

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES



THESE

Présentée par

Mme Aïta SARR CISSE

Pour obtenir le grade de

Docteur de Troisième Cycle en Nutrition et Alimentation

Intérêt de l'utilisation des isotopes stables dans la mesure de la production lactée et de la composition corporelle : effet de la supplémentation alimentaire durant la grossesse et l'allaitement sur la quantité, la qualité et les apports en nutriments du lait maternel et sur l'état nutritionnel des nourrissons

Soutenue le 06 Août 2004 devant la commission d'examen :

Président: Pr Amadou Tidiane GUIRO, Faculté des Sciences et Techniques, UCAD

Membres: Pr Salimata WADE, Faculté des Sciences et Techniques, UCAD

Pr Daniel LEMONNIER, INSERM, France

Dr Babou DIAHAM, Faculté des Sciences et Techniques, UCAD

Dr Biram NDIAYE, Coordonnateur du PRN, Programme de Nutrition du Sénégal

AVANT PROPOS

Ce travail a été réalisé au sein de l'Equipe de Recherche en Nutrition et Alimentation du Laboratoire de Physiologie Animale de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar sous la bienveillante direction scientifique du **Professeur Salimata Wade**, Responsable du DEA de Nutrition. Ce travail a bénéficié du soutien financier et matériel de l'Agence International d'Energie Atomique (AIEA) à travers un Programme de Coopération Technique entre l'AIEA et le Projet de Nutrition Communautaire du Gouvernement sénégalais, exécuté entre 1995 et 2002 par l'AGETIP (**Projet SEN 7003**). Ce travail a aussi bénéficié de l'appui financier et matériel de la Coopération Belge (PIP) et de la Fondation Ford. J'exprime mes remerciements à ces structures et leur témoigne toute ma reconnaissance.

Je tiens tout d'abord à exprimer mon respect et ma profonde gratitude au **Professeur Salimata Wade** pour la confiance qui l'a amené à me confier ce travail de recherche. Votre rigueur scientifique, votre attachement au travail bien fait, vos suggestions pertinentes, m'ont conduit sûrement à la réalisation de cette thèse qui est également le fruit de vos conseils avisés. Ce travail m'offre également l'opportunité de témoigner le rôle déterminant que vous avez joué dans l'émergence de nutritionnistes de haut niveau au Sénégal et dans la sous-région. Je vous remercie très sincèrement.

Au **Professeur Daniel Lemonnier** (INSERM, France). Je vous témoigne ma respectueuse admiration et vous adresse mes vifs remerciements pour avoir effectué plusieurs missions d'appui au Sénégal dans le cadre de ce travail. Je vous remercie également pour m'avoir accompagné tout au long du travail de rédaction de cette thèse par vos suggestions pertinentes.

Je remercie aussi les membres du jury qui ont bien voulu accepter spontanément de faire partie du jury de cette Thèse :

Au professeur Amadou Tidiane Guiro, (Maître de Conférences à la Faculté des Sciences et Techniques, Directeur Général de l'ITA). Après avoir contribué largement à ma carrière universitaire depuis le second cycle, votre contribution à ma formation au DEA de Nutrition a été remarquable. J'admire vos qualités relationnelles et votre

extrême gentillesse. Je suis très honorée par votre présence à la présidence de mon jury de thèse. Trouvez ici, l'expression de mes sincères remerciements.

Au Docteur Babou Diaham, (Maître-Assistant à la Faculté des Sciences et Techniques, Directeur de l'Office du Baccalauréat). Soyez remercié des riches enseignements dont j'ai bénéficié dans la maîtrise de la méthode de dilution isotopique à l'aide du FTIR. Vous m'avez également beaucoup apporté de votre expertise lors de l'exploitation statistique de mes données. Je vous remercie également d'avoir accepté de siéger dans le jury.

Au Docteur Biram Ndiaye, (Coordonnateur National du Programme de Renforcement de la Nutrition). Je vous témoigne mon admiration pour l'intérêt que vous portez sur tout travail de recherche et à l'excellence d'une manière générale. Vous représentez pour nous un modèle de compétence avéré dans la définition des politiques nutritionnelles. Je vous remercie pour avoir accepté de juger ce travail comme membre de jury.

Au Docteur Nicole Dossou (Maître-Assistante à la Faculté des Sciences et Techniques de l'UCAD). Soyez assurée de notre gratitude envers le soutien moral, l'encadrement scientifique et vos suggestions pertinentes dont nous avons bénéficié tout au long de ce travail. J'admire vos qualités relationnelles et votre extrême gentillesse. Sincères remerciements.

Mes remerciements vont aussi à Monsieur ***Magatte Wade*** qui fut le Directeur Général de l'AGETIP ainsi qu'à Monsieur ***Ibnou Anas Gaye*** qui fut le Directeur du PNC pour le rôle déterminant qu'ils ont joué pour nous avoir permis de faire du PNC un cadre de recherche à travers le Programme de Coopération Technique de l'AIEA. J'associe à ces remerciements les différents acteurs de terrain que représentent les Micro-entreprises Communautaires (MIC) qui étaient chargées de gérer les Centres de Nutrition Communautaire et les Maîtres d'Oeuvre Communautaire (MOC) qui étaient chargés de les superviser (***Rokhaya Cissé, Mbissine Ndiaye, Nar Seck, Mamadou Diokhané***).

Je remercie très sincèrement les femmes bénéficiaires du PNC au niveau de Grand Yoff, Arafat, Guédiawaye, Yarakh pour leur franche collaboration et leur disponibilité sans faille durant le travail de terrain. J'associe à ces remerciements les femmes qui ont accepté d'être des sujets témoins au cours de ce travail.

Mes remerciements vont également à l'endroit de l'ensemble du personnel du laboratoire du 'Medical Research Council – Human Nutrition Research' de Cambridge (Angleterre) particulièrement aux Docteurs *Les Bluck, Andy Coward* et *Antony Wright* pour m'avoir initié à la technique de la dilution isotopique et à l'utilisation de FTIR. Je les remercie également d'avoir mis à ma disposition le logiciel de calcul et le programme Excel mais aussi d'avoir contribué à la validation des données obtenues avec le FTIR.

Au Docteur Josiane Arnaud. Nous témoignons notre profonde gratitude pour sa collaboration sur le dosage du sélénium dans nos échantillons. Dans le cadre du dosage des minéraux, j'associe à ces remerciements mon collègue *Mamadou Ndiaye* pour sa collaboration.

Au Docteur Cheikh Saadbou Sarr. Trouvez ici ma profonde gratitude pour avoir assuré l'examen clinique des sujets dans le cadre de ce travail.

Au Docteur Matar Seck, Maître de Conférences, Doyen de la Faculté des Sciences et Techniques. Vos encouragements m'ont toujours été utiles. Malgré vos multiples charges, votre disponibilité a été indéfectible. Sincères remerciements. J'associe à ces remerciements les autres enseignants du Laboratoire de Physiologie Animale (*Dr Marième Cissé Thiam, Dr Nadina Leite, Dr Moustapha Diagne, Dr Mbacké Sembène*).

A mes amis et collègues du DEA de Nutrition Promotion 1998-1999 pour leur sincère collaboration (*Gnagna Ndiaye Mbaye, Mbayame Guèye Dione, Valérie Quenum Ndiaye, Nelly, El Hadji Issakha Diop, Lamine Guèye, Mamadou Ndiaye, Codé Thiaw, Kamnadji Ndoulo et feu Oyono*).

Remerciements aux étudiants de la 2^{ème} promotion du DEA de Nutrition pour leur collaboration (*Adama, Aïssatou, Aminata, Ndèye Fatou, Ndir, Moussa Ndong, Dominique, Diané, Amina Yaya, Syntiche, Laurette*). Une pensée pieuse à *Khoudia Gueye*, que la terre lui soit légère.

Remerciements aux étudiants de la 3^{ème} promotion du DEA de Nutrition pour leur collaboration également (*Nafissatou, Amina, Ndèye Suzanne, Marième, Rose, Khaly, Christian*).

Mes remerciements vont aussi:

A *Henriette Santos* qui a été une proche collaboratrice au sein du Laboratoire de Physiologie Animale. J'associe à ces remerciements tout le personnel d'appui (*Maguette Sall* et *Bouna*).

A *Cheikh Mohamed El Haded Ould Dehah* (chercheur Mauritanien associé à l'Equipe de Recherche en Nutrition). Vos encouragements, ayant pour socle la foi, m'ont été très utiles. En souvenir de notre collaboration, que ce travail soit l'expression d'une amitié indéfectible avec mon mari (*Dr Djibril Cissé*) avec qui vous avez partagé de grands moments de recherche scientifique au sein de l'Equipe de recherche en Nutrition.

