grands morceaux de viande, aliments en gros conditionnement, souvent pour usage collectif	Utiles également pour évaluation nutritionnelle
Aliments vendus au détail	Aliments tels qu'ils sont vendus au consommateur, par exemple coupe de viande, légumes, vin, aliments transformés	Utilisées principalement pour évaluer l'ingestion d'aliments et de nutriments au niveau des ménages et des individus. Utiles également pour établir des statistiques des disponibilités alimentaires
Aliments provenant de champs, de jardins ou de cueillette	Aliments cultivés ou cueillis, animaux chassés	
Aliments tels qu'ils sont consommés	Aliments au niveau de la consommation, par exemple plats cuisinés (un ou plusieurs ingrédient(s)), aliments vendus sur la voie publique	Utilisées pour évaluer l'apport alimentaire et en nutriments individuels

devraient prendre des paquets dans plusieurs caisses ou des paquets choisis au hasard, par exemple. Ce niveau d'échantillonnage entraîne des problèmes logistiques qui sont plus facilement surmontés en prélevant des échantillons lors du chargement ou du déchargement d'une livraison. Des sondes spéciales sont nécessaires (Horwitz *et al.*, 1978) pour échantillonner des aliments en fines particules (par exemple sucre, grains), fluides (par exemple lait) ou solides (par exemple fromage).

L'analyse des nutriments à ce niveau est souvent limitée aux constituants principaux, mais regroupe généralement de nombreux échantillons analysés (parfois des centaines), ce qui permet d'obtenir des valeurs de très grande qualité.

### **Aliments vendus en gros**

L'échantillonnage d'aliments vendus en gros se fait généralement à l'aide des principales méthodes utilisées pour les aliments en vrac. Il est essentiel de procéder à un échantillonnage aléatoire.

### **Aliments vendus au détail**

Ces aliments constituent la majorité de ceux inclus dans les banques de données de composition dans les pays industrialisés. Pour les produits non transformés tels que les viandes, les fruits ou les légumes, le plan d'échantillonnage doit avant tout garantir que toute la diversité des points de vente est représentée. L'échantillon primaire devrait être fait proportionnellement au volume

d'aliments passant à travers les différents débouchés. On tiendra compte durant la conception des protocoles d'échantillonnage des variations possibles d'une région à l'autre.

Dans les pays non industrialisés où le système de distribution des aliments peut être moins développé, les caractéristiques régionales deviennent plus importantes, et il pourrait être essentiel d'identifier les variations dans la composition d'une zone rurale à une autre. La stratification régionale (voir plus loin) de l'échantillonnage peut être considérée comme une approche plus utile, compte tenu de la variation régionale dans la composition des produits. Dans de nombreux cas, présenter comme représentatives les données d'une population d'aliments très divers peut être inacceptable.

Les aliments de marque déposée constituent une part très importante des aliments dans de nombreux pays et leur composition devrait être incluse dans la banque de données. Lorsque celle-ci est préparée par du personnel gouvernemental, celui-ci hésite souvent à inclure des noms commerciaux. En pratique, pour de nombreux aliments de marque déposée, le nom de la marque est essentiel pour l'identification. Dans certains pays, la diversité des marques pour un aliment est très large et les couvrir toutes augmente la charge du travail analytique. Les données de composition fournies par les fabricants peuvent être acceptables à condition qu'elles répondent aux critères de qualité analytique déjà établis et que les fabricants puissent garantir aux compilateurs que les échantillons analysés sont représentatifs des produits tels que vendus au détail. Cette approche pourrait poser des problèmes car de nombreux produits de marque déposée sont reformulés à intervalles réguliers et les données deviennent rapidement obsolètes. De nombreux compilateurs préfèrent limiter ce type de données aux aliments qui sont stables et bien établis. Dans certains cas, on estime approprié un regroupement des différentes marques selon leur part du marché.

Lors du prélèvement des échantillons, il faudra s'assurer que toute la gamme des points de vente au détail est correctement représentée. Si elles sont disponibles, les statistiques des ventes au détail sont utiles. Dans de nombreux cas, les produits de marque déposée sont soumis à un contrôle de la qualité tellement sévère qu'un échantillonnage limité est satisfaisant.

### **Aliments provenant des champs et jardins**

Ces sources d'aliments sont souvent ignorées dans les pays industrialisés, mais dans de nombreux pays, les aliments produits à la maison constituent une composante importante du régime alimentaire et devraient donc être pris en compte par les compilateurs. Ces aliments sont généralement beaucoup plus variables – la composition des aliments d'origine végétale dépend en particulier des sols et de l'utilisation éventuelle d'engrais. Il faut donc tenir compte de ces facteurs lors de la conception des plans d'échantillonnage. La plupart des produits des champs ou des jardins sont consommés frais pendant la saison ou mis en conserve selon des méthodes traditionnelles souvent très différentes des pratiques commerciales.

### **Aliments non cultivés et sauvages**

De nombreuses communautés, notamment celles qui fondent leur subsistance sur la chasse et la cueillette ou qui sont semi-nomades, consomment des quantités importantes d'aliments

cueillis d'origine végétale et d'animaux sauvages. Ces aliments représentent une part importante de consommation journalière et leur ajout dans une banque de données peut être très utile pour ceux qui étudient la nutrition de ces groupes. Prélever des échantillons de ces aliments peut poser des problèmes particuliers. Ils peuvent être difficiles à identifier correctement et tendent aussi à varier sur le plan de la composition et de la maturité (Brand-Miller, James et Maggiore, 1993). Il est souvent impossible de procéder à un échantillonnage aléatoire et l'échantillonnage non aléatoire est la seule option à mesure où les occasions se présentent. Cette approche est acceptable, si elle est documentée dans la banque de données, car les utilisateurs pourront prendre connaissance des limites des données et risqueront moins de les utiliser de manière inappropriée.

### **Les aliments tels qu'ils sont consommés**

Dans de nombreuses études sur les apports alimentaires, en particulier les enquêtes épidémiologiques, il est nécessaire de mesurer la consommation alimentaire et de nutriments au niveau individuel, c'est-à-dire les aliments tels qu'ils sont directement consommés. Ces aliments – «dans l'assiette», comme on les appelle souvent – comprennent des aliments cuisinés de toutes sortes, y compris des plats composés. Ces derniers sont souvent préparés à l'aide de recettes et méthodes de cuisson diverses, ce qui explique la difficulté de sélectionner des échantillons représentatifs. On a souvent recours à une simulation des méthodes de cuisson en laboratoire ou dans des cuisines destinées à préparer les échantillons à analyser. Cette approche est généralement satisfaisante, bien qu'en essayant de simuler la situation à domicile, la préparation des aliments n'est pas toujours effectuée sous contrôle et que la décision de fin de cuisson est une question de préférence et de jugement personnels. Néanmoins, la préparation d'échantillons en laboratoire permet de documenter de façon détaillée toutes les conditions pertinentes (température de cuisson, durée, température interne à la fin de cuisson, etc.). La collecte de plats cuisinés au hasard serait plus représentative, c'est pourquoi elle est parfois l'approche préférée (Greenfield, 1990b). Elle entraîne toutefois des problèmes logistiques particuliers.

Il est plus facile de se procurer des échantillons d'aliments auprès d'établissements, par exemple, hôpitaux, cantines industrielles et publiques ou établissements d'enseignement, de restauration rapide (fast foods) ou de «prêts à emporter». Les difficultés d'échantillonnage, la très grande variation possible parmi les aliments cuisinés et les contraintes financières ont fréquemment porté les compilateurs à faire des calculs à partir de recettes pour estimer la composition des aliments cuisinés.

## Principales sources de variabilité dans la composition en nutriments

Les aliments sont intrinsèquement variables dans leur composition et il faudra en tenir compte durant l'échantillonnage et la conception des plans d'échantillonnage et d'analyse.

### Échantillons géographiques

Dans un même pays, on peut rencontrer une grande diversité de conditions géologiques et climatiques, qui se traduit par une variabilité significative dans la composition des aliments. Les variations dans la commercialisation et la préparation des aliments entre différentes régions d'un pays – ou entre les pays dans le cas d'une banque de données multinationale – peuvent aussi être à l'origine d'une variabilité importante. Pour ces raisons, des données propres à une région peuvent être présentées dans la banque de données en plus de moyennes établies au niveau national et/ou régional. Dans d'autres pays, les variations peuvent être tout aussi importantes mais dues à d'autres causes et, dans ce cas, l'échantillon national pourra être pondéré en fonction du pourcentage de la population vivant dans ces régions ou de son pourcentage dans la consommation totale des aliments.

### Échantillons saisonniers

Les variations saisonnières dans la composition des nutriments doivent être prises en compte dans les protocoles combinés. Les aliments d'origine végétale sont particulièrement sujets à ces variations, notamment leurs teneurs en eau, glucides et vitamines. Le poisson a aussi des variations saisonnières, notamment dans sa teneur en lipides, tandis que le lait et les produits laitiers affichent des variations dans la teneur en vitamines, principalement en raison de différences saisonnières dans l'alimentation animale. La collecte des échantillons doit tenir compte du moment choisi et de la fréquence, afin de refléter ces variations. Dans certains cas, des données saisonnières doivent être fournies séparément dans la banque de données. Les mesures analytiques des échantillons saisonniers peuvent aussi être réduites aux nutriments qui subissent ces variations.

### État physiologique et maturité

L'état de maturité des aliments d'origine végétale et animale est responsable des variations de leur composition: dans les concentrations de sucres, d'acides organiques et de vitamines dans de nombreuses plantes; et de lipides et de quelques sels minéraux dans les aliments d'origine animale. Certaines de ces variations sont une conséquence des effets saisonniers.

Le stockage d'aliments d'origine végétale influe souvent sur la teneur en eau et en vitamines et sur les niveaux de certains nutriments organiques, en raison du métabolisme résiduel des plantes durant le stockage.

### Cultivars et races

Ceux-ci peuvent être une source importante de variation pour certains nutriments et les protocoles combinés devront envisager cette variation. Il est conseillé de documenter cette variation du cultivar ou de la race dans la base de données. Certains instituts de recherche procèdent à un échantillonnage dans le but précis de saisir les différences entre cultivar et race. La signification des différences attribuables aux cultivars ou aux races ne peut être établie qu'en contrôlant d'autres facteurs qui peuvent influencer la variation, et en échantillonnant et en analysant individuellement, et non pas de façon composée, un grand nombre d'échantillons.

