

# UTILISATION DE LA PROGRAMMATION LINEAIRE POUR EVALUER L'INTERET NUTRITIONNEL DES RECOMMANDATIONS EN VIGUEUR DANS LA RESTAURATION SCOLAIRE EN FRANCE

Michel Darmon<sup>1</sup>, Nicole Darmon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>[darmon@u-bordeaux2.fr](mailto:darmon@u-bordeaux2.fr), Université Bordeaux-2, Laboratoire de Biochimie et Biologie Moléculaire, 146, rue Léo-Saignat, 33076 BORDEAUX Cedex.

<sup>2</sup>[darmon@cnam.fr](mailto:darmon@cnam.fr), UREN (Unité de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle, Unité 557 de l'INSERM). ISTNA-CNAM, 5 rue du Vertbois - 75003 Paris.

## Introduction

En France, 6 millions d'enfants et d'adolescents (c.-à-d., 1 enfant d'âge scolaire sur 2) prennent leur déjeuner à l'école, et le déjeuner fournit approximativement 30-35% de leur apport énergétique quotidien. En 1998, une étude nationale (l'étude INCA) a montré que le contenu lipidique des repas consommés à l'école en France était trop élevé (approximativement 44% de l'énergie provenant des lipides, et 16-18% des acides gras saturés). De plus, la teneur en vitamine C et en calcium des repas consommés à la cantine était insuffisante (11% et 17% respectivement des ANC correspondants)<sup>1</sup>, bien que leur teneur globale en micronutriments soit en moyenne plus élevée que celle des repas consommés en dehors de l'école.

Aujourd'hui, 13,3% des enfants et adolescents (2-17 ans) sont en surpoids ou obèses en France. Une démarche visant à garantir une bonne qualité nutritionnelle aux repas servis à l'école pourrait améliorer le statut nutritionnel d'une importante proportion des enfants français et aider à lutter contre l'augmentation de la prévalence de l'obésité infantile. De plus, ceci faciliterait la diffusion dans la population générale, par l'intermédiaire des enfants, des schémas d'une alimentation favorable à la santé.

L'alimentation servie en restauration collective fait l'objet de recommandations définies en 1999 par la Circulaire officielle du Groupe Permanent d'Etude des Marchés de Denrées Alimentaires du Ministère des Finances (GPEMDA)<sup>2</sup>. Ce texte contient des recommandations diététiques concernant spécifiquement les repas consommés en collectivité. Celles-ci s'appliquent non seulement aux repas pris à l'école, mais aussi sur le lieu de travail, dans les universités, les casernes, les hôpitaux, les prisons etc. A présent, ces recommandations ne sont pas encore obligatoires, bien qu'il existe une proposition du Conseil National de l'Alimentation (26 mai 2004) de transformer la circulaire en arrêté. Toutefois, elles fournissent une base de réflexion et d'action aux professionnels de l'alimentation de divers organismes : administrateurs, acheteurs, diététiciens, cuisiniers... afin de les aider à appliquer des règles de bonnes pratiques en nutrition. Ces recommandations sont aussi utiles à l'industrie agroalimentaire et aux acteurs de santé publique.

La circulaire définit la structure des repas, la fréquence de présentation de certains aliments ou groupes d'aliments dans 20 repas consécutifs, ainsi que la taille des portions recommandées pour une liste d'aliments fréquemment consommés en restauration collective. Ces recommandations présentent l'avantage de fournir une base commune de bonnes pratiques en nutrition aux économistes, aux cuisiniers et aux fournisseurs. De plus, ces recommandations sont présentées comme perfectibles par leurs auteurs, ce qui ouvre la voie à une réflexion critique, à la constitution d'outils communs, tels qu'une table de composition nutritionnelle des aliments servis en restauration collective et sur le long terme à l'amélioration des recommandations.