Au *Docteur Aboubacry Thiam*, Chef d'équipe du projet BASICS II au Sénégal pour ces encouragements. J'associe à ces remerciements ses conseillers et chargés de programme en particulier *Coudy Wane Ly, et Safiétou Ndiaye Touré*.

Aux *Gestionnaires du projet « Initiative sur le leadership des femmes pour le développement et la démocratie »* à travers mon élection au titre de « *meilleure étudiante de l'année 2004* ». Je témoigne aux gestionnaires de ce projet né du partenariat entre l'UCAD et l'Université de Kansas aux Etats-Unis toute ma profonde gratitude pour leur confiance et leur encouragement.

Je remercie enfin toutes les personnes qui de près ou de loin m'ont soutenu dans mes études et qui ont permis la réalisation de ce travail.

Que le Bon Dieu Vous bénisse !

Je dédie ce travail



Ø A mon grand-père maternel « In mémorium »

Tu es parti sans nous avertir. Je ne t'oublierai jamais grand-père. Que DIEU te réserve une place parmi les meilleurs au paradis Amen.

Ø A ma grand-mère maternelle

Tu es une seconde mère pour nous. Que DIEU te laisse encore longtemps pour nous accompagner dans cette dure vie.

Ø A mon papa

Ce travail est le fruit des longs sacrifices que vous avez fait pour nous. Dans votre infini amour, vous avez dirigé nos pas jusqu'à ce jour. Je vous aime tant. Recevez à travers ce travail toute ma reconnaissance. Puisse Dieu vous laissez encore longtemps parmi nous.

Ø A ma maman

Femme patiente et exemplaire. Ce travail t'est dédié pour toutes les années de sacrifice. Que DIEU te donne une santé de fer et te prolonge la vie pour que vous puissiez continuer à éclairer ma lanterne.

Ø A mon mari

Les mots me manquent pour témoigner l'assistance, l'encadrement et l'appui indéfectible que j'ai bénéficié auprès de toi. Sois rassuré de ma toute profonde gratitude.

Ø A ma fille Fatoumata Cissé

Je t'adore ma fille, Que le Bon Dieu te protège et te garde pour que le cursus de tes parents puisse servir de modèle pour toi.

Ø A mes grands frères et sœurs

Astou, Abdoulaye, Haby, Macoumba, Diariétou, Mariétou, Mami, Awa, Pape, Maodo, NDèye et mention spéciale à Fatou, votre soutien ne m'a jamais fait défaut dans les péripéties de la vie. Trouvez ici le témoignage de toute ma reconnaissance.

Ø A mes beaux-frères

Moussa, Patrick, Marra, Pape Fall, Diouf, Dieng.

Ø A mes neveux et nièces

Aby, El Hadji, Marième, Cheikh, Papi, Abdou Aziz, Tina, Mouhamed, et Ndoumbé Arame

Ø A toutes les familles qui parviennent à maintenir leurs enfants bien portants dans un contexte de pauvreté.

Vous avez compris que la santé ne dépend pas uniquement des moyens.

SOMMAIRE

	Pages
I. INTRODUCTION	1
II. SUJETS ET METHODES	8
1. CADRE DE L'ETUDE	8
1.1. Bref rappel du Projet de Nutrition Communautaire (PNC)	8
1.2. Compositions des farines du PNC	8
1.3. Apports en nutriments des farines et de la bouillie	10
2. SUJETS	12
2.1. Bénéficiaires	12
2.2.1. Présentation des quartiers	12
a. Grand-Yoff	13
b. Arafat	13
c. Hann-Yarakh (Hann Bel-Air)	13
d. Wakhinane (Guédiawaye)	14
2.1.2. Cadre logique de la supplémentation	15
2.2. Les témoins	17
3. METHODES	17
3.1. Mesures anthropométriques des mères et des nourrissons	17
3.1.1. Mesure du poids	17
3.1.2. Mesure de la taille	17
3.1.3. Calcul des indices anthropométriques	18
3.2. Détermination de la quantité de lait ingérée par les nourrissons par la méthode de la dilution isotopique	18
3.2.1. Administration de la dose de deutérium aux mères	18
3.2.2. Prélèvements, traitement et conservation des échantillons	18
3.2.3. Dosage du deutérium par le Spectrophotomètre Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR)	19
3.2.3.1. Principe du FTIR	19
3.2.3.2. Opérations préalables	21
3.2.3.3. Analyse des échantillons	21

3.2.4. Mesure de la production lactée	22
3.2.4.1. Théorie de la modélisation	22
3.2.4.2. Modélisation des cinétiques biologiques du système mère – enfant	23
3.2.4.3. Composition corporelle de la mère	27
3.3. Détermination de la composition du lait maternel	27
3.3.1 Prélèvement du lait maternel	27
3.3.2. Détermination du contenu énergétique du lait maternel	28
3.3.2.1. Dosage du lactose	28
a. Principe	28
b. Mode opératoire	29
c. Calculs	29
3.3.2.2. Dosage des triglycérides	30
a. Principe	30
b. Mode opératoire	30
c. Calculs	31
3.3.2.3. Dosage des protéines	32
a. Principe	32
b. Mode opératoire	32
c. Calcul	33
3.3.2.4. Estimation de l'apport énergétique du lait maternel	34
3.3.3. Dosage des minéraux	34
3.3.3.1. Méthodes de dosage	34
3.3.3.2. Mode opératoire	35
a. Dosage du calcium, du magnésium, du sodium, du potassium et du Zinc	35
a.1. Dilution des échantillons de lait maternel et des laits de référence selon le minéral	35
a.2. Solutions standards et préparation des gammes étalons	35
a.2.1. Zinc	36
a.2.2. Calcium	36
a.2.3. Magnésium	36
a.2.4. Sodium	37
a.2.5. Potassium	37
b. Dosage du sélénium	38
3.3.3.4. Estimation des apports en minéraux du lait maternel	38

3.4. Questionnaire	38
3.5. Analyses statistiques	38
III. CARACTERISTIQUES DE LA POPULATION	40
1. EVOLUTION DE L'ECHANTILLON AU COURS DE L'ETUDE	40
2. CARACTERISTIQUES SOCIO-ECONOMIQUES DE LA POPULATION ETUDIEE	42
3. UTILISATION DES FARINES PNC AU SEIN DES FAMILLES	43
IV. EFFETS DE LA SUPPLEMENTATION ALIMENTAIRE SUR L'ETAT NUTRITIONNEL DE LA MERE	45
1. ANTHROPOMETRIE DES MERES	45
1.1. Caractéristiques selon le type de supplément reçu durant la grossesse	45
1.2. Prévalence du déficit énergétique chronique selon le type de supplément reçu	46
1.3. Caractéristiques selon la durée de la supplémentation durant la grossesse	46
1.4. Prévalence du déficit énergétique chronique selon la durée de la supplémentation	47
2. COMPOSITION CORPORELLE DES MERES	48
2.1. Composition corporelle selon le type de supplément reçu	48
2.2. Composition corporelle selon la durée de la supplémentation durant la grossesse	49
V. EFFETS DE LA SUPPLEMENTATION ALIMENTAIRE SUR LA QUANTITE ET LA QUALITE DU LAIT MATERNEL	50
1. QUANTITE DE LAIT MATERNEL INGEREES PAR LES NOURRISSONS PAR 24 H	50
1.1. Ingesta des nourrissons selon le type de supplément reçu par la mère	50
1.2. Ingesta des nourrissons selon la durée de la supplémentation des mères	50
1.3. Prévalence de l'allaitement maternel exclusif	51
1.3.1. A partir de la méthode de la dilution isotopique	51
1.3.2. A partir du questionnaire	52
2. CONCENTRATIONS EN MACRONUTRIMENTS ET EN MINERAUX DU LAIT MATERNEL	53
2.1. Concentrations en lactose, protéines, triglycérides et contenu énergétique du lait maternel	53
2.1.1. Concentrations lactose, protéines, triglycérides et contenu énergétique du lait maternel selon le type de supplément reçu durant la grossesse	53
2.1.2. Concentrations lactose, protéines, triglycérides et contenu énergétique du lait maternel selon la durée de la supplémentation pendant la grossesse	53
2.2. Concentrations en Ca, Mg, Zn, Se, Na et K du lait maternel	54
2.2.1. Concentrations en Ca, Mg, Zn, Se, Na et K du lait maternel selon le type	54