**Tableau 5.3** Principales méthodes d'échantillonnage utilisées dans les études sur la composition des nutriments

<i>Méthode</i>	<i>Définition et caractéristiques</i>	<i>Notes concernant l'application</i>
Échantillonnage aléatoire	On prélève les échantillons de manière à garantir que chaque unité a la même chance d'être incluse	Méthode en théorie idéale, mais rarement applicable lorsque l'on échantillonne des aliments pour des banques de données sur la composition des aliments
Échantillonnage stratifié	On prélève les unités d'échantillonnage des strates définies (sous-parties) de l'ensemble des aliments. Dans chaque strate, on prélève les échantillons au hasard	Souvent, la méthode convenant le mieux pour une banque de données. Les strates pourraient être par régions, saisons, points de vente au détail, etc., telles que définies par la connaissance des aliments étudiés
Échantillonnage sélectif	On prélève les échantillons selon un plan qui exclut des aliments présentant certaines caractéristiques ou on ne choisit que ceux qui présentent des caractéristiques bien précises	Le plus souvent utilisé pour analyser des contaminants. Peut être utilisé, avec précaution, dans une banque de données
Échantillonnage non aléatoire	On prélève les échantillons sur la base de l'accessibilité, de la praticité, du coût ou pour d'autres raisons ne concernant pas directement les paramètres d'échantillonnage	Rarement adapté à une banque de données mais pourrait être la seule façon possible d'échantillonner des aliments sauvages ou non cultivés ou des plats composés provenant de quelques ménages

## Méthodes d'échantillonnage

Les principales méthodes d'échantillonnage utilisées pour les banques de données sur la composition des nutriments sont résumées au tableau 5.3.

### Échantillonnage aléatoire

Les échantillons aléatoires sont prélevés de telle manière que chaque aliment dans la population totale des aliments échantillonnés a des chances égales d'être prélevé et incorporé dans l'échantillon à analyser. Il est très difficile d'y parvenir en pratique du fait de la difficulté de visualiser tous les aliments, par exemple tous les choux dans un pays, sans parler de la difficulté d'assurer que chacun ait des chances égales d'être sélectionné. Il est plus commun de faire une stratification (voir ci-dessous) de la population des aliments.

### Échantillonnage stratifié

Dans cette méthode, on classe les aliments en strates, en tenant compte des causes de variation les plus importantes.

La stratification par zone géographique peut être utile même lorsqu'il n'y a pas de variations régionales importantes (Smits *et al.*, 1998). Une stratification selon le type de populations de consommateurs, entre origines rurales et urbaines, ou par type de point de vente au détail, est un autre exemple utile (Torelm, 1997). L'échantillonnage d'aliments de marque déposée peut être stratifié selon l'usine. Lorsqu'on prévoit que les différentes marques déposées du même aliment ne subiront pas de variations, l'échantillon peut être pondéré en fonction de sa part de marché.

Lorsque cette information n'est pas disponible, il faut extrapoler à partir d'aliments similaires ou procéder à une évaluation intuitive.

### Échantillonnage sélectif

L'échantillonnage sélectif est largement utilisé dans certaines études expérimentales des méthodes de culture et d'élevage et en économie familiale. Les données ainsi obtenues sont de bons guides pour la conception de protocoles d'échantillonnage; toutefois, comme ils ne sont généralement pas représentatifs des aliments disponibles, ils doivent être documentés avec soin lorsqu'ils sont inclus dans la base de données.

Néanmoins, lorsqu'il est clair que les méthodes d'élevage et de stockage des aliments sont similaires aux pratiques actuelles de production d'aliments, les données peuvent être utiles.

Cette méthode est souvent utilisée à juste titre pour contrôler les contaminations, lorsque l'objectif peut être d'identifier une exposition maximale aux contaminants. La distribution des contaminants dans les aliments est souvent fortement asymétrique et l'échantillonnage aléatoire comprendra souvent des échantillons dans lesquels la concentration du contaminant est inférieure aux limites de détection. C'est la principale raison pour laquelle les données sur les teneurs en contaminants sont souvent stockées séparément des données sur les nutriments dans la banque de données.

Les échantillons d'aliments préparés dans un laboratoire peuvent être considérés comme sélectifs. Bien souvent, la préparation en laboratoire est le seul moyen possible pour obtenir des données sur la composition de certains aliments et les données dérivées peuvent donc être utiles dans les banques de données. Toutefois, on optera le plus souvent pour des échantillons prélevés auprès de cuisiniers travaillant dans des cuisines familiales ou industrielles car ils peuvent être considérés comme plus représentatifs des aliments généralement consommés.

### Échantillonnage non aléatoire

Le prélèvement d'échantillons dans des points facilement accessibles est une pratique très commune, et probablement erronée, dans les études sur la composition des aliments. Cette méthode peut être acceptable comme exercice préliminaire pour obtenir des estimations de la variabilité de composition mais, en général, les données obtenues par cette méthode devraient être considérées comme de mauvaise qualité.

Dans le cas d'aliments sauvages ou non cultivés, l'échantillonnage non aléatoire peut être la seule option; à condition que les sources des échantillons soient pleinement documentées, les valeurs peuvent être utilisées dans la banque de données.

### **Limitations de toutes méthodes d'échantillonnage**

Quelle que soit la méthode, les données de composition obtenues ne sont qu'une estimation de la composition réelle des aliments et sont subordonnées aux limites imposées par la variabilité naturelle des aliments.

### **Conception de protocoles d'échantillonnage et d'analyse combinés**

L'objectif est de proposer des protocoles bien documentés qui constituent une base pour ceux qui participent au prélèvement et à la manipulation des échantillons, du prélèvement sur le terrain jusqu'au laboratoire. Ces protocoles servent à s'assurer que les données produites répondent aux objectifs des compilateurs et aux exigences des utilisateurs de la base de données.

### **Responsabilité de la préparation des protocoles combinés**

Dans certains pays, les compilateurs des banques de données contrôlent les opérations d'échantillonnage et d'analyse et sont chargés, ainsi que les analystes, de la préparation de protocoles combinés écrits. Toutefois, dans la majorité des pays, les travaux d'échantillonnage et d'analyse sont effectués sous contrat(s); le travail des compilateurs peut se limiter à définir les grandes lignes des opérations à effectuer. Ces spécifications initiales devraient établir les principes des exigences de la banque de données, en ce qui concerne la représentativité et les normes de qualité des résultats analytiques, auxquelles les rapports des sous-traitants doivent se conformer.

Les sous-traitants préparent ensuite des protocoles combinés détaillés en consultation avec les compilateurs. L'échantillonnage peut être sous-traité à des préleveurs locaux (par exemple lorsque la base de données concerne un grand pays ou une grande région); là encore, il est essentiel que les sous-traitants soient au courant des objectifs de l'échantillonnage.

Là où les travaux d'analyse sont sous-traités, soit pour tous les nutriments soit pour quelques-uns seulement, les sous-traitants doivent connaître les méthodes d'analyse préférées et mettre en place des plans d'assurance de la qualité des données appropriées. S'ils souhaitent utiliser d'autres méthodes qu'ils connaissent mieux, ils doivent démontrer que celles-ci sont compatibles avec les méthodes préférées.

Il est extrêmement important que les unités et les modes d'expression des résultats soient prédéfinis et écrits dans les contrats. Par exemple, les laboratoires peuvent exprimer les résultats de l'analyse des oligoéléments en ppm (parties par million, mg/kg) ou en ppb (parties par billion, microgrammes/kg) ou utiliser les UI (unités internationales) pour certaines vitamines. Les acides gras devraient toujours être indiqués en unités de quantité de matière (mg/100 g) et ils peuvent en plus être indiqués en pourcentage des acides gras totaux. Il faudrait aussi préciser à l'avance si les résultats doivent être indiqués sur la base du poids sec ou sur la base du poids humide. Dans les deux cas, il faut indiquer les valeurs de la teneur en eau.

**Tableau 5.4** Résumé des étapes de l'échantillonnage et de la préparation des échantillons dans les études sur la composition des aliments

<i>Termes</i>	<i>Description</i>	<i>Principale utilisation dans les études de la composition des aliments</i>
Échantillon primaire	Collecte d'une ou de plusieurs unités prélevées initialement sur la population totale d'aliments	Point de départ habituel dans les études sur la composition des aliments. L'idéal consiste à prélever plusieurs échantillons qui sont traités séparément. On mélange souvent des échantillons primaires pour obtenir des échantillons composés
Échantillon réduit	Partie représentative de l'échantillon primaire obtenue par division ou réduction	Utilisé fréquemment pour ramener l'échantillon primaire à un poids plus maniable
Échantillon composite	Mélanges obtenus en combinant des échantillons primaires	Souvent utilisé dans des études sur la composition des aliments. Les composés peuvent être des échantillons d'un même aliment ou des mélanges de différentes marques ou cultivars
Échantillon de laboratoire	Échantillon envoyé au laboratoire ou reçu par celui-ci	L'échantillon primaire (ou un échantillon réduit) nécessite souvent une manipulation ultérieure en laboratoire (par exemple décongélation, cuisson, séparation de la partie non comestible). La partie comestible pourrait nécessiter une nouvelle réduction ou mélange
Échantillon analytique	Partie préparée avec l'échantillon de laboratoire sur lequel les portions à analyser sont prélevées	Cela est en général la forme sous laquelle les échantillons d'aliments sont préparés pour l'analyse
Prise d'essai	Quantité d'aliment de poids approprié pour chaque mesure analytique	On analysera au minimum deux prises d'essai; plusieurs répétitions sont préférables

### Choix du plan d'échantillonnage

En général, on fera le choix d'un plan d'échantillonnage stratifié. Même s'il n'y a pas de preuve qu'il existe des différences régionales dans la composition, on appliquera une stratification fondée sur des prélèvements régionaux de l'ensemble des aliments consommés. Pour des raisons pratiques, il peut être nécessaire de restreindre l'étendue de l'échantillonnage. Ainsi la plupart des compilations axent la majeure partie de l'échantillonnage sur les «aliments de base» les plus importants ou sur les «aliments clés» et sur ceux qui sont les principales sources de nutriments spécifiques (Chug-Ahuja *et al.*, 1993; Schubert *et al.*, 1987; Haytowitz, Pehrsson et Holden, 2002; Pennington et Hernandez, 2002; Perry *et al.*, 2000), pour lesquelles, par exemple, il existe des problèmes de santé publique. Les aliments qui tiennent moins de place dans le régime alimentaire sont généralement l'objet de protocoles moins étendus. Il est clair que de nombreux

aliments de marque déposée ou de marque, qui sont produits dans quelques usines seulement peuvent être échantillonnés plus simplement que, par exemple, des produits carnés qui sont souvent des «aliments de base» et qui peuvent montrer une grande variabilité nécessitant des protocoles beaucoup plus détaillés et étendus. Les légumes et les fruits, qui montrent des variations saisonnières dans leur composition, devront avoir une stratification saisonnière. Chaque groupe d'aliments doit être considéré au cas par cas. Un échantillonnage par groupes d'aliments est souvent souhaitable pour une bonne logistique du travail analytique car la préparation des échantillons et les méthodes utilisées seront communes à tout un groupe.