Un repas GPEMDA typique est composé de 5 plats :

- une "entrée" : salade de légumes crus ou cuits, charcuteries, etc...;
- un "plat protéique" : viande, poisson, œufs et aliments les contenant;
- un "accompagnement" : légumes cuits, féculents et produits céréaliers;
- un "laitage ou fromage" : lait, produits laitiers frais, fromages;
- un "dessert" : fruit cru entier ou en salade, fruits cuits, pâtisseries, glaces, desserts lactés...

Du pain est servi à tous les repas et l'eau est la seule boisson acceptée en restauration scolaire. Les fréquences de présentation des aliments sont précisées pour 20 repas successifs, ce qui correspond à peu près à une période de 1 mois pour la restauration scolaire. Ainsi que l'indique le Tableau 1, des fréquences maximales sont introduites pour certains aliments trop riches en graisses, ou présentant un rapport protéines/lipides (P/L) insuffisant. Par ailleurs, des fréquences minimales sont imposées pour les aliments considérés comme de bonne qualité nutritionnelle, tels que les fruits et les légumes, les viandes rouges, le poisson et le fromage.

Les objectifs revendiqués par les auteurs dans la circulaire officielle du GPEMDA 1999 sont de "diminuer l'apport lipidique, en particulier les acides gras saturés, et augmenter les apports de fer, de calcium, de fibres et de vitamines (y compris la vitamine C)". Toutefois, la capacité des règles du GPEMDA d'atteindre ces objectifs n'a jamais été formellement testée.

Depuis que les recommandations du GPEMDA ont été éditées, en 1999, le Programme National Nutrition Santé (PNNS) a été mis en place en France en 2001, ainsi qu'une nouvelle édition des Apports Nutritionnels Conseillés (ANC)<sup>3</sup>. De plus, les premières recommandations nationales basées sur les aliments s'adressant à toute la population ont été diffusées ("La santé vient en mangeant: guide alimentaire pour tous")<sup>4</sup>.

En raison de ces évolutions, nous avons voulu réévaluer l'intérêt nutritionnel des recommandations du GPEMDA 1999. En 2004, nous avons utilisé un logiciel de programmation linéaire (PL) appelé solver (disponible sur excel), pour examiner la compatibilité de ces recommandations avec les nouveaux ANC et le PNNS.

#### Méthode

Nous avons utilisé une table de composition de 200 aliments servis fréquemment dans les cantines scolaires, subdivisée dans les 5 catégories définies par la circulaire (entrée, plat protéique, accompagnement, produit laitier, dessert). Cette table a été construite directement à partir de la liste d'aliments fournie en annexe dans la circulaire du GPEMDA 1999. Nous avons aussi adopté les deux ensembles de portions recommandées dans le GPEMDA 1999 : pour les enfants (7-9 ans) et pour les adolescents et adultes.

La PL est une méthode mathématique qui permet de trouver la meilleure solution possible à un ensemble d'inéquations. Appliquée à la nutrition, elle permet de sélectionner une ou plusieurs combinaisons d'aliments (repas, panier, alimentation journalière...) respectant un ensemble de contraintes<sup>5</sup>. Ces contraintes sont généralement de 2 types :

- des contraintes sur les aliments, qui garantissent la structure et/ou palatabilité de la combinaison d'aliments sélectionnée,
- des contraintes sur les nutriments, généralement basées sur les recommandations nutritionnelles, et qui garantissent la qualité nutritionnelle de la combinaison.

Nous avons précédemment utilisé la PL pour tester la faisabilité des ANC, leur coût minimal, et leur implication en terme de choix alimentaires<sup>6</sup>. Nous l'avons aussi utilisée pour examiner l'impact nutritionnel de contraintes économiques<sup>7:8</sup>.

Dans la présente étude, nous avons utilisé la PL pour déterminer la valeur nutritionnelle des recommandations du GPEMDA 1999. Nous avons généré 1) des menus respectant seulement la règle des 5 composantes et 2) des menus respectant toutes les recommandations du GPEMDA 1999 (Tableau 1), puis nous avons comparé leurs contenus nutritionnels respectifs. Quarante-dix séries de 20 repas ont été tirées au hasard pour chacune des deux conditions (5 composantes ou GPEMDA 1999) et pour chaque ensemble de portions (enfants ou adolescents/adultes). Le contenu nutritionnel de ces séries de 20 repas a été exprimé par rapport aux ANC des enfants de 7-9 ans et des adolescents, respectivement<sup>3</sup>.