de supplément reçu durant la grossesse	
2.2.2. Concentrations en Ca, Mg, Zn, Se, Na et K du lait maternel selon la durée de la supplémentation pendant la grossesse	55
3. FACTEURS ASSOCIES A LA PRODUCTION LACTEE	56
4. APPORTS QUOTIDIENS EN ENERGIE, EN PROTEINES ET EN MINERAUX DU LAIT MATERNEL	57
4.1. Apports quotidiens en énergie et en protéines du lait maternel à l'âge de 3 mois	57
4.2. Apports quotidiens en Ca, Mg, Zn, Se, Na et K du lait maternel	59
4.2.1. Apports quotidiens en calcium du lait maternel	59
4.2.2. Apports quotidiens en magnésium du lait maternel	60
4.2.3. Apports quotidiens en zinc du lait	60
4.2.4. Apports quotidiens en sélénium du lait maternel	61
4.2.5. Apports quotidiens en sodium du lait maternel	62
4.2.6. Apports quotidiens en potassium du lait maternel	63
VI. IMPACT DE LA SUPPLEMENTATION SUR L'ETAT NUTRITIONNEL DES NOURRISSONS	65
1. CARACTERISTIQUES ANTHROPOMETRIQUES DES NOURRISSONS A L'AGE DE 1, 2 ET 3 MOIS	65
2. ETAT NUTRITIONNEL DES NOURRISSONS	66
2.1. Evolution de l'indice P(T) des nourrissons exprimé en Z-scores	66
2.2. Evolution de l'indice P(A) des nourrissons exprimé en Z-scores	67
2.3. Evolution de l'indice T(A) des nourrissons exprimé en Z-scores	68
3. FACTEURS ASSOCIES A L'ETAT NUTRITIONNEL DES NOURRISSONS A L'AGE DE 3 MOIS	69
VII. DISCUSSIONS	72
VIII. CONCLUSIONS	85
BIBLIOGRAPHIE	88
ANNEXES	104

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau II-1 : Composition des farines	9
Tableau II-2 : Apports en nutriments (/100g de matière sèche) des farines	10
Tableau II-3 : Apports en micronutriments (/100g de matière sèche) des farines	10
Tableau II-4 : Apports journaliers des bouillies PNC	11
Tableau II-5 : Hypothèses pour le calcul des flux d'eau et dispositions dans les études de production lactée	23
Tableau II-6 : Equations et hypothèses utilisées dans la détermination de la production lactée	26
Tableau III-1 : Caractéristiques socio-économiques de la population étudiée	42
Tableau III-2 : Modes de préparation des farines PNC	43
Tableau IV-1 : Caractéristiques anthropométriques des mères selon le type de supplément reçu	45
Tableau IV-2 : Prévalence du déficit énergétique chronique selon le type de supplément reçu	46
Tableau IV-3 : Caractéristiques anthropométriques des mères selon la durée de la supplémentation	47
Tableau IV-4 : Prévalence du déficit énergétique chronique selon durée de la supplémentation	48
Tableau IV-5 : Composition corporelle des mères selon le type de supplément reçu	48
Tableau IV-6 : Composition corporelle des mères selon la durée de la supplémentation	49
Tableau V-1 : Ingesta des nourrissons selon le type de supplément reçu par la mère	50
Tableau V-2 : Ingesta des nourrissons selon la durée de la supplémentation de la mère	51
Tableau V-3 : Quantités de lait ingéré par 24h selon les différentes pratiques alimentaires des nourrissons	52
Tableau V-4 : Concentrations en lactose, protéines, triglycérides et contenu énergétique du lait maternel	53
Tableau V-5 : Concentrations en lactose, protéines, triglycérides et contenu énergétique du lait maternel selon la durée de la supplémentation pendant la grossesse	54

Tableau V-6 : Concentrations en minéraux du lait maternel selon le type de supplément reçu	55
Tableau V-7 : Concentrations en minéraux du lait maternel selon la durée de la supplémentation pendant la grossesse	56
Tableau V-8 : Apports quotidiens en énergie et en protéines du lait maternel	58
Tableau VI-1 : Caractéristiques anthropométriques des nourrissons à l'âge de 1, 2 et 3 mois	65
Tableau VI-2 : Variables associées à l'indice P(T) des nourrissons à l'âge de 3 mois	69
Tableau VI-3 : Variables associées à l'indice T(A) des nourrissons à l'âge de 3 mois	70

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 2-1 : Carte de Dakar : Localisation des zones d'étude	12
Figure 2-2 : Cadre logique de la supplémentation	16
Figure 2-3 : Schéma d'un interféromètre	20
Figure 2-4 : Relation entre les concentrations théoriques et les concentrations expérimentales du FTIR	21
Figure 2-5 : Modélisation du système mère-nourrisson	24
Figure 3-1 : Evolution de l'échantillon de l'étude de la production lactée	41
Figure 5-1 : Répartition des nourrissons en fonction du mode d'allaitement	51
Figure 5-2 : Association entre la quantité de lait et les apports autres que le lait maternel	57
Figure 5-3 : Apports quotidiens en calcium du lait maternel	59
Figure 5-4 : Apports quotidiens en magnésium du lait maternel	60
Figure 5-5 : Apports quotidiens en zinc du lait maternel	61
Figure 5-6 : Apports quotidiens en sélénium du lait maternel	62
Figure 5-7 : Apports quotidiens en sodium du lait maternel	63
Figure 5-8 : Apports quotidiens en potassium du lait maternel	64
Figure 6-1 : Evolution de l'indice P(T) des nourrissons âgés de 3 mois	66
Figure 6-2 : Evolution de l'indice P(A) des nourrissons âgés de 3 mois	67
Figure 6-3 : Evolution de l'indice T(A) des nourrissons âgés de 3 mois	68

I : INTRODUCTION

Les femmes en âge de procréer constituent un groupe à risque de malnutrition pluri-carentielle particulièrement dans les pays en développement (PED) (Villar & al., 2003) où coexistent le plus souvent une alimentation inadéquate et une activité physique importante. En l'absence de mesures anthropométriques ou biologiques, le poids à la naissance du nourrisson est utilisé comme indicateur de l'état nutritionnel de la mère durant la grossesse. Plusieurs constats biologiques et épidémiologiques montrent qu'un déficit nutritionnel aiguë ou chronique peut être à l'origine d'une morbidité maternelle sévère (Villar & al., 2003). Chez la mère, l'une des conséquences majeures de cette malnutrition est un risque plus important de complications durant l'accouchement et un faible poids de naissance du nourrisson (FPN : poids < 2500 g). En effet, dans un numéro spécial publié par l'OMS et consacré à la relation entre les paramètres anthropométriques de la mère et l'accouchement, de nombreuses études ont montré que les femmes de petite taille (résultant le plus souvent d'une malnutrition durant leur petite enfance donc d'une malnutrition chronique) sont plus sujettes à des accouchements assistés (WHO, 1995).

Dans les PED, seuls 6,7% des FPN sont dus à la prématurité, la plus grande proportion des FPN découle d'un retard de croissance intra-utérine (ACC/SCN, 2001). Ce retard de croissance intra-utérine (RCIU) touche 14 à 20 millions de nourrissons par année (de Onis & al., 1998) et atteint 30 millions dans certaines régions de l'Asie (ACC/SCN, 2000). Les causes de ce RCIU sont complexes et multiples. En effet, la croissance *in utero* peut être limitée par la taille du placenta, qui lorsqu'il est anormalement petit ne joue pas son rôle actif de transfert des nutriments de la mère vers le fœtus. La malnutrition, le paludisme, l'anémie, l'infection aiguë ou chronique sont parmi les facteurs maternels qui affectent le plus la taille du placenta (ACC/SCN, 2000). A ces facteurs s'ajoutent la primiparité et les grossesses multiples (Prada & Tsang, 1998). Le déterminant principal du FPN est l'état nutritionnel de la mère à la conception, son faible gain de poids pendant la grossesse dus à une alimentation inadéquate et sa petite taille résultant le plus souvent de sa malnutrition durant l'enfance (Kramer, 1987).