Au cours de la description du processus d'échantillonnage, on suit plusieurs étapes dans lesquelles on utilise le terme «échantillon». Le tableau 5.4 résume ces étapes et quelques définitions proposées qui pourraient être utilisées pour indiquer clairement le type d'échantillon aux différents niveaux de l'échantillonnage et de l'analyse.

### Taille et nombre d'échantillons

**Taille.** L'élément principal pour décider de la taille des échantillons individuels repose sur la quantité totale d'aliment nécessaire pour effectuer les différentes analyses. En pratique, comme les aliments sont hétérogènes, prélever de petites quantités au premier stade de l'échantillonnage peut engendrer une erreur. Pour la collecte de nombreux aliments, il est facile d'identifier les aliments individuels; dans d'autres cas, il faudra leur donner une définition. En pratique, 100-500 g représentent un guide utile pour définir la taille de l'échantillon primaire en donnant la préférence aux poids se rapprochant des 500 grammes. Certains produits alimentaires, par exemple certains morceaux de viande, sont plus gros et ne peuvent pas facilement être ramenés à une unité plus petite mais encore représentative; s'il s'agit d'obtenir un échantillon primaire, il faudra prendre le produit entier.

**Nombre.** Afin de calculer le nombre d'échantillons nécessaires, il faut d'abord disposer d'informations sur la variabilité de la composition de l'aliment (Proctor et Muellenet, 1998). Cela suppose également que la concentration du nutriment soit répartie uniformément, ce qui est une supposition raisonnable pour beaucoup de nutriments, mais pas pour certains oligoéléments.

En pratique, l'information exigée est souvent incomplète et il faut donc procéder intuitivement. En plus, beaucoup de nutriments, particulièrement les vitamines, démontrent une plus grande variabilité que les protéines par exemple et exigent donc un plus grand nombre d'échantillons.

Un exemple sur la manière de conduire les calculs est présenté dans l'Annexe 2.

La plupart des plans d'échantillonnage ont pour norme un nombre d'au moins 10 unités, mais 12 unités sont exigées pour l'étiquetage nutritionnelle aux États-Unis. Toutefois, le nombre dépend de la variabilité des nutriments mesurés et il faudra donc des nombres différents pour certains nutriments: Codex Alimentarius donne aussi des recommandations sur l'échantillonnage (FAO/OMS, 2004).

**Tableau 5.5a** Exemple de fichier des échantillons d'aliment pour des études sur la composition des aliments: identification

<b>Tableau 5.5a Exemple de fichier des échantillons d'aliment pour des études sur la composition des aliments: identification</b>	
<b>Nom commun de l'aliment</b>	
<b>Numéro de code de l'échantillon</b>	
<b>Date de l'arrivée au laboratoire</b>	
<i>Identification de l'aliment</i>	<i>Exemples d'enregistrement</i>
Autres noms	Autres noms communs (dans la langue du pays d'origine) et équivalent anglais autant que possible
Nom scientifique	Genre, espèce, variété
Aliment d'origine végétale	Plante entière ou partie de la plante (racine, tige, feuilles, fleur, fruit, graines)
Aliment d'origine animale	Animal entier, ou partie de l'animal (patte, tête, organe interne)
État de maturité	Immature, mûr, etc.
Catégorie	Où approprié
Autres détails	Tous les détails qui pourraient être importants

## Préparation des protocoles

Les protocoles sont des documents écrits qui décrivent les opérations d'échantillonnage: l'identité des aliments, le poids et la taille des unités à prélever, la stratification à utiliser et la distribution des sites d'échantillonnage. Les tableaux 5.5a -5.5d contiennent toutes les informations nécessaires pour préparer un plan d'échantillonnage, en commençant par la description de l'échantillon primaire (Greenfield, 1989; McCann *et al.*, 1988).

Le tableau 5.5a traite de l'identification de l'aliment. Le tableau 5.5b montre la structure du fichier d'enregistrement du prélèvement, le tableau 5.5c la description de l'aliment prélevé et le tableau 5.5d le traitement au laboratoire.

Le volume d'informations, conséquence de cette documentation, peut sembler excessif mais, d'après l'expérience acquise, il est très important de recueillir les informations sur ces différentes étapes pour évaluer ensuite la qualité de l'échantillonnage et des différentes analyses. De plus, si ces détails ne sont pas enregistrés au bon moment, ils sont impossibles à retrouver par la suite.

### Identification

Le tableau 5.5a contient les informations nécessaires. La première section constitue une étiquette qui devrait être fixée sur l'échantillon de manière sûre et permanente. Le labora-

**Tableau 5.5b** Exemple de fichier des échantillons d'aliment pour des études sur la composition des aliments: enregistrement du prélèvement

<b>Détails du prélèvement</b>		<b>Exemples d'enregistrement</b>
<b>Nom commun de l'aliment</b>		
<b>Numéro de code de l'échantillon</b>		
<b>Date de l'arrivée au laboratoire</b>		
<b>Date et heure du prélèvement</b>		
<b>Nom du responsable du prélèvement</b>		
<b>Lieu d'origine</b>	S'il est connu (village, district, province, référence cartographique)	
<b>Point d'échantillonnage</b>	Type (champ, jardin, stand en bord de route, marché agricole, boutique, entrepôt, supermarché, bar vendant des aliments à emporter, restaurant, ménages, mer, rivage)	
<b>Adresse(s) du (des) point(s) d'échantillonnage</b>		
<b>Conditions de la culture</b>	Si elles sont connues (altitude, pluie, fumure, irrigation, alimentation animale)	
<b>Saison</b>	Époque de l'année, saison sèche ou pluvieuse	
<b>Prix d'achat</b>	Si relevant	
<b>Fichier graphique</b>	L'enregistrement visuel avec échelle; dessin au trait peut suffire	
<b>Conditions de transport</b>	Détails, y compris mode et conditions de transport et de stockage	
<b>Autres détails</b>	Tous les détails potentiellement importants	

toire peut ensuite ajouter un numéro d'enregistrement. La majeure partie des informations requises sont en elles-mêmes évidentes.

### Enregistrement du prélèvement

Le tableau 5.5b décrit l'information qui doit être enregistrée durant le prélèvement des échantillons. Les enregistrements d'aliments correspondent au plan d'échantillonnage tel que précisé dans les protocoles combinés. Ils indiquent le type de stratification sélectionnée et la méthode pour garantir un choix aléatoire dans la strate. Pour cela, les tables de nombres au hasard sont très utiles. Le protocole doit aussi spécifier la procédure à suivre si l'échantillon défini n'est pas disponible pour le prélèvement. Il peut s'agir de la dénomination d'un produit de remplacement ou de la nécessité de choisir un autre point d'échantillonnage.

La plupart des informations sont claires en elles-mêmes. Un enregistrement du prix d'achat peut être utile à des fins de vérification des comptes et pour des études sur le budget

**Tableau 5.5c** Exemple de fichier des échantillons d'aliment pour des études sur la composition des aliments: description des échantillons prélevés

<b>Description</b>		<b>Exemples d'enregistrement</b>	
Nom commun de l'aliment			
Numéro de code de l'échantillon			
Date de l'arrivée au laboratoire			
Type d'aliment		Groupe d'aliments (légumes secs, jus de fruits, produits laitiers, etc.)	
Utilisation locale de l'aliment		Durant des festivals, la famine, etc.	
Dimensions physiques			
État physique		Forme (par exemple liquide, solide, entier, divisé, granulé)	
Processus et méthode de conservation		En boîte, fumé, séché au soleil, etc.	
Méthode de préparation pour la consommation		Méthode de cuisson	
Type de préparation		Cru, non cuit, partiellement cuit, entièrement cuit, décongelé, réchauffé	
Milieu de conditionnement		Saumure, huile, sirop, eau	
Conteneur ou emballage		Boîte, verre, papier, opercule en aluminium, feuilles	
Surface de contact		Verre, type de plastique, opercule en aluminium	
Étiquette ou liste des ingrédients		Maintenir l'étiquette, ingrédients estimés par inspection	
Numéro du lot		Pour les aliments de marque	
Date de péremption		Pour les aliments de marque ou préemballés	
Poids de l'aliment examiné			
Nombre d'aliments			
Poids des articles individuels			
Poids de la mesure ou de la portion commune			
Autres détails		Tous les détails potentiellement importants (par exemple après que des échantillons frais ont été prélevés, ils sont mis sous vide)	

familial. Pour faciliter l'identification de l'échantillon, on peut recommander de prendre une photographie numérisée avec une échelle de mesures et une référence de couleurs (par exemple le nuancier Pantone) (Burlingame *et al.*, 1995b). Si des photographies digitales ne sont pas faisables, un simple dessin peut suffire (McCrae et Paul, 1996).

Le protocole combiné spécifie aussi les conventions pour le transport des échantillons primaires des sites de prélèvement jusqu'au laboratoire. Les aspects logistiques de manipulation de ce qui peut être de grandes quantités d'aliments exigent un examen attentif; les procédés

de stockage, y compris le choix des conteneurs et les modes de transport, devraient être définis en consultation avec les analystes. Ces aspects et d'autres encore des protocoles combinés ont besoin d'être essayés ou du moins de faire l'objet d'un «exercice sur papier» avec la participation de toutes les personnes impliquées. Un stockage sûr dans des conteneurs fixes, qui peuvent être scellés thermiquement à l'aide d'un matériel simple, est préférable. En théorie, les échantillons devraient être refroidis avec de la glace pilée ou de la glace carbonique. Si c'est impossible, il faut les transporter au laboratoire dans les délais les plus brefs. Dans certains cas, les problèmes dus au transport peuvent empêcher l'analyse des nutriments qui risquent d'être modifiés par le métabolisme (voir tableau 5.6).

Là où la distance jusqu'au laboratoire est petite, le transport par route ou par chemin de fer peut être approprié, mais lorsque les distances sont plus longues, le transport par avion peut être la seule possibilité (Cela suppose une prise de contact avec les compagnies aériennes pour s'assurer que les conditions de stockage sont compatibles avec les règlements de sécurité du transport aérien). Dans d'autres cas, il faudra faire preuve d'imagination pour s'adapter aux conditions locales.

Il faudra aussi se pencher sur la sécurité personnelle des préleveurs car ils ont souvent sur eux de grosses sommes d'argent pour payer les échantillons qu'ils collectent; qui plus est, les grandes quantités d'aliments qu'ils transportent peuvent aussi attirer les voleurs. Le paiement des échantillons peut bien des fois se faire à crédit, ce qui élimine une de ces préoccupations.

### **Description des échantillons prélevés**

La majeure partie des informations listées au tableau 5.5c peut être ajoutée une fois les échantillons arrivés au laboratoire, mais les détails concernant l'utilisation locale et la méthode de préparation doivent être ajoutés durant l'échantillonnage.

Il faut garder les étiquettes et les listes d'ingrédients car elles fournissent des informations clés qui pourraient se révéler utiles pour expliquer des divergences analytiques (par exemple, des aliments auxquels aucun ingrédient supplémentaire n'a été ajouté et l'étiquetage est incorrect; et des différences dans la formulation d'aliments de marque portant les mêmes noms).