De plus, pour tester la capacité des recommandations du GPEMDA 1999 à garantir une qualité nutritionnelle aux repas les respectant, nous avons utilisé la PL pour sélectionner les scénarios les pires sur le plan nutritionnel dans chacune des deux conditions. Pour cela, nous avons successivement minimisé le contenu en chaque nutriment essentiel et nous avons maximisé leurs teneurs en lipides et en acides gras saturés

## OBJECTIFS

- Estimer l'intérêt nutritionnel des recommandations du GPEMDA 1999 (comparées à la seule règle des 5 composantes);
- Faire une proposition d'amélioration de ces recommandations du GPEMDA si nécessaire.

## RESULTATS

1) Les recommandations du GPEMDA sont-elles compatibles avec le PNNS ?

Non, parce qu'elles autorisent plus qu'un produit laitier par repas (un dans « produits laitiers » et un dans « desserts ») alors que le PNNS recommande exactement 3 produits laitiers /par jour. Comme les enfants et les adolescents consomment en général un laitage au petit déjeuner et un au goûter, 2 produits laitiers au déjeuner conduirait souvent à plus de 3 portions par jour.

2) Les recommandations du GPEMDA sont-elles compatibles avec les ANC?

Il est impossible de générer par PL des menus respectant à la fois les recommandations du GPEMDA 1999 et l'ensemble des ANC, si on utilise par défaut comme matière grasse de cuisson et d'assaisonnement une huile de mélange classique (riche en tournesol). En effet, il est impossible dans ce cas d'atteindre un rapport d'acides gras w6/w3 inférieur à la limite fixée à 6 dans les ANC.

On peut toutefois rendre le GPEMDA 1999 compatible avec les ANC en précisant les graisses utilisées. Par exemple on peut trouver par PL que les mélanges suivants conviennent:

Assaisonnement = huile de colza/citron 75%/25% (7,5g pour les adolescents et les adultes; 5g pour les enfants)

Cuisson = huile de colza / huile de tournesol 50/50 (7,5g par portion pour les adolescents et les adultes; 5g pour les enfants).

Dans la suite du travail, pour rester en accord avec le GPEMDA 1999 qui ne précise pas quelle huile choisir, nous avons continué à utiliser le mélange d'huile commercial le plus courant pour tester le GPEMDA 1999 dans nos modèles de PL.

3) Le GPEMDA 1999 améliore-t-il la qualité nutritionnelle des menus scolaires si on le compare à la seule application de la règle des 5 composantes du repas ?

a) Puisque notre premier objectif était de tester les conséquences nutritionnelles de l'application du GPEMDA 1999, nous n'avons pas inclus de contraintes sur les ANC dans les modèles utilisés pour générer des menus au hasard. Nous avons simplement comparé la

qualité nutritionnelle des menus respectant toutes les recommandations du GPEMDA avec celle des menus respectant uniquement la règle des 5 composantes. Les résultats montrent que la règle des 5 composantes assure, à elle-seule, une couverture de plus de 35% des ANC, sauf pour le calcium qui reste inférieur à 35% dans les deux modèles. On peut donc conclure que les recommandations du GPEMDA 1999 n'améliorent pas cet aspect de la qualité nutritionnelle.

b) Le pire scénario d'un modèle peut être trouvé par PL en cherchant pour chaque nutriment la couverture minimale d'ANC compatible avec le modèle. On trouve que le pire scénario respectant toutes les consignes du GPEMDA 1999 n'est pas aussi défavorable que le pire scénario respectant uniquement la règle des 5 composantes, ce qui suggère que le GPEMDA 1999 procure un avantage nutritionnel par rapport à la règle des 5 composantes. Toutefois, les résultats indiquent que les recommandations du GPEMDA 1999, quand elles sont appliquées, sont loin de garantir la couverture de 35% des ANC. En effet, les pires scénarios du GPEMDA 1999 (obtenus en minimisant indépendamment chacun des micronutriments) génèrent toujours des menus contenant moins de 35% de l'ANC pour le micronutriment minimisé. En particulier, seulement 5% des ANC sont garantis pour les vitamines C et A.