Les conséquences immédiates de ce faible poids à la naissance sont une augmentation de la morbidité et de la mortalité infanto-juvéniles (Ashworth, 1998). Une étude conduite au Brésil a montré que ces enfants ont deux fois plus de risque de développer des épisodes diarrhéiques que les enfants nés avec un poids ≥ 2500 g, (Victora & al., 1990). Le même risque est obtenu pour la pneumonie ou les infections respiratoires aiguës et ce risque est 3 fois plus important pour les enfants ayant un poids < 2000 g (Victora & al., 1990 ; Cerqueiro & al., 1990 ; Fonseca & al., 1996). Une augmentation de la mortalité péri-néonatale est également observée chez ces enfants avec des études menées au Brésil, en Indonésie et au Soudan montrant des taux de mortalité de 67%, 40% et 35% respectivement

(Barros & al., 1992 ; Kusun & al., 1989 ; Taha & al., 1993). Les conséquences de ce FPN se poursuivent probablement durant toute la vie avec à l'âge adulte une augmentation du risque de maladies chroniques à savoir, l'hypertension artérielle, les maladies coronariennes et le diabète de type II (Barker, 1993 ; Leon, 1998).

Ainsi, plusieurs études se sont focalisées sur l'alimentation maternelle suite à la forte association trouvée entre l'état nutritionnel de la mère et celui du nourrisson. '*Nourrir la mère plutôt que l'enfant*' (Prentice & al., 1983). La supplémentation globale de l'alimentation et/ou en nutriments spécifiques durant la grossesse et/ou l'allaitement, a été ainsi adoptée comme stratégie d'intervention dans les PED. Plusieurs essais de supplémentation alimentaire de la femme enceinte ont montré une réduction de l'incidence du faible poids à la naissance (Norton, 1994 ; Kramer, 1999). Les travaux menés en Gambie (Prentice & al., 1983 ; Ceesay & al., 1997) ont montré un effet de la saison sur l'efficacité de la supplémentation. En effet, une augmentation de 224 g du poids à la naissance et une réduction de 28,2% à 4,7% de l'incidence du faible poids à la naissance ont été observées uniquement pendant la saison humide chez les femmes gambiennes qui ont reçu un supplément énergétique pendant 12 mois.

Jusqu'à récemment, le 3^{ème} trimestre de la grossesse a été choisi comme période d'intervention puisqu'il correspond à une phase de croissance rapide du fœtus. Une intervention précoce ne serait bénéfique que pour la mère (ACC/SCN, 2001). Cependant, des études plus récentes contredisent ces résultats et montrent qu'une intervention durant le 1^{er} ou le 2nd trimestre aurait un effet significatif sur le poids à la naissance (Li & al., 1998 ; Smith & al., 1998 ; Strauss & Dietz, 1999). La durée de la supplémentation pendant la grossesse reste donc une question d'actualité.

La majorité des études portant sur les effets de la supplémentation pendant la grossesse et/ou l'allaitement se sont focalisées sur le gain de poids de la mère et le poids à la naissance du nourrisson. Seuls quelques travaux ont été menés sur la relation entre la supplémentation alimentaire pendant la grossesse et/ou l'allaitement et la production lactée. Ces travaux donnent des résultats contradictoires. En effet, les études menées durant la grossesse au Mexique et en Inde, ou durant l'allaitement au Guatemala, en Inde, en Birmanie, montrent que la supplémentation alimentaire entraîne une augmentation significative de la quantité de lait maternel. Ce résultat n'a pas été retrouvé en Gambie, en Indonésie et au Zaïre (Prentice & al. 1980, 1983 ; Van Steenbergen & al., 1989 ; Donnen & al. 1997).

Au Mexique, Chavez & Martinez (1980) ont conduit une étude longitudinale de 2 ans sur 34 femmes bien portantes sélectionnées durant la grossesse. Durant la première année, la consommation alimentaire de 17 femmes allaitantes a été évaluée et leur production lactée estimée par la méthode par pesée différentielle. Ces femmes ont été considérées comme

témoins par rapport à celles qui, au cours de la deuxième année de l'étude, ont reçu un supplément alimentaire sous forme de lait enrichi en vitamines et minéraux susceptible d'apporter 300 kcal et 20 g de protéines par jour. La supplémentation a commencé durant la grossesse et s'est poursuivie après l'accouchement. Ainsi, la quantité totale d'énergie consommée par jour était de 2365 kcal/j chez les femmes supplémentées et 2040 kcal chez les femmes non-supplémentées. Durant les 3-4 premiers mois de l'allaitement, une augmentation de 15% de la quantité de lait produite a été observée chez les femmes supplémentées.

En Inde, **Girija & al. (1984a)** ont mené une étude sur 20 femmes enceintes, au dernier trimestre de leur grossesse, caractérisées par un niveau socio-économique faible. Elles ont été réparties de façon randomisée dans 2 groupes où l'un a reçu une supplémentation alimentaire susceptible d'apporter 417 kcal et 30 g de protéines par jour durant le dernier trimestre de la grossesse et l'autre n'étant pas supplémenté. Une enquête de consommation alimentaire a été effectuée dans les 2 groupes durant le dernier trimestre de la grossesse et pendant les 3 premiers mois post-partum. A 3 mois post-partum, les auteurs rapportent une augmentation significative de 307 g de la quantité de lait produite par les femmes supplémentées par rapport aux femmes non-supplémentées. **Girija & al., (1984b)** confirment leurs résultats sur 20 femmes allaitantes bénéficiaires d'une supplémentation qui a démarré 10 jours après l'accouchement. Selon ces auteurs la supplémentation durant l'allaitement augmente de façon significative la production lactée.

En Birmanie, ce sont 21 femmes allaitant des nourrissons âgés de 1 à 4 mois souffrant de malnutrition définie par leur poids par rapport à leur taille qui ont été réparties de façon randomisée dans deux groupes où l'un recevait un aliment de supplément sous forme de viande rôtie (**Naing & Oo, 1987**). Durant 14 jours, le supplément consommé deux fois par jour avec les repas, constituait un apport énergétique quotidien de 906 kcal et 40 g de protéines. Malgré la durée très courte de la supplémentation, les auteurs trouvent une augmentation significative de la quantité de lait attribuée à la supplémentation.

Une étude randomisée à double aveugle sur un échantillon beaucoup plus grand de 102 femmes allaitantes dont 53 souffraient de malnutrition a été effectuée au Guatemala par **Gonzalez-Cossio & al., (1998)**. L'aliment de supplément était sous forme de biscuit distribué 6 fois par semaine à partir de 1 mois jusqu'à 6 mois post-partum, à l'heure du goûter. Les femmes réparties en deux groupes ont reçu, soit le biscuit à haute valeur énergétique (2,14 MJ ; 12,5 g de protéines ; 543 UI de vitamine A ; 2,2 mg de niacine ; 51,7 µg de folate, 2,4 mg de fer et 1,5 mg de zinc), soit le biscuit à faible valeur énergétique (0,5 MJ ; 3,7 g de protéines ; 39,2 UI de vitamine A ; 2,2 mg de niacine ; 14,9 µg de folate ; 1,9 mg de fer et 1,5 mg de zinc). Au bout de 6 mois de supplémentation, une augmentation significative de la

production lactée a été observée chez les femmes ayant bénéficié de l'aliment à haute valeur énergétique et cet effet était beaucoup plus prononcé chez les femmes les plus malnutries.

Contrairement à ces travaux montrant un effet positif de la supplémentation sur la production lactée, d'autres menés par **Prentice & al., (1980, 1983)** ; **Donnen & al., (1997)** et **Van Steenbergen & al., (1989)** montrent que la supplémentation durant la grossesse et/ou l'allaitement ne modifie pas la production lactée. Une des rares études où la supplémentation a été strictement contrôlée a été conduite en Gambie (située à l'intérieur du Sénégal) par **Prentice & al. (1980, 1983)**. C'est une étude longitudinale où les femmes constituaient leurs propres témoins. Durant la première phase de l'étude, la consommation alimentaire et la production lactée de toutes les femmes allaitantes (120) ont été évaluées pendant 12 mois. Dans la deuxième phase, ces femmes et celles qui venaient d'accoucher (130) ont bénéficié pendant 12 mois d'une supplémentation alimentaire sous forme de biscuit et de thé enrichi. La supplémentation apportait pour 100 g de biscuit et de thé 546 kcal, 20,3 g de protéines, 27,1 g de lipides, 25,5 mg de calcium, 470 µg de riboflavine, 340 µg de vitamine A et 10 mg de vitamine C. Durant la saison sèche, la supplémentation était de 195 g de biscuit et 380 ml de thé, 65 g de biscuit ont été ajoutés durant la période de soudure. Au bout de 12 mois, la supplémentation n'a pas eu d'effet sur la quantité de lait produite estimée par la méthode par pesée différentielle.