### **Suivi des échantillons au laboratoire**

Le tableau 5.5d présente l'enregistrement des premières étapes de préparation des échantillons dans le laboratoire menant à la préparation des échantillons pour analyse. Le laboratoire peut souhaiter y ajouter son propre code d'identification interne. La tenue d'un cahier d'enregistrement dans le laboratoire est la première étape d'un programme d'assurance de la qualité du laboratoire et sera discuté en détail dans les Chapitres 6, 7 et 8. Il est donc essentiel de préserver le lien entre le numéro d'identification de l'échantillon et tout numéro interne au laboratoire.

Il faudra déballer les échantillons primaires pour les comparer aux données contenues dans les tableaux 5.5a, 5.5b et 5.5c.

**Tableau 5.5.d** Exemple de fichier des échantillons d'aliment pour des études sur la composition des aliments: enregistrement de la manipulation en laboratoire

<b>Nom commun de l'aliment</b>	
<b>Numéro de code de l'échantillon</b>	
<b>Date de l'arrivée au laboratoire</b>	
<b>Stade de la manipulation</b>	<b>Exemples d'enregistrement</b>
Nature et poids de la portion non comestible	Avant toute préparation ultérieure (par exemple, tête et pattes des volailles, feuilles extérieures flétries)
Nature et poids de la portion comestible	Avant toute préparation ultérieure (par exemple, restes de carcasse de volaille)
Méthode de préparation	Préparation de l'échantillon cru ou méthode de cuisson, type, durée, température et température à la fin de la cuisson de l'aliment
Poids avant cuisson	
Ingrédients ajoutés, si applicable	
Poids après cuisson	
Poids et nature de la partie comestible de l'aliment préparé	
Poids et nature de la partie non comestible de l'aliment préparé	Os, tendons, etc.
Méthode de mélange ou de réduction	Broyer, homogénéiser dans un mixeur (type de lames)
Détails de la préparation de l'échantillon composé, si applicable	Simple mélange de poids égaux ou pondération des échantillons primaires provenant des strates désignées
Type de stockage	Addition d'agents de conservation, température de stockage, etc.
Méthode utilisée pour prélever les échantillons analytiques	
Stockage des échantillons analytiques ou traitement ultérieur	
Nom et signature de la personne qui effectue l'enregistrement	
Date de l'enregistrement	
Autres détails	Tous les détails potentiellement importants

Le protocole spécifiera quels sont les échantillons primaires à analyser individuellement ou combinés avec d'autres. L'analyse individuelle des échantillons primaires fournit des informations intéressantes sur les variations de la teneur en nutriments, ce qui aide à définir les limites de confiance attribuables aux valeurs moyennes enregistrées dans la plupart des banques

de données. Les analyses individuelles nécessitent des ressources importantes, c'est pourquoi, de nombreuses banques ne font que l'analyse d'échantillons composites. Ceux-ci peuvent s'obtenir par une simple combinaison à poids égaux de tous les échantillons primaires ou par des quantités des échantillons primaires pondérées selon les différentes strates ou les différents points d'échantillonnage, en fonction des informations sur les consommations ou la production de l'aliment.

Durant toute cette phase de manipulation, chacun devra avoir à l'esprit les principaux objectifs de l'échantillonnage, à savoir: assurer la représentativité de l'échantillon, et éviter les changements dans sa composition ou une contamination. Selon les nutriments concernés, le tableau 5.6 récapitule les principaux effets du stockage et de la préparation des échantillons ainsi que les précautions à prendre.

Il faut décongeler les échantillons avec soin et les manipuler le plus rapidement possible. Là encore, il sera bon de répéter les opérations.

En séparant la partie comestible de celle qui ne l'est pas, il faut tenir compte des habitudes culturelles de la population qui consomme l'aliment. Une documentation complète est essentielle pour une utilisation ultérieure dans la banque de données.

Pour couper, hacher ou broyer des échantillons d'aliments, il faut prendre des mesures pour éviter toute contamination. Les procédures devront être testées à l'avance (Wills, Balmer et Greenfield, 1980). Il pourra être nécessaire d'utiliser des instruments plastifiés ou revêtus de Téflon<sup>®</sup>. On ne devra pas utiliser d'instruments en métal si le fer ou les oligoéléments sont analysés; si l'on utilise de l'acier inoxydable, certains éléments peuvent venir polluer.

Les caractéristiques physiques de l'échantillon figurent parmi les facteurs importants à prendre en compte en préparant les échantillons. Lichon et James (1990) ont examiné et évalué une gamme de 12 méthodes d'homogénéisation. On devrait également effectuer des études pilotes pour contrôler l'homogénéité selon la procédure choisie et l'absence d'un fractionnement des échantillons. Chaque aliment doit être examiné au cas par cas.

### **Stockage des échantillons analytiques**

Les contraintes logistiques de préparation des échantillons fait qu'il est préférable de stocker les échantillons analytiques avant l'analyse. Il faudrait stocker au moins trois échantillons subdivisés. Les conditions minimales acceptables sont habituellement un stockage à l'état congelé, de préférence à -40 °C voire -70 °C, ce qui se fait couramment. Le stockage à -20 °C ou -30 °C est valable pour l'analyse des lipides. Le conteneur doit être hermétiquement fermé avec le minimum d'espace libre. Lorsqu'on prélève des échantillons stockés, il faut soigneusement réincorporer dans la masse et au-dessus de l'échantillon toute eau sublimée.

Si une lyophilisation est possible, le stockage au congélateur ou au réfrigérateur des échantillons lyophilisés est satisfaisant. Les échantillons séchés à l'air devraient être stockés de manière à empêcher toute réabsorption d'eau ou contamination par des insectes et des acariens.

**Tableau 5.6** Effets de stockage et de la préparation des échantillons sur la teneur en nutriments et précautions à prendre pour réduire ces effets au minimum

<b>Effets</b>	<b>Changements potentiels</b>	<b>Nutriments touchés</b>	<b>Précautions</b>
Dessèchement	Perte d'eau	Tous les nutriments	Création du protocole. Garder les échantillons dans des conteneurs scellés ou couverts. Peser l'aliment avant et durant la préparation
Absorption	Gain d'eau	Tous les nutriments, en particulier dans des aliments à faible teneur en eau et hygroscopiques	Création du protocole. Garder les échantillons dans des conteneurs scellés
Activité microbienne	Dégradation/autolyse Synthèse	Pertes de glucides, protéines Gains en thiamine, vitamine B <sub>6</sub> , niacine et vitamine B <sub>12</sub>	Stockage à basse température. La pasteurisation ou l'addition d'inhibiteurs peuvent être nécessaires
Oxydation	Destruction d'acides gras insaturés	Modifications du profil des acides gras	Conserver à -30 °C dans des contenants scellés en atmosphère d'azote. Addition d'antioxydants ou d'agents bactériostatiques
	Perte de vitamines	Pertes de vitamine C, riboflavine et folates	
Acide	Hydrolyse	Pertes de saccharose et d'oligosaccharides supérieures	Entreposer à basse température. Neutraliser l'acide
Alcalin	Destruction	Perte de thiamine	Éviter milieu alcalin et SO <sub>2</sub>
Lumière	Photodégradation	Perte de riboflavine	Protéger de la lumière
Contamination durant l'échantillonnage	Par réipients de cuisson, sol, poussière, etc.	Augmentations des nutriments inorganiques	Créer un protocole pour réduire au minimum la contamination, rincer avec précaution avec de l'eau distillée
Contamination (par des lames métalliques, l'équipement de broyage, les objets en verre, etc.)	Augmentation des nutriments inorganiques	Augmentation des principaux oligoéléments	Choisir l'équipement avec soin. Nettoyer à fond tous les ustensiles avant l'emploi et conserver dans des sacs en plastique
Séparation	Séparation des graisses. Fractionnement des particules	Changements dans l'ensemble de la composition, modification de la teneur en fibres	Éviter de mélanger trop vigoureusement et les cycles décongélation/congélation
Activité enzymatique et métabolique	Changements dans les nutriments organiques	Pertes de sucres, vitamine C, déconjugaison des folates	Conserver à basses températures. Protéger les folates avec de l'ascorbate

## Préparation des prélèvements analytiques

Pour produire les résultats entrant dans une base de données sur la composition des aliments, diverses méthodes d'analyse seront appliquées, nécessitant un certain nombre de prises d'essai – souvent sur une très longue période de temps (à moins qu'on ne dispose d'un grand nombre d'analystes). Les procédures utilisées pour prélever ces prises d'essai et leur dimension dépendront en général de la nature de la méthode à utiliser. Il est impératif que toutes les prises d'essai soient représentatives et que les méthodes utilisées suivent les procédures définies par un programme de contrôle de la qualité.

Lorsque des prises d'essai sont faites à plusieurs reprises sur des échantillons analytiques stockés, les risques de contamination, ou de prélèvement d'une portion non représentative, augmentent. Il est donc souhaitable de stocker un certain nombre d'échantillons analytiques identiques et de réduire le nombre des personnes qui participent au prélèvement des prises d'essai sur ces échantillons.

Il est impossible de spécifier les procédures d'échantillonnage pour toutes les méthodes et tous les nutriments, mais certaines procédures typiques sont décrites à titre d'exemple aux Annexes 3 et 4.

## Conséquences financières

Les protocoles combinés fournissent une approche détaillée pour estimer le financement nécessaire aux travaux d'échantillonnage et d'analyse. Il pourra être nécessaire de réviser le protocole, soit en réduisant le nombre d'échantillons, soit en réduisant le nombre d'analyses à effectuer. Cela exigera un réexamen des procédures appliquées à la définition des priorités et décrites aux Chapitres 3 et 4. On pourra utiliser des combinaisons d'analyses ou une extrapolation à partir d'échantillons similaires.

De nombreux compilateurs adoptent une stratégie consistant à utiliser un plan d'échantillonnage simplifié pour les aliments qui sont des composants mineurs du régime alimentaire, et limitent les plans complets aux aliments de base, aux aliments qui sont des sources importantes de nutriments et à ceux qui sont importants en termes de santé publique.

### **Formation**

Il est essentiel que tous ceux qui participent à l'échantillonnage connaissent bien les objectifs de cette opération et leurs rôles respectifs. Pour ce faire, il faudra répéter les procédures, ne serait-ce que par un exercice sur le papier. Cela permettra de définir les aspects qui ne sont pas clairs ou qui ne sont pas réalisables et doivent être modifiés.

Le tableau 5.7 résume les principales erreurs rencontrées durant l'échantillonnage. Celles-ci soulignent l'importance déterminante de la documentation, de la formation du personnel et de la supervision des divers stades. Les étapes de l'échantillonnage constituent les premières phases critiques d'un programme optimal d'assurance de la qualité (voir Chapitres 6, 7 et 8).