c) Les recommandations du GPEMDA 1999 conduisent à un meilleur équilibre en macronutriments que la seule règle des 5 composantes. Notamment, les repas tirés au hasard et respectant le GPEMDA 1999 contiennent significativement moins de lipides (40,5% vs 43,1%), moins d'acides gras saturés (13,5% vs 14,8%) et plus de glucides (40% vs 38%) que les repas respectant la règle des 5 composantes. Toutefois, les repas respectant le GPEMDA 1999 sont loin de l'équilibre idéal puisque leur contenu en énergie (36,3% et 43% des ANC en énergie pour les enfants de 7-9 ans et les adolescents respectivement) et leur densité énergétique (1,51 et 1,65 kcal/g pour les enfants de 7-9 ans et les adolescents respectivement) sont trop élevés, de même que les % de lipides d'acides gras saturés (voir ci-dessus).

4) Est-il possible d'améliorer les recommandations du GPEMDA?

On peut montrer par PL que les fréquences maximales tolérées des aliments riches en graisses sont trop élevées dans le GPEMDA 1999. Nous avons donc rendu ces contraintes plus restrictives (Tableau 1). En outre, nous avons trouvé que certaines définitions, telles que "viandes rouges", "aliments de rapport P/L<1", "plat protéique avec matière première animale <70%", "Ca/portion des fromages et produits laitiers", n'étaient pas adéquates car elles ne permettaient pas de réduire l'apport lipidique total. Nous avons donc modifié les définitions de la plupart des catégories d'aliments pour notre proposition d'amélioration du GPEMDA (Proposition 2004). Le Tableau 1 montre les différences entre les définitions du GPEMDA 1999 et celles de notre Proposition 2004.

Pour diminuer significativement le % de lipides et d'acides gras saturés tout en incluant un produit laitier à chaque repas, nous avons dû réduire les portions de fromage (20g au lieu de 20-40g dans le GPEMDA 1999). En outre, nous avons imposé des huiles végétales riches en acides gras w3 et en vitamine E (voir exemples dans le paragraphe 2).

Par comparaison avec le GPEMDA 1999, notre Proposition 2004 conduit aux améliorations suivantes dans la qualité nutritionnelle des repas tirés au sort :

- diminution de l'apport énergétique total (34,2% et 39,4% des ANC en énergie pour les enfants de 7-9 ans et les adolescents respectivement) et de la densité énergétique des repas (1,38 et 1,49 kcal/g pour les enfants de 7-9 ans et les adolescents respectivement).

- amélioration significative de l'équilibre en macronutriments : approximativement 38-39 % de lipides et 12% d'acides gras saturés. De plus, le rapport w6/w3 est réduit à 7-8 et la teneur en glucides est augmentée à 42-43 %.
- maintien des apports en micronutriments, qui sont en moyenne supérieurs à 35% des ANC, sauf pour le calcium qui reste inférieur à 35%, comme avec le GPEMDA 1999. Puisque l'apport énergétique total est diminué, notre proposition améliore la densité nutritionnelle.
- Le pire scénario possible conduit à de meilleurs résultats avec notre proposition qu'avec le GPEMDA 1999. Toutefois, bien que notre proposition soit globalement plus satisfaisante sur le plan nutritionnel que le GPEMDA 1999, elle ne représente aucunement une garantie de couverture des ANC en micronutriments.