Dans trois villages de l'Indonésie, **Van Steenbergen & al. (1989)** ont sélectionné toutes les femmes au dernier trimestre de la grossesse pour prendre part à une étude de supplémentation alimentaire. Cent huit femmes ont été réparties de façon randomisée dans deux groupes de sujets où l'un recevait un supplément à haute densité énergétique (465 kcal et 7,1 g de protéines) et l'autre où la densité était réduite à 52 kcal et 6,2 g de protéines. Les suppléments étaient des poudres à reconstituer avec 200 ml d'eau par l'enquêteur le jour de l'administration. La supplémentation a été effectuée chaque matin sous le contrôle de l'enquêteur jusqu'à l'accouchement. La production lactée a été évaluée par la méthode par pesée une semaine après la naissance jusqu'à 7 mois post-partum. A la fin de l'étude, aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes. Les auteurs en ont conclu que la supplémentation alimentaire durant le dernier trimestre de la grossesse n'était pas suffisante pour induire une modification de la production lactée.

Au Zaïre, une étude de supplémentation a été conduite chez 83 femmes rurales souffrant de déficit protéique et allaitant des nourrissons âgés de 2 à 4 mois (**Donnen & al., 1997**). La supplémentation a été effectuée avec du lait de vache constituant un apport énergétique de 500 kcal et 18 g de protéines. Ainsi, pendant 4 mois, 600 ml de lait ont été distribués chaque matin aux femmes bénéficiaires par des enquêteurs. Les femmes ont été subdivisées selon leur état nutritionnel défini par leur indice de masse corporelle et la valeur

de leur albumine sérique en 4 groupes : celles souffrant à la fois d'un déficit énergétique et protéique, celles souffrant d'un déficit protéique seulement, celles souffrant d'un déficit énergétique seulement et celles ne présentant pas de déficit. L'étude a été effectuée en saison sèche et en saison humide. L'état nutritionnel des mères s'est améliorée au bout de 2 mois de supplémentation mais aucun effet de la supplémentation sur la production lactée n'a été observé.

Pour l'ensemble de ces études, la production lactée a été évaluée par la méthode par pesée différentielle qui consiste à peser le nourrisson avant et après chaque tétée. Dans les pays en développement, et particulièrement en Afrique, l'utilisation de cette technique présente quelques limites. La fréquence élevée des tétées nécessite des balances de grande précision pour apprécier les faibles variations du poids du nourrisson observées à la fin d'une tétée. De plus, la plupart des mères des PED n'étant pas instruites pour effectuer les pesées elles-mêmes, la présence permanente d'un enquêteur peut entraîner une modification du réflexe d'éjection de la mère (**Brown & al., 1982 ; Coward, 1984 ; Neville, 1995**). Cette méthode peut également sous estimer la production lactée suite à une extrapolation des tétées nocturnes car dans la plupart des cas, pour des raisons de commodité, les mesures sont effectuées le jour. Il est donc possible que l'imprécision des mesures explique les différences observées dans ces interventions.

Ces observations ont amené **Coward & al. (1979)** à proposer puis à modifier en **1982**, une méthode non invasive (la dilution isotopique) basée sur les isotopes stables de l'hydrogène et de l'oxygène en l'occurrence le deutérium et l'oxygène 18. Elle a l'avantage de permettre, sur une période de plusieurs jours et sans intervenir pendant cette période, la mesure de la production lactée par 24 heures, et non plus seulement de jour. La méthode fut validée par rapport à la méthode par pesée par d'autres études où les tétées nocturnes sont prises en compte (**Fjeld & al., 1988 ; Butte & al., 1988 ; Infante & al., 1985 ; Lucas & al., 1987**). Cependant, la plupart des mesures utilisant la méthode de la dilution isotopique ont effectué les dosages par Spectrométrie de Masse à Rapport Isotopique (SMRI) qui malgré sa grande précision, est coûteuse et nécessite beaucoup de temps pour les analyses. De plus, sa maintenance requiert une grande expertise. Son utilisation est donc limitée dans les PED. Une méthode alternative, la Spectrométrie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR), a été proposée par certains auteurs (**Conway & al., 1992**) qui ont montré que le FTIR pouvait donner des valeurs aussi précises que celles du SMRI à condition d'augmenter la dose d'isotope pour tenir compte de la moindre sensibilité du FTIR. Ainsi, **Conway & al. (1992)** ont comparé chez des femmes indonésiennes les doses de 20 ou 30 g d'eau enrichie en deutérium et ont conclu que le FTIR et le SMRI donnaient des résultats comparables avec une

dose de 30 g de deutérium. L'utilisation du FTIR fut par la suite testée et validée par d'autres études expérimentales (**Fusch & al., 1993 ; Jennings & al., 1995 ; Jennings & al., 1999**).

En outre, peu d'études se sont intéressées à la relation entre la supplémentation alimentaire de la mère, la production lactée et l'état nutritionnel des nourrissons (**Donnen & al., 1997 ; Girija & al., 1984a ; 1984b ; Gonzalez-Cossio & al., 1998**). Si **Girija & al. (1984a, 1984b)** trouvent une amélioration de l'état nutritionnel des nourrissons des femmes supplémentées, les travaux de **Gonzalez-Cossio & al. (1998)** par contre ne montrent aucune relation entre la supplémentation de la mère et l'état nutritionnel des nourrissons malgré l'augmentation de la quantité de lait des femmes supplémentées.

Une amélioration de l'état nutritionnel du nourrisson par une supplémentation alimentaire de sa mère peut être le résultat d'une augmentation de la production lactée de la mère et/ou d'une amélioration de la valeur nutritionnelle du lait produit, amélioration qui peut porter sur sa densité protéino-énergétique et/ou sur la teneur en nutriments spécifiquement nécessaires à la croissance staturo-pondérale (**Hininger & al., 2004**). Connaissant la quantité de lait consommée par le nourrisson par la dilution isotopique au deutérium, il devenait fort intéressant de mesurer certains nutriments du lait maternel dans le but de mieux définir les apports des nourrissons. Par ailleurs, il a été montré que la courbe de croissance des enfants PED divergeait de celle des enfants des pays développés à partir de l'âge de 3-4 mois (**Waterlow & al., 1980 ; OMS, 1987**). Cette divergence peut provenir d'une quantité insuffisante de lait maternel ingéré par le nourrisson (**OMS, 1987**), de la non couverture par le lait maternel de certains besoins indispensables à la croissance de l'enfant (**OMS, 1987**), ou de l'introduction précoce d'aliments de sevrage peu énergétiques et pauvres en nutriments essentiels (**WHO, 1998**).

Objectifs de l'étude

Au Sénégal, le Projet de Nutrition Communautaire (PNC) financé par le Gouvernement du Sénégal, la Banque Mondiale, le Programme Alimentaire Mondial et la Coopération Allemande (KFW), avait intégré dans sa stratégie d'intervention, un volet supplémentation alimentaire dans les milieux défavorisés péri-urbains, destiné aux femmes enceintes au dernier trimestre de la grossesse et aux femmes allaitant un nourrisson de moins de 6 mois. L'aliment de supplément composé de produits locaux était enrichi en vitamines et minéraux. Cette intervention paraissait bien nous convenir pour tester notre hypothèse de recherche à savoir si la supplémentation et sa durée durant la grossesse et l'allaitement pouvait avoir une influence sur la quantité de lait produite par 24h et sur l'état nutritionnel de la mère et du nourrisson. Ainsi,

l'objectif général de notre étude est d'évaluer l'effet de cette supplémentation alimentaire au cours du dernier trimestre de grossesse et pendant les trois premiers mois post-partum sur la composition corporelle des mères, sur la quantité et la qualité du lait maternel et sur la croissance des nourrissons à l'âge de 3 mois.

Nos objectifs spécifiques sont de :

- Mesurer la quantité de lait produite par 24 h par les mères à 3 mois post-partum par la méthode de la dilution isotopique au deutérium (isotope stable) à l'aide de FTIR
- Déterminer la composition en lactose, protéines, triglycérides, calcium, magnésium, zinc, sélénium, sodium et potassium du lait maternel
- Quantifier les apports en ces nutriments par 24h du lait maternel
- Evaluer l'effet de la durée de la supplémentation sur la composition corporelle des mères ainsi que sur la quantité et la qualité du lait maternel.
- Evaluer l'impact de la supplémentation sur l'état nutritionnel des nourrissons.