Tableau 5.7 Principales sources d'erreurs durant l'échantillonnage

<i>Source</i>	<i>Exemples</i>	<i>Précautions</i>
Identification de l'échantillon d'aliment	Étiquetage insuffisant des échantillons	Conservation de la documentation durant l'échantillonnage et l'analyse
Nature de l'échantillon	Les échantillons ne sont pas conformes au protocole d'échantillonnage établi	Instructions explicites dans le protocole d'échantillonnage, formation du personnel chargé de l'échantillonnage
Transport et manipulation	Échantillons contaminés, dégradés ou appauvris durant le transport ou le stockage. Perte d'échantillons	Le protocole spécifie les conditions à maintenir, supervision
Préparation des échantillons analytiques	Mélange ou homogénéisation incorrects	Supervision appropriée en laboratoire. Systèmes d'assurance de la qualité en laboratoire
Stockage des échantillons analytiques	Stockage incorrect des échantillons	Techniques et supervision appropriées en laboratoire

Si les échantillons ne sont pas prélevés et manipulés correctement, les analyses – même si elles sont bien exécutées – seront inutilisables car les résultats obtenus ne se rapporteront pas à des échantillons représentatifs. Toutefois, c'est une banalité d'affirmer «on ne peut pas vérifier la qualité [par la supervision], elle doit être intégrée». Cela dépend de la formation adaptée du personnel afin que celui-ci comprenne parfaitement son rôle dans le processus global.

## Chapitre 6

### Choix et évaluation des méthodes d'analyse

La fiabilité des données de composition des aliments passe d'abord par l'emploi de méthodes d'analyse performantes et exactes dont la mise en œuvre est effectuée par des analystes compétents. L'application de ces méthodes adaptées doit aussi se faire dans le cadre de systèmes d'assurance de la qualité; c'est le second élément crucial pour garantir la qualité des données dans une banque de données sur la composition des aliments.

Pour la plupart des nutriments, on dispose de plusieurs méthodes d'analyse alternatives dont on suppose souvent qu'elles fournissent des résultats comparables. En fait, la pertinence d'une méthode varie selon le type d'analyte recherché et la nature de la matrice sur laquelle on l'applique. Avant de discuter les mérites relatifs de chaque méthode (objet du Chapitre 7), il est nécessaire de considérer les principes généraux de sélection d'une méthode. Ce faisant, on admettra aussi que le choix des analystes pourra être limité par les équipements et moyens financiers disponibles. C'est pourquoi, une bonne compréhension des principes qui entrent en jeu dans l'évaluation d'une méthode est d'autant plus importante et, en particulier, une connaissance des limitations techniques d'une méthode.

L'évaluation des méthodes ne relève pas de la seule compétence des analystes. Les conseillers techniques et scientifiques impliqués dans la gestion de la banque de données doivent aussi connaître les principes de la méthodologie analytique et les différentes méthodes elles-mêmes et partager avec l'analyste la responsabilité du choix d'une méthode donnée.

Puisqu'ils sont responsables de l'évaluation des données provenant d'autres laboratoires ou de publications, en vue de décider si elles peuvent être incluses ou non dans leurs banques de données, les compilateurs doivent aussi chercher à comprendre les méthodes d'analyse utilisées. Ils doivent aussi spécifier dans les contrats les plans d'échantillonnage et les protocoles analytiques.

Par ailleurs, il est souhaitable que les utilisateurs professionnels d'une banque de données aient une certaine connaissance des méthodes d'analyse employées et que les utilisateurs spécialisés connaissent bien les méthodes utilisées pour le/les nutriment(s) au(x)quel(s) ils s'intéressent.

Actuellement, il existe un bon nombre de limites méthodologiques pour la production de données sur certains nutriments. À partir d'un examen des méthodes, Stewart a préparé

Tableau 6.1 Méthodes disponibles pour l'analyse des nutriments (applicabilité des méthodes)

Nutriments	Adaptée	Acceptable	Non applicable à certains aliments	Manquant
Humidité	Humidité			
Constituants azotés	Azote total, acides aminés		Protéine, azote non protéique	
Constituants lipidiques	Acides gras	Cholestérol, phospholipides, acides gras trans, triglycérides individuels	Quelques isomères d'acides gras	
Glucides et fibres alimentaires	Sucres simples, amidon, polysaccharides non amyliacés	Fibres alimentaires, totales, polysaccharides non amyliacés, amidon résistant		Lignines
Nutriments minéraux	Sodium, potassium, calcium, magnésium, phosphore, fer, cuivre, zinc, bore, chlorure	Sélénium, manganèse, fluor	Chrome, fer hémique, cobalt, molybdène	
Vitamines	Thiamine, riboflavine, niacine	Vitamine C, rétinol, caroténoïdes, vitamine E, vitamine D, vitamine B <sub>6</sub> , folates totaux, acide folique, biotine, acide pantothénique, vitamine B <sub>12</sub>	Quelques isomères caroténoïdes, vitamine K	Quelques isomères de folates

un tableau résumant la situation en 1980 et 1981, celui-ci a ensuite été complété par Beecher et Vanderslice (1984). Dans ce tableau, les nutriments sont regroupés en fonction de la disponibilité en méthodes de mesure validées. L'intérêt grandissant pour la composition des nutriments dans les domaines de la réglementation et dans la recherche épidémiologique a conduit à des travaux supplémentaires sur l'évaluation et le développement des méthodes. Aux États-Unis, l'Association internationale des analystes officiels (AOAC International) a effectué un examen des méthodes à utiliser pour l'étiquetage nutritionnel (Sullivan et Carpenter, 1993); de plus, des révisions approfondies des méthodes concernant les micronutriments ont été réalisées en 2002 au Royaume-Uni par la Food Standards Agency (FSA, Agence de normes alimentaires).

Des travaux pour le développement de matériaux de référence certifiés (MRC), effectués aux États-Unis par l'Institut national de normes et de technologies (NIST) et en Europe par le Bureau communautaire de référence (BCR), ont également contribué au développement des méthodes.

Les premières évaluations de Stewart ont été mises à jour (voir tableau 6.1) sur la base d'une révision de la compatibilité des méthodes (Deharveng *et al.*, 1999). Dans ce tableau les «bonnes» méthodes sont celles qui ont été validées par des études interlaboratoires. Celles considérées comme «passables» ont fait l'objet d'une validation plus restreinte. Enfin, les méthodes considérées comme «non adéquates pour certains aliments» n'ont été validées que pour un petit nombre de matrices alimentaires. Il est important de noter que les résultats de ces évaluations ne sont consistants que si les mesures sont faites par des analystes confirmés sans prise en compte de la rapidité ou du coût de réalisation.

Le tableau n'inclut pas la large gamme des constituants bioactifs susceptibles d'être référencés dans des banques de données de composition. Pour la plupart de ces constituants, les méthodes n'ont pas encore été étudiées à grande échelle dans le cadre d'études interlaboratoires.

## Choix des méthodes pour les nutriments

L'objectif principal des banques de données de composition est de fournir aux utilisateurs finaux des informations sur la composition nutritionnelle. Par conséquent, le premier critère pour choisir une méthode est sa capacité à fournir les données recherchées par les utilisateurs. C'est-à-dire produire des résultats qui pourront être interprétés pour établir la valeur nutritionnelle des aliments. Cependant, les besoins des utilisateurs de banques de données peuvent significativement différer, des besoins des experts chargés de la réglementation alimentaire et de ceux chargés du contrôle de la qualité des aliments au niveau de la production. Ainsi, la mesure en protéines (azote total multiplié par un facteur) convient dans la plupart des cas mais les teneurs individuelles en acides aminés fournissent une bien meilleure évaluation de la valeur nutritionnelle d'un aliment. La teneur en lipides totaux peut suffire à un contrôle de la qualité des aliments alors qu'un nutritionniste recherchera une évaluation séparée des

triglycérides, des stérols et des phospholipides, ainsi que des analyses détaillées sur les acides gras. De même, alors que les teneurs en glucides totaux peuvent être tout à fait suffisantes pour un contrôle de qualité, un nutritionniste souhaitera avoir des mesures spécifiques des différents glucides. (FAO/OMS, 1998). Par conséquent, des méthodes plus biochimiques sont souvent nécessaires pour inclure les données convenables dans les tables de composition des aliments.

Dans certains pays, le choix des méthodes peut être imposé par la réglementation nationale. Dans d'autres pays, les réglementations permettent souvent l'utilisation de méthodes fournissant des résultats comparables, c'est-à-dire similaires, aux valeurs obtenues par les méthodes officielles.

D'autres considérations peuvent également influencer le choix d'une méthode. L'utilisation de méthodes instrumentales technologiquement avancées peut engendrer un investissement important en vue d'acquérir l'instrumentation nécessaire. Des ressources considérables sont également nécessaires en termes de personnel formé à l'utilisation et à l'entretien de cet équipement. Le développement de ces méthodes instrumentales a pour conséquence de favoriser l'investissement plutôt que les frais de personnel; le but étant de réduire les coûts en réduisant les temps d'analyse.

Cependant, les analyses nutritionnelles peuvent parfaitement être effectuées sans cette instrumentalisation sophistiquée; des méthodes manuelles classiques et absolument fiables existent pour beaucoup de nutriments. Elles exigent davantage de main-d'œuvre que de capital.

Il est vrai que l'analyse de certains nutriments, comme les acides gras, exige une telle instrumentation spécialisée; en l'absence de celle-ci, le laboratoire devra chercher des collaborations pour acquérir les données.

Les laboratoires des pays en développement peuvent manquer de capacités d'investissement (particulièrement en devises), ainsi que de ressources pour la maintenance spécialisée et les fournitures nécessaires à une instrumentation de haute technologie. Par contre, des fonds d'aide locaux peuvent être mobilisés pour qu'un personnel technique ayant les connaissances de base requises puisse utiliser des méthodes n'exigeant aucune instrumentation et obtenir des données valides. Dans cette optique, une liste complète de méthodes éligibles a été établie au Chapitre 7.

Les laboratoires devraient plutôt focaliser leur attention sur l'évaluation et l'amélioration de la qualité et des performances des méthodes utilisées en routine que de proposer un catalogue étendu de méthodes nouvelles non testées, ou de perdre confiance en raison d'un manque d'équipement sophistiqué. Dans beaucoup de cas, la mise en place d'un système d'assurance de la qualité des données et la formation du personnel constituent les meilleurs moyens pour produire des données de qualité sur la composition des aliments.

En principe, la formation des analystes des laboratoires agroalimentaires, là où elle est assurée, porte sur la détection des composés prescrits par la réglementation. Ces composés sont souvent des contaminants présents à des niveaux bas et le choix des méthodes met généralement l'accent sur le seuil de détection, la sensibilité et la fidélité. Les exigences, en termes

d'incertitude et de fidélité, pour les analyses de nutriments destinées à une banque de données sur la composition des aliments, seront davantage influencées par le niveau d'apport recommandé du nutriment et par l'importance relative de l'aliment analysé dans le régime (Stewart, 1980). Un paradoxe serait que des analystes fassent, par exemple, des efforts considérables pour mesurer des teneurs en vitamines dans les aliments à un niveau de concentration qui n'a pas de signification au plan nutritionnel.