## Conclusion

Les recommandations diététiques actuellement en vigueur dans les cantines scolaires en France sont utiles mais insuffisantes puisqu'elles ne conduisent qu'à une amélioration modeste de la qualité nutritionnelle des repas par rapport à la simple règle des 5 composantes. Nous avons montré qu'il est possible de proposer des recommandations plus efficaces. Toutefois, comme toutes les recommandations basées sur les aliments, elles ne pourront jamais totalement garantir la satisfaction de recommandations basées sur les nutriments (ANC), à moins d'être très contraignantes et limitatives, ce qui n'est pas souhaitable. L'amélioration du GPEMDA que nous proposons peut être utile pour une période transitoire pendant laquelle un programme informatique convivial sera développé pour générer des milliers de menus nutritionnellement adéquats (respectant tous les ANC) et compatibles avec les habitudes et les goûts des enfants et adolescents français.

GPEMDA 1999	Notre Proposition (Juin 2004)
Entrées $\geq$ 15%lip 8/20 max Produits à frire > 15%lip 6/20 max Pâtisseries $\geq$ 15%lip 4/20 max	=> 4/20 max => 2/20 max => 2/20 max
Pain sans précision Crudités Fruits sans précision (15/20 min) Féculeux sans précision =10/20 Légumes cuits (50% min) =10/20	=> Pains variés => Crudités, en favorisant fruits riches en Vit C : (10+5)/20 min => Féculeux, en favorisant les féculeux non raffinés = (2+8)/20 => Légumes cuits (80% min.) = 10/20
Viandes Rouges (4/20 min)  Poisson P/L $\geq$ 2; $\geq$ 70% de poisson (4/20 min)	=> Viandes ou préparations comprenant 95% de viande min. $\leq$ 10% MG : 5/20 min (espèces différentes)  => Poisson ou préparations comprenant 95% de poisson min. 4/20 min, dont 2/20 poissons gras
Plats Protidiqes P/L $\leq$ 1 (2/20 max) Préparations $\leq$ 70% matières premières animales (4/20 max)	Plat Protidique : P/L toujours $\geq$ 0, 4 => Plat Protidique $\geq$ 10% MG (sauf poissons gras) : 5/20 max
Produits Laitiers : Ca/portion (30 à 40 g) $\geq$ 150 mg (10/20 min) Ca/portion $\leq$ 150 mg et $\geq$ 100 (8/20 min)	Produit Laitier : Ca/lip toujours > 2 => Pdts Laitiers Frais : 10/20 min (Ca/lip $\geq$ 35; $\leq$ 10%MG; sucres $\leq$ 15%) => Fromage $\geq$ 100mg Ca par portion de 20g : 5/20 min => Autre Produit Laitier : 5/20 max
	Desserts sucrés (>20% sucre) : 6/20 max

Tableau 1.

## Références

1. Lafay L, Volatier J-L, Martin A. La restauration scolaire dans l'enquête INCA. *Cah. Nutr. Diet.* 2002;37:36-44.
2. GPEMDA (Groupe Permanent d'Etude des Marchés de Denrées Alimentaires), Ministère de l'Economie. *Recommandation relative à la nutrition J3-99 du 6 Mai 1999*; Collection Marchés Publics: Edition 2001.
3. Martin A. Nutritional recommendations for the French population. *Sciences Aliments* 2001;21:317-458.
4. Programme National Nutrition Santé. La santé vient en mangeant. Le guide alimentaire pour tous. *INPES* 2002; Institut National de Prévention et d'Education à la Santé.
5. Briend A, Darmon N, Ferguson E, Erhardt JG. Linear programming: a mathematical tool for analyzing and optimizing children's diets during the complementary feeding period. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 2003;36:12-22.
6. Darmon N, Briend A. Consommations alimentaires, ANC et modélisation : utilisation de la programmation linéaire. In: Martin A, ed. *Apports nutritionnels conseillés pour la population française*. Paris: Lavoisier, 2001:452-7.
7. Darmon N, Ferguson E, Briend A. Do economic constraints encourage the selection of energy dense diets? *Appetite* 2003;41:315-22.
8. Darmon N, Ferguson EL, Briend A. A cost constraint alone has adverse effects on food selection and nutrient density: an analysis of human diets by linear programming. *J. Nutr.* 2002;132:3764-71.