La présentation de la thèse est subdivisée en 8 parties suivantes :

Partie I : Introduction

Partie II : Sujets et méthodes

Parties III, IV, V et VI : Résultats

Partie VII : Discussions

Partie VIII : Conclusions

II : SUJETS ET METHODES

1. CADRE DE L'ETUDE

1.1. Bref rappel du Projet de Nutrition Communautaire (PNC)

Il s'agit d'une intervention à base communautaire s'appuyant sur les associations, les groupements féminins et de jeunes des quartiers ciblés (**World Bank / AGETIP, 1995**). Les services offerts sont assurés par des Micro Entreprises Communautaires (MIC) sous la supervision d'un Maître d'Oeuvre Communautaire (MOC) et sont :

- suivi / promotion de la croissance,
- éducation en matière de nutrition-santé, grâce aux séances d'information, éducation et communication (IEC),
- supplémentation alimentaire.

L'aliment de supplément distribué hebdomadairement est composé de produits locaux (mil ou maïs, arachide, niébé, sucre, vitamines, minéraux) mélangés sous forme de farine. Il est fabriqué localement et financé par le Programme Alimentaire Mondial (PAM). Les bénéficiaires sont les enfants de 6 à 36 mois, les femmes enceintes et les femmes allaitant un bébé âgé de moins de 6 mois. Au début, l'aliment de complément est exclusivement à base de mil. Cependant, au cours de l'étude, le PAM a décidé de remplacer le mil par du maïs.

Le comité local de pilotage (CLP) composé d'élus locaux assure la liaison entre le PNC et la communauté. L'exécution du projet est confiée à l'Agence d'Exécution des Travaux d'Intérêts Publics (AGETIP).

1.2. Composition des farines du PNC

La composition des farines du PNC est présentée dans le tableau II-1.

Tableau II-1 : Composition des farines

	Farine de mil	Farine de maïs
Céréale de base (%)	55,0	60,6
Niébé (%)	23,6	18,0
Arachide (%)	11,0	9,0
Sucre (%)	10,0	12,0
Complexe vitamine minéral (CMV) (%)	0,34	0,40
<i>Calcium (mg)</i>	100	123
<i>Zinc (mg)</i>	8	6,15
<i>Fer (mg)</i>	6	9,84
<i>Vitamine A (UI)</i>	1300	1600
<i>Vitamine C (mg)</i>	30	36,9
<i>Niacine (mg)</i>	5	6,64
<i>Vitamine B₁ (µg)</i>	100	123
<i>Vitamine B₂ (µg)</i>	400	492
<i>Vitamine B₁₂ (µg)</i>	1	1,23
<i>Acide folique (µg)</i>	50	61,5

Dans la farine à base de maïs, la proportion de la céréale de base est plus importante que dans la farine à base de mil. Les proportions du niébé et de l'arachide sont revues à la baisse contrairement à celle du sucre qui est augmentée. Il en est de même du taux d'incorporation du complexe vitamine-minéral.

Les CMV utilisés dans les farines sont fabriqué par Nutriset (Malaunay, France). A l'exception du Zinc, la quantité de tous les minéraux et les vitamines a été légèrement augmentée dans le CMV utilisé dans la farine à base de maïs.

1.3. Apports en nutriments des farines et de la bouillie

Les apports en macronutriments des farines sont déterminés par dosage (Sy, 1999) alors que ceux en micronutriments sont estimés à l'aide du logiciel **Worldfood 2.0 (FAO, 1996)** et de l'apport des CMV.

Les résultats sont présentés dans les tableaux II-2 et II-3.

Tableau II-2 : Apports en macronutriments des farines (/100g de matière sèche)

	Farine de mil	Farine de maïs
Glucides (g)	74	78
Protéines (g)	17	15
Lipides (g)	10	8
Fibres (g)	4	5
Cendres (g)	2	2
Energie (kcal)	448	434

Tableau II-3 : Apports en micronutriments des farines (/100g de matière sèche)

	Farine de mil	Farine de maïs
Calcium (mg)	149	157
Magnésium (mg)	66	126
Zinc (mg)	11	9
Fer (mg)	11	15
Potassium (mg)	398	396
Sodium (mg)	10	27
Vitamine A (UI)	1407	1722
Vitamine C (mg)	32	40
Niacine (mg)	9	11
Vitamine B₁ (µg)	367	519
Vitamine B₂ (µg)	562	700
Vitamine B₁₂ (µg)	1	1

La bouillie constitue la principale forme de consommation des farines. Ainsi, une estimation de l'apport en nutriments des bouillies est effectuée sur la base des résultats de l'enquête sur l'utilisation de la bouillie PNC à base de maïs (Wade & al., 2000) qui a montré que la consommation journalière de bouillie par les femmes est en moyenne de **467 g** correspondant à une consommation journalière de farine PNC de **79 g**.

Tableau II-4 : Apports journaliers des bouillies PNC

	Farine de mil	Farine de maïs	Valeurs recommandées	% par rapport aux recommandations	
				Farine de mil	Farine de maïs
Protéines (g)	12,5	10,5	60 ^a	21	18
Energie (kcal)	321	311	2500 ^a	13	13
Calcium (mg)	109	115	1200 ^b	9	10
Magnesium (mg)	48	92	220 ^b	22	42
Zinc (mg)	8	6	10 ^b	79	63
Fer (mg)	8	11	-	-	-
Potassium (mg)	291	291	4700 ^c	6	6
Sodium (mg)	7	20	2300 ^c	0,3	1
Vitamine A (UI)	1027	1266	2660 ^b	39	48
Vitamine C (mg)	24	29	55 ^b	43	53
Niacine (mg)	6	8	18 ^b	35	44
Vitamine B₁ (μg)	268	381	1400 ^b	19	27
Vitamine B₂ (μg)	410	515	1400 ^b	29	37
Vitamine B₁₂ (μg)	0,8	1	2,6 ^b	31	38
Acide folique (μg)	39	49	600 ^b	7	8

^a RDA (1992), ^b FAO/OMS (2003), ^c Institute of Medicine, National Academy of Science (2004)

2. SUJETS

Avant le recrutement, plusieurs réunions de sensibilisation impliquant les comités locaux de pilotage, les Micro-entreprises Communautaires (MIC), les Maîtres d'œuvre Communautaire (MOC) et le médecin du projet sont menées dans le but d'expliquer le protocole et d'obtenir le consentement éclairé des femmes et celui de leurs maris. L'approbation du comité d'éthique de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar a été obtenue avant le démarrage de l'étude. L'étude a été menée avec la collaboration de l'AGETIP et du médecin du PNC.

2.1. Bénéficiaires

Quatre quartiers de Dakar, à savoir Arafat, Grand-Yoff, Wakhinane et Hann-Yarakh sont retenus pour servir de zone d'étude et toutes les femmes enceintes inscrites dans les centres de nutrition communautaire de ces zones sont recrutées.

L'étude chez les bénéficiaires s'est déroulée en deux étapes :

- la première allant de Décembre 1998 à Juin 1999 où 69 femmes sont recrutées dans les quartiers de Arafat et Grand-Yoff
- et la deuxième allant de Décembre 1999 à Juin 2000 où 72 femmes sont recrutées dans les quartiers de Wakhinane et Hann-Yarakh.

Au total 141 femmes enceintes recrutées par le PNC au dernier trimestre de grossesse et devant recevoir la farine pendant au moins 6 mois sont incluses dans l'étude. Parmi ces femmes, 69 ont reçu la farine à base de mil (groupe Mil) et 72 celle à base de maïs (groupe Maïs).

2.2.1. Présentation des quartiers

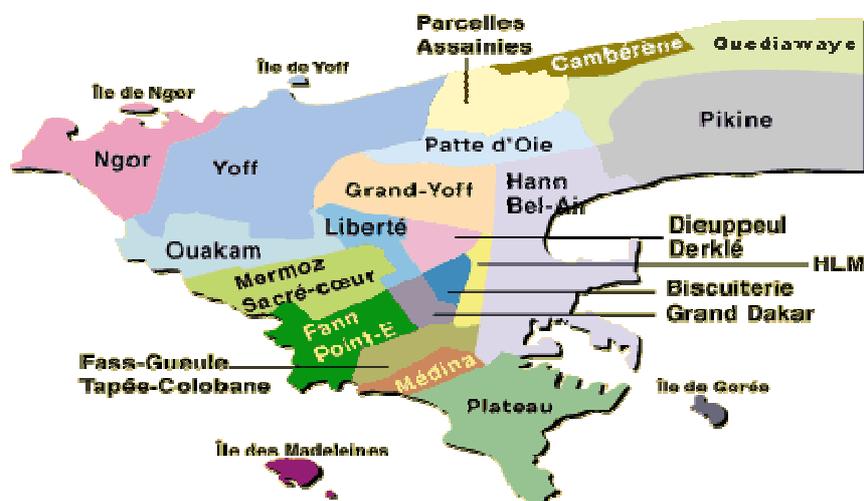


Figure 2-1 : Carte de Dakar : Localisation des zones d'étude

a. Grand-Yoff

A la charnière de la ville de Dakar et de ses extensions lointaines (Parcelles Assainies, Pikine, Guédiawaye), la commune d'arrondissement de Grand-Yoff est une agglomération située à la périphérie immédiate et dans l'axe de croissance de la ville. Vers les années 50, Grand-Yoff était une zone spontanée de relogement des familles déguerpies de Dakar. Cette commune peut être divisée en 4 grands ensembles : Khar Yalla, HLM Grand-Yoff, Arafat et Grand-Yoff.