Cela montre qu'il est nécessaire que toutes les personnes impliquées dans la production de données connaissent les objectifs du projet, depuis l'échantillonnage jusqu'à l'analyse. Les protocoles d'échantillonnage doivent indiquer les niveaux d'exactitude attendus. Il est également important de maintenir un dialogue régulier entre les compilateurs et les équipes chargées de l'échantillonnage et des analyses durant toute la durée du projet.

Lors de la sélection d'une méthode, il est important de vérifier si elle est appropriée mais aussi nécessaire de prendre en compte ses performances analytiques.

## Critères de choix des méthodes

Il est utile de rappeler un certain nombre de recommandations, suggérées par Egan (1974):

1. Il est important de préférer les méthodes dont la fidélité a été évaluée à partir d'études interlaboratoires impliquant plusieurs laboratoires.
2. Il est important de choisir des méthodes qui ont été recommandées ou adoptées par des organisations internationales.
3. Il est important de choisir des méthodes d'analyse qui sont applicables à un large spectre de matrices d'aliments plutôt qu'à celles qui ne peuvent être utilisées que pour des aliments spécifiques.

Une fois choisie, une méthode d'analyse doit aussi avoir des performances adéquates. Büttner *et al.* (1975) les résume comme des caractéristiques de fiabilité (spécificité, exactitude, fidélité et sensibilité) et de praticabilité (vitesse, coûts, exigences en un savoir-faire technique, fonctionnement et sécurité du laboratoire).

Par conséquent «la fiabilité» représente l'ensemble des critères de performance d'une méthode. Les analystes devraient aussi considérer un autre attribut relevant de l'ensemble de ces mesures, la «robustesse ou portabilité». Ces critères sont décrits ci-dessous.

## Critères de performance des méthodes

(Adapté avec autorisation de Horwitz *et al.* [1978])

### Fiabilité

Il s'agit d'un terme qualitatif qui exprime un degré de satisfaction lié aux performances d'une méthode, en termes d'applicabilité, spécificité, exactitude, fidélité, capacité de détection et sensibilité, tels que définis ci-dessous. C'est un concept composite (Egan, 1977). Il représente la

somme des critères mesurables de performance. L'analyte et les buts des analyses déterminent l'importance relative de chaque critère. Il est clair que l'analyse de constituants majeurs des aliments, tels que les protéines, les lipides et les glucides, ne demandent pas le même seuil de détection que celui nécessaire à la mesure de contaminants cancérigènes. Inversement, la mesure d'un constituant présent à des niveaux assez bas dans les aliments (par exemple la plupart des oligoéléments, le sélénium, le chrome ou vitamines telles que la vitamine D, la vitamine B<sub>12</sub> et les folates) ne va pas nécessiter la même exactitude et fidélité que celle des constituants majeurs.

Grâce à l'analyse statistique des résultats d'un grand nombre d'études interlaboratoires réalisées sous la direction de l'AOAC et conduites par des analystes expérimentés, Horwitz, Kamps et Boyer (1980) ont montré l'existence d'une relation empirique forte qui lie la concentration du constituant analysé et la fidélité observée. La relation observée est:

$$CV = 2(1 - 0.5 \log C)$$

où CV est le coefficient de variation et C la concentration en g/g.

Plusieurs experts utilisent cette relation pour évaluer la performance des méthodes pour les nutriments présents à de bas niveaux de concentration.

### Applicabilité

Il s'agit aussi d'un terme qualitatif. Une méthode est applicable en fonction du contexte dans lequel elle sera utilisée, comme l'analyse d'une matrice alimentaire spécifique. L'applicabilité se rapporte à l'absence d'interférences avec d'autres constituants de l'aliment ou avec des propriétés physiques de la matrice qui pourraient rendre incomplète l'extraction du constituant. L'applicabilité de la méthode est aussi déterminée par la concentration du constituant. Des méthodes, applicables à de hautes concentrations, peuvent ne plus être applicables pour des concentrations basses. De même, une méthode peut être applicable à une matrice (par exemple la viande) mais inappropriée pour une autre (par exemple, un produit céréalier).

Toutes les méthodes non usuelles ou conçues pour un aliment spécifique doivent être soigneusement examinées quand elles sont utilisées pour une matrice différente de celles pour lesquelles elles ont été initialement prévues.

### Spécificité

La spécificité d'une méthode est sa capacité à mesurer exclusivement la substance pour laquelle elle est utilisée. Beaucoup de méthodes sont «semi-spécifiques»: elles s'appuient sur l'absence de substances interférentes dans l'aliment analysé. Parfois, une méthode disposant d'une spécificité faible peut être acceptable quand le but de l'analyse est de mesurer toutes les substances similaires d'un groupe (par exemple, lipides totaux ou cendres).

### Exactitude

L'exactitude est définie comme l'écart entre la valeur obtenue par la méthode et la «valeur vraie» de la concentration du constituant. Elle est souvent exprimée en terme de pourcentage d'exactitude. L'inexactitude est la différence entre la valeur mesurée et «la valeur vraie».

Le concept de «valeur vraie» est bien sûr théorique parce que, pour un nutriment dans un aliment, elle n'est jamais connue exactement. Par conséquent, toutes les résultats d'analyse ne sont que des estimations de cette valeur.

Büttner *et al.* (1975) pensent qu'il existe une valeur vraie pour tous les constituants qui se trouvent dans un échantillon d'aliment. C'est une hypothèse fondamentale pour le travail des analystes puisqu'il serait faux d'affirmer qu'un résultat obtenu sur une prise d'essai est la «valeur vraie» pour tous les échantillons de l'aliment. Pour toute méthode spécifique, l'erreur d'échantillonnage et les erreurs analytiques déterminent les limites de confiance pour toutes les valeurs obtenues.

L'exactitude d'une méthode est souvent déterminée par rapport aux valeurs assignées d'un analyte et, de préférence, par l'analyse de matériaux de référence certifiés (MRC) en utilisant plusieurs méthodes compatibles mises en œuvre par des analystes qualifiés afin de fournir des valeurs certifiées, ainsi que les limites de confiance de ces valeurs.

### **Fidélité**

La fidélité est une mesure de l'écart entre des répétitions réalisées avec une même méthode sur un même échantillon. C'est une mesure quantitative de «dispersion» ou de variabilité d'une méthode d'analyse. À proprement parler, on mesure plutôt une imprécision en effectuant des répétitions sur un même échantillon (qui doit être homogène et stable). Les mesures peuvent être faites par un analyste dans un seul laboratoire pour évaluer la «répétabilité» (c'est-à-dire la fidélité intralaboratoire) ou par plusieurs analystes dans différents laboratoires pour évaluer la «reproductibilité» (c'est-à-dire la fidélité interlaboratoires). Des comparaisons peuvent aussi être faites entre différents analystes dans un laboratoire (appelée «concordance») et par un seul analyste en différentes occasions.

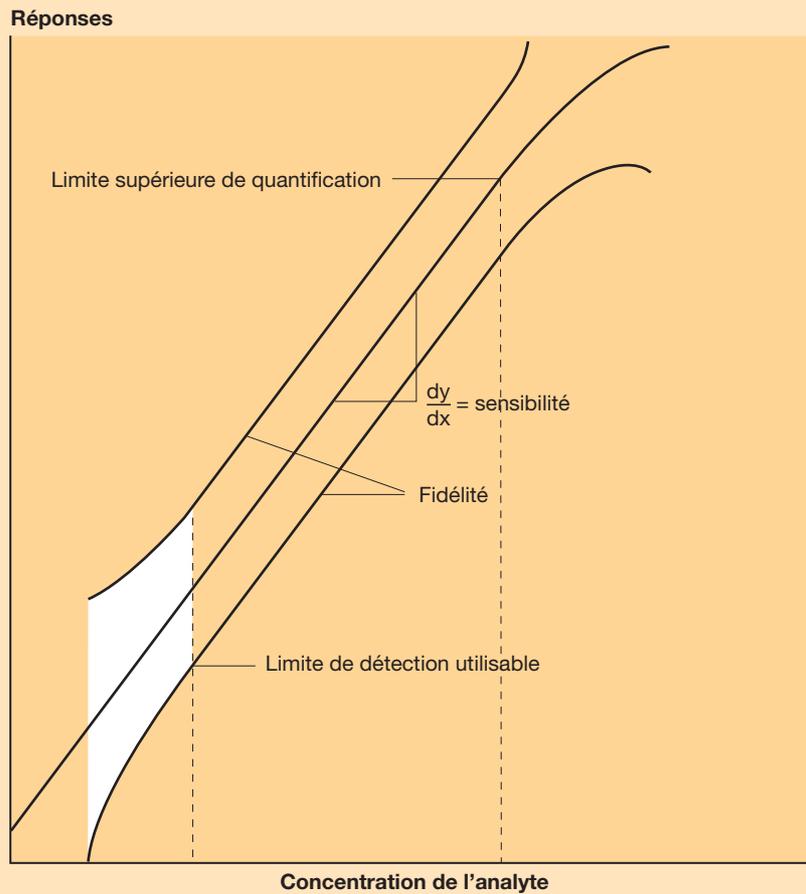
Dans chaque cas, l'écart-type  $S$  des valeurs analytiques est calculé (ce qui signifie qu'il doit y avoir un nombre suffisant de «répétitions»). L'écart-type est habituellement divisé par la valeur moyenne pour obtenir l'écart-type relatif SR, ou multiplié par 100 pour donner le coefficient de variation CV. Dans la littérature analytique, SR est utilisé pour la reproductibilité et  $sr$  pour la répétabilité.

Il est important de faire la distinction entre l'exactitude (voir la définition donnée ci-dessus) et la fidélité. On peut avoir une très haute fidélité (un SR bas) et une exactitude faible et, inversement, avoir une bonne exactitude avec une fidélité faible; dans ce cas les limites de confiance de la valeur obtenue seront très grandes. L'idéal est de combiner une haute fidélité (SR bas) avec une grande exactitude (comme indiqué à partir de la valeur obtenue avec un MRC).

### **Limite de détection**

La limite de détection est la concentration minimale de la substance analysée qui peut être détectée. Elle entre rarement en jeu dans les études nutritionnelles car les concentrations très faibles en nutriments, même celles des oligoéléments ou des vitamines, ne sont pas souvent significatives sur le plan nutritionnel. Elles sont habituellement enregistrées comme «traces»

**Figure 6.1** Réponse du détecteur en fonction de la concentration, illustrant les critères de performance des méthodes



Source: Modification et reproduction autorisées par Stanley L. Inhorn, ed., *Quality assurance practices for health laboratories*. Copyright 1978 par l'Association américaine de santé publique.

dans beaucoup de tables de composition. Cependant, il est utile de savoir si un nutriment est présent ou non et si on peut mettre un zéro avec certitude dans une banque de données. La limite de détection d'une méthode est la concentration pour laquelle la mesure est significativement différente de celle d'un échantillon blanc. Puisque les valeurs témoins ont aussi une certaine variabilité, la limite peut être définie comme étant supérieure à 2 écarts-types (des échantillons blancs) de la concentration de l'échantillon blanc. La limite de détection est au-dessous de la concentration à laquelle les valeurs peuvent être mesurées, ce qui signifie qu'elle est en dehors de la fourchette utilisable de la méthode.

### Sensibilité

La sensibilité, en termes analytiques, est la pente de la courbe ou de la droite «concentration-réponse» (figure 6.1). Si la pente est forte, la méthode a une forte sensibilité; inversement, si la pente est faible la méthode a une faible sensibilité. Quand on s'intéresse à un petit intervalle de concentration, une forte sensibilité est souvent souhaitable; pour un grand intervalle de concentrations, une sensibilité basse peut être préférable. Dans la plupart des études sur la composition nutritionnelle, l'analyse des oligoéléments exige une forte sensibilité. Dans la pratique, cela peut être obtenu en augmentant la hauteur du signal de réponse par amplification électronique ou en jouant sur la concentration du constituant.

Habituellement, une haute sensibilité est requise pour l'analyse des contaminants. Même si les contaminants ne sont pas classiquement pris en compte dans les banques de données sur la composition des aliments, ils pourraient, à l'avenir, devenir plus importants, tout particulièrement ceux qui possèdent des propriétés antinutritionnelles ou qui présentent une certaine toxicité.

### Robustesse

Il s'agit d'un critère qualitatif qui se réfère à la capacité d'une méthode à avoir des performances inchangées en présence de petites modifications du protocole analytique. Ces modifications peuvent inclure la durée des étapes, les changements de température ou les concentrations précises des réactifs. Elles incluent aussi les variations de compétence, de formation et d'expérience des analystes mettant en œuvre la méthode. Idéalement, durant le développement initial d'une méthode, ses concepteurs devraient avoir exploré et documenté la capacité de la méthode à résister à ces types de fluctuations et à fonctionner correctement sous différentes conditions. Des méthodes existent pour les examiner (Youden et Steiner, 1975).

Les concepteurs de méthodes d'analyse doivent identifier les étapes de leurs méthodes qui exigent une attention et un contrôle strict et les mentionner dans la publication qui décrit leur méthode.

### Résumé des critères

La figure 6.1 fournit un diagramme résumant les critères des méthodes (adapté de Horwitz *et al.*, 1978). Dans la figure, la réponse (hauteur, surface, poids, volume, temps, densité optique ou un autre type de mesure) est désignée comme une fonction essentiellement linéaire jusqu'à un certain niveau qui définit le champ d'utilisation de la méthode. Dans le cas où une seule substance analysée produit la réponse, la méthode est spécifique; cette spécificité peut être inhérente à la méthode ou bien peut être obtenue par une élimination chimique des substances potentiellement interférentes. C'est, par conséquent, une propriété chimique de la substance analysée et des substances potentiellement interférentes. La sensibilité de la méthode est indiquée par la pente de la droite de réponse. L'intervalle de confiance indique la fidélité de la méthode. La différence entre la droite de réponse et une droite vraie hypothétique représente une mesure de l'exactitude. L'intervalle de confiance peut être calculé à

n'importe quel niveau, mais on utilise habituellement 95 pour cent et 99 pour cent. Dans le premier cas, il faut s'attendre à ce que seule une mesure sur 20 puisse tomber en dehors de l'intervalle et, dans le deuxième cas, seule une mesure sur 100. La zone blanche représente l'intervalle d'incertitude dans laquelle l'écart type relatif est si grand qu'une certitude ne peut être attribuée à une valeur.

## Validation des méthodes d'analyse

Même les méthodes largement reconnues ont besoin d'être validées par les analystes, en utilisant leur propre personnel, réactifs et équipements (Wills, Balmer et Greenfield, 1980). Une validation des critères de la méthode doit être faite dans les conditions du laboratoire et l'on doit quantifier ses caractéristiques de performance en cohérence avec le but qu'on lui a fixé.

## Évaluation globale de la méthode

Dans la première étape de la validation, les analystes doivent se familiariser avec la méthode telle qu'elle est décrite dans le protocole officiel. On commence toujours par un «exercice sur le papier» pour s'assurer que le principe de la méthode est bien compris et que les différentes étapes sont claires pour tous les analystes. La liste des réactifs requis est contrôlée en fonction des procédures. Occasionnellement, un réactif courant peut avoir été omis de la liste parce que les auteurs ont supposé que tous les laboratoires l'ont à portée de main. La standardisation de quelques réactifs peut être nécessaire avant la mise en route de la méthode. En même temps, les analystes doivent contrôler les équipements nécessaires et leurs qualifications techniques.

Enfin, les analystes doivent parcourir chaque étape et se familiariser entièrement avec leur objectif. À ce stade, il est suggéré qu'une évaluation critique de chaque étape soit faite, comme le recommande l'approche ANALOP (Southgate, 1995); cet exercice déterminera la possibilité d'erreur ou d'incertitude qui peut se produire si les conditions prescrites ne sont pas appliquées avec précision.

Le rôle du facteur temps peut être ou ne pas être déterminant. Par exemple, «laisser toute la nuit» peut impliquer une période de temps spécifique, c'est-à-dire de 6 heures du soir à 9 heures du matin le jour suivant (ce qui correspond à une durée de 15 heures); cela peut également vouloir dire que lorsque ce point est atteint, la méthode est mise en attente jusqu'au jour suivant pour une période indéterminée. Le facteur temps peut représenter une période minimale: par exemple, «faire bouillir pendant 10 minutes au bain-marie» peut signifier «exactement 10 minutes» ou «pendant que l'analyste prend son café». La compréhension des étapes critiques du facteur temps est particulièrement importante lorsqu'il s'agit d'une méthode employée pour la première fois et ce jusqu'à ce qu'elle passe en routine.

D'une manière analogue, les concentrations de certains réactifs sont critiques, surtout quand le réactif doit être utilisé en excès pour qu'une réaction soit entièrement achevée.

Appliquer le mode opératoire d'une méthode publiée comme on suit une recette de cuisine peut conduire à une catastrophe. L'analyste doit comprendre la logique de la méthode. Tester une méthode et éliminer des résultats est utile pour vérifier les étapes, surtout en ce qui concerne le facteur temps. Un personnel peu expérimenté peut demander plus de temps pour s'approprier une méthode, surtout si la procédure publiée indique qu'il y a plusieurs opérations critiques (par exemple dans la méthode d'analyse des polysaccharides non amylacés [Englyst, Quigley et Hudson, 1994] pour laquelle les étapes de mélange sont critiques). Cette évaluation achevée, l'analyste sera plus à même d'évaluer les différents critères de performance.

### **Applicabilité**

L'applicabilité d'une méthode inconnue à une matrice alimentaire autre que celle pour laquelle elle a été développée ou utilisée auparavant exige un examen rigoureux. Il est souvent nécessaire de décider de façon intuitive comment la matrice se comportera pendant la phase d'extraction, qu'il y ait ou non une probabilité d'interférences entre les substances. La chimie de la substance à analyser et la fourchette de concentrations attendues pour ce nutriment dans le nouvel aliment devront donc être pris en considération.

Cependant, ces problèmes ne peuvent pas toujours être résolus intuitivement et la méthode doit être testée en vraie grandeur sur le produit alimentaire. L'utilisation de différentes prises d'essai mettra en évidence les interférences, tout comme elle indiquera les problèmes possibles lors de l'extraction ou avec les concentrations inadéquates des réactifs.

Le taux de récupération d'ajouts dosés, ajoutés à l'échantillon, peut permettre de savoir si l'extraction a été complète ou non. Les essais de récupération ne sont pas toujours adéquats car la molécule ajoutée peut être extraite plus facilement que le nutriment dans sa forme intrinsèque. Des taux de récupération très faibles indiquent l'existence de problèmes; de bons taux peuvent être considérés comme encourageants mais non concluants.

Des comparaisons avec des valeurs de la littérature obtenues sur la même matrice peuvent être utiles; il en est de même pour des études interlaboratoires.

### **Spécificité**

Établir ce critère exige une connaissance de la chimie de la substance à analyser et de la matrice alimentaire. Une valeur peut être requise pour un groupe de substances telles que les lipides totaux (solubles dans un solvant lipide) ou les sucres pour lesquels une méthode semi-spécifique peut être adéquate. Les valeurs des triglycérides ou des glucides individuels exigent cependant une méthode plus spécifique. Certaines valeurs de vitamines doivent inclure toutes les formes actives; par exemple, les valeurs de la vitamine A (rétinol) doivent inclure d'autres rétinoïdes actifs. Ici encore la spécificité est essentielle.

### **Exactitude**

C'est un critère très difficile à mesurer car la valeur vraie de l'échantillon est inconnue. La première étape est d'analyser des ajouts dosés de la substance pure à analyser. Les taux de récupération des ajouts sont utiles, surtout si des séries avec des niveaux d'ajouts diffé-

rents sont utilisées et qu'une comparaison est faite ensuite entre la sensibilité de la méthode des étalons purs et des ajouts dosés. Les taux de récupération tels qu'ils sont indiqués ci-dessus ne fournissent pas une preuve irréfutable de l'exactitude d'une méthode car ils supposent que l'analyte ajouté est extrait avec la même efficacité que le nutriment à l'état natif (Wolf, 1982).

### Analyse d'échantillons de référence

L'analyse d'échantillons de référence, déjà analysés par un autre laboratoire, est un guide utile pour les analystes utilisant une méthode pour la première fois. Cette procédure constitue ce que l'on peut considérer comme un simple type d'étude collaborative.

### Analyse des matériaux de référence certifiés

Les matériaux de référence certifiés sont des matériaux uniques pour quelques matrices alimentaires (limités actuellement mais en nombre croissant). Ils sont produits par des organisations nationales ou régionales, telles que l'Institut national des normes et de technologies (NIST, 2003a) aux États-Unis ou le Bureau communautaire de référence (BCR) pour l'Union européenne (BCR, 1990; Wagstaffe, 1985, 1990). Ces échantillons sont soigneusement homogénéisés et rigoureusement testés pour leur homogénéité et leur stabilité sous différentes conditions de conservation et de durée (Wolf, 1993). Ils sont ensuite analysés en utilisant des méthodes d'analyse bien définies. Quand c'est possible, plusieurs méthodes compatibles basées sur des principes différents sont utilisées. Les valeurs obtenues sont ensuite certifiées avec des limites de confiance définies pour ces valeurs. Les nutriments pour lesquels des MRC sont disponibles sont limités (mais augmentent). Leur utilisation est possible pour de nombreux constituants, y compris quelques oligoéléments, quelques lipides, des acides gras, l'azote total et le cholestérol.