L'évolution socio-démographique de Grand-Yoff se traduit par l'occupation de tous les espaces existants dans le territoire communal. Sa situation géographique en fait un quartier de choix des populations venues des autres régions mais également des autres pays de la sous-région. Ainsi, on y rencontre toutes les couches sociales et toutes les catégories socioprofessionnelles. Cependant, neuf personnes actives sur dix évoluent dans le secteur informel. Les populations sont également exposées à des problèmes d'ordre environnemental. En effet, suite à l'occupation spontanée, certaines zones sont sujettes à des inondations pendant l'hivernage. De même, l'absence de réseaux d'assainissement adéquat pour l'évacuation des eaux usées et pluviales et d'un dispositif régulier de collecte des ordures ménagères engendrent de graves conséquences sur l'environnement et la santé des populations.

b. Arafat

Né en 1973, le quartier de Arafat appartient à l'actuelle commune d'arrondissement de Grand-Yoff. Sa superficie est estimée à 148 ha et comme tous les quartiers de Grand-Yoff, Arafat est à ses débuts, une zone spontanée occupée irrégulièrement par les familles déguerpies du centre ville de Dakar. Sa population est diverse et est composée de ressortissants venus de toutes les régions du Sénégal et même des pays limitrophes comme la Guinée – Bissau. A Arafat, la rue est le principal lieu de déversement des eaux usées et de transvasement de nombreuses fosses septiques ayant atteint leur charge de rupture car le service de vidange est cher par rapport aux revenus faibles des familles. L'insalubrité, la pauvreté des ménages, l'analphabétisme, plus accentué chez les femmes, sont à l'origine de prévalences élevées de maladies et de malnutrition. Cette situation a amené la Commission Nationale de Lutte Contre la Malnutrition à porter son choix sur Arafat pour les besoins de la phase pilote du Projet de Nutrition Communautaire.

c. Hann-Yarakh (Hann Bel-Air)

Fondé en 1914, le village de Yarakh fait partie des villages traditionnels lébous. A cheval entre les communes de Dakar - Plateau et de Pikine, le village de Yarakh

officiellement appelé Hann est situé à droite du boulevard du Centenaire de la commune de Dakar en allant vers Rufisque. Sa position géographique en fait un lieu d'habitation ciblé par les populations venant des différentes régions du pays. Ainsi, en dehors des Lébous et Walo-Walo (Oulofs) on y rencontre des Sérères, des Diolas, des Hal Pulars... La population est inégalement répartie dans l'espace. Les fortes pressions démographiques sont notées dans les quartiers de Hann Village et Hann Pêcheurs. L'habitat est de type irrégulier à caractère traditionnel. Le reste de la commune est occupé par une zone industrielle et des quartiers résidentiels qui enregistrent de faible densité de concentration humaine.

Les ouvrages d'assainissement individuel (les fosses étanches et les latrines) sont les plus utilisés pour l'évacuation des eaux usées. Les zones d'inondation correspondent à des sites de dépression qui se succèdent le long de la façade maritime.

La collecte des ordures ménagères est assurée par des camions collecteurs mais la méthode de l'enfouissement est fréquente.

d. Wakhinane (Guédiawaye)

Créé vers 1972, le quartier Wakhinane est situé dans la ville de Pikine qui, elle-même, est sise à une quinzaine de kilomètres de Dakar sur la route des Niayes. Cette zone a accueilli au début des années 50, une part notable des citoyens déguerpis de l'agglomération dakaroise. L'occupation de l'espace et la disposition des maisons sont faites de manière anarchique. L'habitat est en effet de type spontané et ne tient pas compte des normes de lotissement officielles. Le moindre espace est exploité au maximum. Mal loti, les problèmes d'urbanisation expliquent en partie le déficit en matière de voirie. Le manque d'équipement est devenu la règle. La rue est devenue par la force des choses un déversoir des eaux usées et les eaux de pluies y stagnent. L'absence d'égouts d'évacuation des eaux de pluies entraîne, la stagnation des eaux et des inondations. Ainsi, se posent aujourd'hui de sérieux problèmes d'hygiène et d'environnement. Les ordures ménagères quant à elles, théoriquement collectées par un service municipal fonctionnant par intermittence et se limitant aux artères principales qui traversent la ville, s'entassent et restent à proximité des habitations. L'accès à l'eau courante n'est pas généralisé et l'approvisionnement se fait pour certaines familles aux bornes fontaines.

Les habitants sont composés, pour la plupart de ruraux et/ou de populations issues de la Médina ou d'autres bidonvilles. Les familles se sont donc pour la plupart installées dans cette zone à cause de l'exode et des réalités économiques. Ainsi, la précarité de l'emploi (informel) et des revenus occasionnels qu'il génère explique la situation de pauvreté qui sévit dans le quartier.

2.1.2. Cadre logique de la supplémentation

Les bénéficiaires ont commencé la supplémentation soit au 6^{ème} – 7^{ème}, soit au 7^{ème} – 8^{ème} ou au 8^{ème} – 9^{ème} mois de grossesse et constituent donc 3 sous-groupes de femmes ayant été supplémentées pendant 1 mois (≤ 30 jours : groupe SG1), 2 mois ([30-60] jours : groupe SG2) et plus de 2 mois (> 60 jours : groupe SG3) avant l'accouchement. Cependant, la supplémentation s'est poursuivie jusqu'à 6 mois post-partum. Les femmes de Arafat et Grand-Yoff ont reçu l'aliment à base de mil alors que celles de Wakhinane et Hann-Yarakh sont supplémentées avec la farine à base de maïs. L'étude de la production lactée est effectuée chez les femmes à 3 mois post-partum comme l'indique la figure 2-2.