Les MRC sont chers à produire et donc trop coûteux à utiliser pour des travaux de routine (disons avec chaque série d'analyses – mais cela serait l'idéal). Chaque laboratoire (ou groupe de laboratoires locaux) doit, par conséquent, étudier la possibilité de préparation interne de matériaux de référence en utilisant des approches similaires à celles utilisées pour produire les MRC (Southgate, 1995).

Le matériau interne homogénéisé est conservé dans plusieurs récipients individuels et utilisé couramment dans l'application de la méthode et parfois en même temps que le MRC. Il est utile de rapporter les valeurs obtenues durant une période donnée sur une carte de contrôle pour identifier les tendances vers des valeurs hautes ou basses. Une carte de contrôle se présente souvent comme une ligne centrale accompagnée de limites de contrôle basées sur une mesure statistique (écarts-type par exemple) pour des séries d'analyses (American Society for Quality Control, 1973). Les résultats du laboratoire sont reportés sur la carte selon l'axe

vertical et, en fonction du temps (jours, heures, etc.) reportés selon l'axe horizontal. L'échelle horizontale devrait fournir suffisamment d'espace pour trois mois de contrôle. La carte doit être régulièrement vérifiée pour contrôler s'il n'y a pas de dépassement au-dessus ou au-dessous des lignes de contrôle, ou des erreurs non aléatoires (Mandel et Nanni, 1978; Taylor, 1987). Théoriquement, les valeurs doivent être réparties au hasard autour de la ligne centrale. Quand elles sont constamment au-dessus (ou au-dessous) de la ligne centrale, elles indiquent un biais systématique possible de la méthode et doivent absolument être examinées.

Les matériaux préférés pour la constitution de matériaux de référence internes sont des poudres non ségrégantes telles que le lait en poudre écrémé, la gélatine, la farine, les mélanges de poudre pour la fabrication d'aliments parentéraux (Ekstrom *et al.*, 1984) et des matrices alimentaires similaires selon la disponibilité en aliments locaux, par exemple les farines de soja ou de poissons pour ASEANFOODS (Puwastien, 2000). Torelm *et al.* (1990) décrivent la fabrication d'un nouveau matériel de référence basé sur de la viande en conserve.

Une alternative est d'effectuer les analyses en utilisant un matériau de référence en routine ainsi qu'une carte de contrôle afin d'alerter le personnel de laboratoire si des problèmes nécessitent des mesures correctives.

## Fidélité

La description originale d'une méthode telle que publiée donne habituellement des indications sur le niveau de fidélité obtenu par les études interlaboratoires, fournissant ainsi un niveau normalisé de performance. Chaque laboratoire, une fois son personnel familiarisé avec la méthode, doit évaluer son propre niveau de fidélité.

La première démarche pour l'analyste est d'évaluer sa répétabilité en analysant plusieurs répétitions du même échantillon (de préférence au moins 10 fois) et de calculer l'écart-type relatif. Dans un second temps, tous les analystes du laboratoire doivent analyser plusieurs répétitions du même échantillon (de préférence 10) afin d'établir la concordance existant dans le laboratoire. Quand une méthode est mise en place pour la première fois, il est utile d'en tester la répétabilité et la concordance en utilisant des étalons. L'utilisation d'étalons de concentrations inconnues, préparés par des collègues, donne une garantie supplémentaire quand on utilise une méthode qui n'est pas familière.

Enfin, la participation dans un essai d'intercomparaison ou d'aptitude pour établir la reproductibilité d'une méthode et pour évaluer la répétabilité du laboratoire avec d'autres analystes est une approche très profitable qui peut être utile pour le développement des compétences analytiques.

Des projets officiels existent pour les analyses d'aptitude de quelques nutriments. Ainsi, des échantillons pour analyse sont régulièrement fournis par le NIST (2003a) aux États-Unis et par l'Accréditation nationale des mesures et l'échantillonnage (NAMAS) au Royaume-Uni (UKAS, 2003). De même, l'Université de Wageningen aux Pays-Bas coordonne l'«Internation-

tional Plant-analytical Exchange» (IPE, 2003), qui fournit une structure pour le développement de la compétence analytique, particulièrement pour les oligoéléments.

Des difficultés peuvent être rencontrées lorsqu'il s'agit de l'entrée de matériaux alimentaires dans certains pays. La plupart des essais d'aptitude sont assez coûteux, ce qui peut devenir un facteur prohibitif là où les ressources sont très limitées. Dans ces cas de figures, l'organisation d'études interlaboratoires locales est à prendre en considération.

## Études interlaboratoires

Il existe trois types d'études interlaboratoires. Le premier type, connu parfois sous le nom d'essai d'aptitude («round robin» ou «ring test») donne des évaluations comparatives de la performance de laboratoire. Des échantillons homogènes d'aliments, dont l'identité est souvent occultée, sont distribués par un organisme coordinateur, avec des instructions pour la préparation d'étalons et le calcul des résultats. Les résultats sont ensuite rassemblés au niveau central et analysés statistiquement. Les résultats sont fournis aux laboratoires participants sous la forme de graphiques représentant la performance de chaque laboratoire par rapport à l'analyse globale du groupe. Un numéro de code est attribué à chaque laboratoire afin qu'il puisse évaluer sa propre performance. Les observations aberrantes sont indiquées, c'est-à-dire les mesures statistiquement différentes de la moyenne et de la reproductibilité obtenues dans l'essai. Ce type d'étude collaborative est le plus avantageux pour les laboratoires impliqués dans l'analyse de la composition des aliments et qui désirent tester et améliorer leurs performances.

Le second type est celui utilisé par l'Association internationale des analystes officiels (Thompson et Wood, 2003; AOAC International, 2003) afin d'établir la performance d'une méthode. Dans ce cas, les laboratoires qui collaborent à l'exercice analysent une série d'échantillons d'aliments fournis par un coordinateur, en utilisant un protocole analytique commun. Des étalons et quelques réactifs pour lesquels les spécifications sont critiques (tels que les enzymes) sont aussi fournis par le coordinateur, de même que des formulaires pour calculer, exprimer et enregistrer les résultats. Une telle étude peut impliquer huit, (de préférence davantage) analystes et/ou laboratoires. Les résultats sont rassemblés et analysés statistiquement, généralement par un expert associé. Des critères de performance sont utilisés dans l'évaluation de la méthode avant qu'elle ne soit acceptée et intégrée au Manuel officiel des méthodes.

Un troisième type d'étude est utilisé par le BCR au sein de l'Union européenne, en particulier dans le développement de matériaux de référence certifiés. Dans ce cas, un groupe de laboratoires analyse des échantillons fournis par le coordinateur en utilisant leurs méthodes de routine. Des étalons peuvent être distribués avec les formulaires utilisés pour présenter les résultats. Ceux-ci sont centralisés puis traités statistiquement. Les conclusions sont renvoyées et les analystes sont ensuite convoqués à une réunion. Son but est d'évaluer les différentes méthodes des laboratoires, d'identifier pourquoi les laboratoires qui utilisent la même méthode fournissent des valeurs différentes. Un accord est ensuite trouvé sur les protocoles qui doivent être suivis dans une deuxième étape.

Tableau 6.2 Pratiques opérationnelles pouvant conduire à des erreurs systématiques

<i>Opération</i>	<i>Pratiques communes</i>	<i>Remèdes</i>
Taille de la prise d'essai	Prises d'essai identiques ou quasiment similaires	Faire des répétitions sur des prises d'essai de différentes tailles
Réactifs utilisés	Toujours partir du même lot	Varié les sources de réactifs
Solutions étalons	Préparées à partir des mêmes stocks ou des mêmes séries de dilution	Préparer régulièrement de nouveaux standards
Répétition des analyses	Analysées dans le même lot ou au même moment	Analyser en double des lots différents ou à des jours différents. Participer à des études interlaboratoires
Analystes	Seulement un analyste	Mettre en œuvre régulièrement les analyses avec différents analystes. Collaborer avec différents analystes. Echanger des échantillons
Choix de la procédure	Seulement une procédure	Là où c'est possible, utiliser des méthodes fondées sur des principes différents. Collaborer avec d'autres laboratoires

*Source:* Modifiée à partir de Southgate, 1987.

Les résultats de la deuxième étape de l'étude identifieront souvent des méthodes dont la reproductibilité est satisfaisante et celles donnant des résultats similaires, bien qu'une troisième étape puisse être nécessaire. Ces méthodes sont ensuite utilisées dans une étude soigneusement contrôlée pour la certification des matériaux alimentaires destinés à servir de matériaux de référence certifiés. L'idéal est d'identifier des méthodes compatibles qui sont basées sur des principes physicochimiques différents. Dans certains cas la certification peut être réalisée avec les valeurs obtenues par une seule méthode.

Il est important que les laboratoires impliqués dans ces études interlaboratoires comprennent que leurs objectifs principaux sont l'amélioration de la performance analytique, l'amélioration des compétences analytiques et ne les perçoivent pas comme un contrôle de l'expertise des analystes.

## Contrôle des calculs et analyses

Quand des résultats anormaux apparaissent dans des études interlaboratoires ou dans des analyses de routine, par exemple sur les cartes de contrôle, la première chose à faire est de passer en revue la logique et la réalisation des calculs car ce sont souvent les sources de résultats anormaux. La plupart des études interlaboratoires définissent les calculs de façon explicite afin d'éviter des problèmes, mais il en surgit toujours. C'est pour cette

raison que les formules de calcul doivent être établies de façon claire dans les protocoles analytiques.

La seconde étape est de répéter les analyses avec des étalons récemment préparés. Les erreurs de dilution et de pesée sont aussi des causes fréquentes d'erreurs.

Durant la troisième étape, les analyses sont répétées par un analyste plus expérimenté. Répéter des analyses en utilisant une prise d'essai provenant d'une étape antérieure d'analyse ne constitue pas un contrôle rigoureux en soi. Ce serait mieux si de nouvelles prises d'essai étaient utilisées. Une simple répétition ne procure pas non plus un contrôle satisfaisant car un biais portant sur l'étalon ou la matrice alimentaire peut aussi se reproduire.

Si les résultats anormaux persistent, l'analyste doit analyser un échantillon pris au hasard en utilisant seulement son numéro de code et, si possible, solliciter un collègue pour introduire l'échantillon en aveugle. Southgate (1987) a identifié une série de pratiques de laboratoire qui peuvent conduire les analystes à croire à tort qu'ils ont obtenu une bonne répétabilité et il suggère comment modifier les pratiques (tableau 6.2).

Toutes ces opérations permettent de garantir la qualité des données et leur documentation est essentielle pour les compilateurs de banques de données quand ils évaluent la qualité des données de laboratoire; elles sont discutées au Chapitre 8.