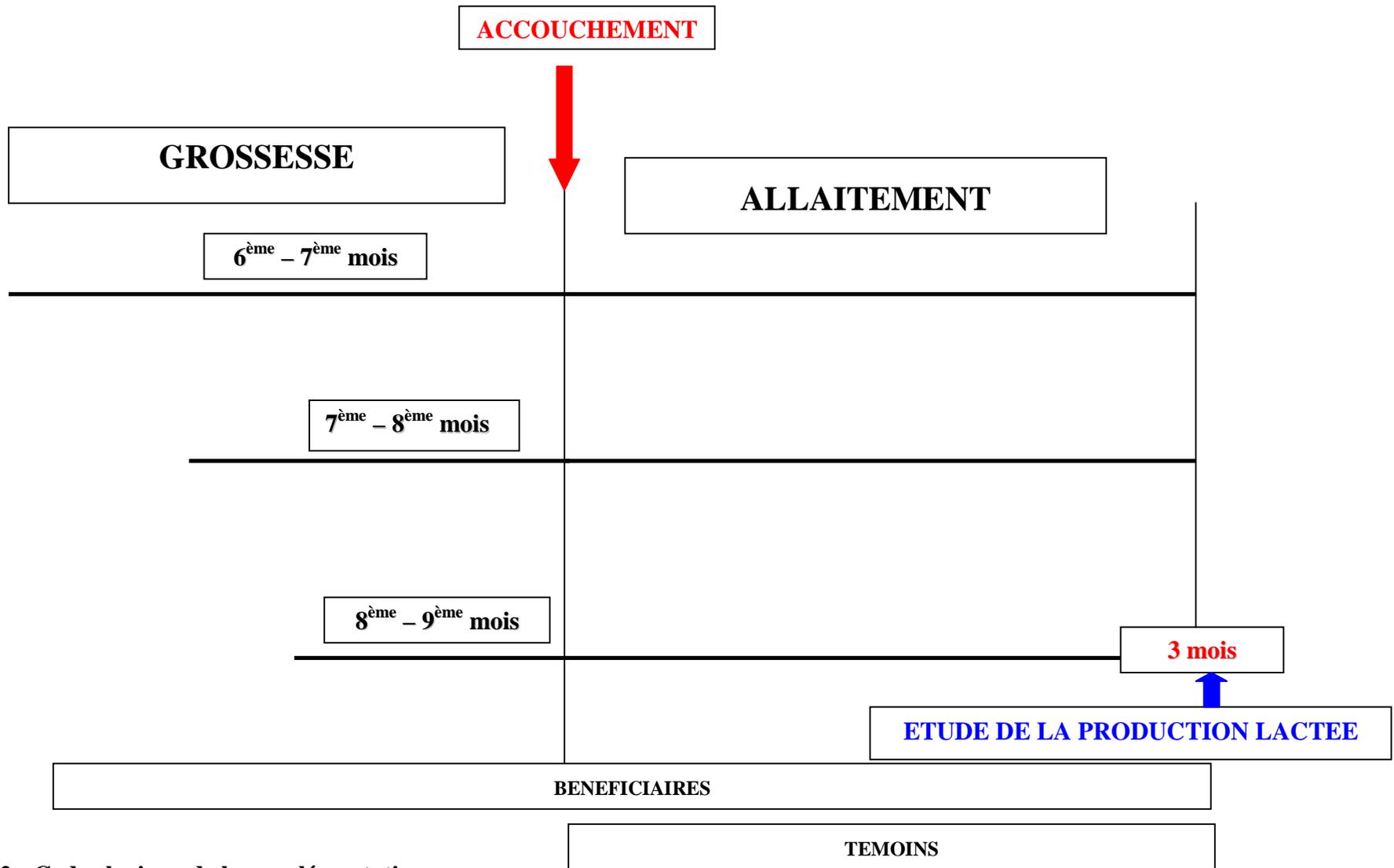


Figure 2-2 : Cadre logique de la supplémentation

2.2. Témoins

Le groupe des témoins est composé d'une future cohorte de femmes allaitantes déjà identifiées par les MIC et les MOC comme futures candidates du PNC mais n'ayant pas encore bénéficié des services, ni d'aucune autre forme de supplémentation pendant la grossesse. Pour ces dernières, toute femme allaitant un nourrisson âgé de moins de 2 semaines et habitant les deux zones planifiées par le PNC (Wakhinane et Hann-Yarakh) est sélectionnée, soit 65 femmes au total.

3. METHODES

3.1. Mesures anthropométriques des mères et des nourrissons

L'état nutritionnel des mères et de leurs nourrissons est évalué par la mesure du poids, de la taille au 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} mois post-partum.

3.1.1. Mesure du poids

Les mères sont pesées entourées d'un pagne de poids connu avec une balance électronique (OHAUS I-10, Modèle : IS 100 A, Giessen, Allemagne). La balance est posée sur une surface dure et plane, l'horizontalité vérifiée avec un niveau. Elle est calibrée avec un poids de 5 kg. Le poids exprimé en kg est pris à 0,05 kg près.

Les nourrissons sont pesés nus et sans objet susceptible de modifier de façon significative le poids (gris-gris, collier en perles...) avec une balance électronique (SECA Modèle 737, Allemagne) calibrée et dont l'horizontalité est vérifiée avec un niveau. La balance est posée sur une table dure et plane. Les enfants sont pesés couchés et le poids pris à 10 g près.

3.1.2. Mesure de la taille

La taille des mères est prise à l'aide d'une toise verticale dont la verticalité et l'horizontalité du socle sont vérifiées avec des niveaux. Au cours de l'opération, les mères se tiennent bien droites de sorte que la toise touche les talons, les fesses et la nuque, les pieds nus bien joints et les bras le long du corps. La taille ainsi lue à 1 mm près, est exprimée en cm.

La taille des nourrissons est mesurée avec une toise horizontale posée sur une table dure et plane. Les mesures sont effectuées par deux opérateurs pour maintenir le nourrisson bien droit. La taille prise à 1 mm près, est exprimée en cm.

3.1.3. Calcul des indices anthropométriques

L'indice de Masse Corporelle (IMC), calculé par le rapport du poids en kilogrammes sur le carré de la taille en mètres est déterminé au 1^{er}, au 2^{ème} et au 3^{ème} mois post-partum.

$$IMC = \frac{POIDS}{TAILLE^2}$$

Pour les nourrissons, les indices anthropométriques à savoir, le poids en fonction de l'âge P(A), la taille en fonction de l'âge T(A), le poids en fonction de la taille P(T) sont calculés par rapport aux références **NCHS (1977)** et exprimés en Z-scores ou en pourcentages. Ces indices sont calculés avec le logiciel Epi Info 6.04.

3.2. Détermination de la quantité de lait ingérée par les nourrissons par la méthode de la dilution isotopique

La méthode de la dilution isotopique utilisée consiste à administrer par voie orale une dose d'eau enrichie en deutérium aux mères. Le deutérium est un isotope stable de l'hydrogène qui existe dans l'environnement, dans l'eau et les aliments. Le deutérium n'est pas nocif à l'homme et ne présente aucune toxicité aux doses administrées.

Après administration, le deutérium va se répartir de façon homogène dans le compartiment eau de la mère. Ainsi, le prélèvement d'échantillons de ce compartiment (salive, urine, sueur, lait) permet de déterminer son enrichissement. Le transfert du deutérium de la mère vers le nourrisson par le biais du lait maternel permet de déterminer la quantité de lait ingérée par ce dernier selon une modélisation à deux compartiments du système mère-nourrisson (**Coward & al., 1982**).

3.2.1. Administration de la dose de deutérium aux mères

Le jour de l'administration de la dose, les mères viennent à jeun au lieu de l'étude. Après avoir pris leur poids et celui de leur nourrisson, une dose de 30 g d'eau deutérée (D₂O) de pureté minimale de 99,8 % (Europa Scientific, Ltd, UK) soigneusement pesée avec une balance de 0,01g de précision (Sartorius, Allemagne). La dose, servie dans un gobelet, est ingérée avec une paille pour éviter toute perte.

3.2.2. Prélèvements, traitement et conservation des échantillons

Sept prélèvements de salive sont effectués chez le couple mère-nourrisson :

- avant administration de la dose de deutérium aux mères pour déterminer l'enrichissement naturel en deutérium du compartiment eau (J₀). C'est la salive "pré-dose".
- les quatre premiers jours, le 13^{ème} et le 14^{ème} jours suivant l'administration de la dose à savoir J₁, J₂, J₃, J₄, J₁₃ et J₁₄. Ce sont les salives "post-dose".

Pour prélever la salive, les mères la déposent directement dans des tubes stériles jusqu'à obtenir 5 ml. Le tube est fermé aussitôt, et placé dans une glacière.

La technique de prélèvement de salive des nourrissons a consisté à introduire dans leur bouche des bouts de coton stérilisés à l'aide d'une paire de pinces jusqu'à imbibition. Le coton est ensuite pressé avec une seringue de 5 ml et la salive recueillie dans un tube. L'opération est répétée jusqu'à obtenir un volume minimum de 3 ml de salive.

Sur le terrain, tous les échantillons sont conservés dans une glacière en attendant leur traitement au laboratoire.

Au laboratoire, les échantillons sont centrifugés à 11500 g pendant 5 minutes. Ils sont ensuite répartis en deux aliquotes puis conservés à -80°C dans des cryotubes.

Le dosage du deutérium dans la salive est fait par Spectrométrie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR).

3.2.3. Dosage du deutérium par Spectrométrie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR)

3.2.3.1. Principe du FTIR

L'infrarouge analytique regroupe plusieurs méthodes d'identification et de dosages non destructifs basés sur l'étude de l'absorption ou de la réflexion par l'échantillon, des radiations électromagnétiques comprises entre 1 et 1000 μm .

Le FTIR constitue l'un des appareils qui permet d'effectuer ces analyses. En soumettant l'échantillon à l'action d'un rayonnement infrarouge, on peut mesurer les fréquences auxquelles l'échantillon absorbe la radiation et les intensités de ces absorptions. L'unité de mesure utilisée est le nombre d'ondes (cm^{-1}) encore appelé *Kayser* qui est l'inverse de la longueur d'onde

Les pourcentages (%) de la transmittance ($T = I/I_0 * 100$) ou l'absorbance ($A = \log 1/T$) sont proportionnels à la concentration selon la loi de Beer Lambert.

I = intensité de la lumière transmise

I_0 = intensité de la lumière incidente

Le FTIR comprend : la source, l'interféromètre qui est le système optique, le détecteur, le convertisseur ADC ("Analog Digital Converter") et le FFT ("Fast Fourier Transform").

La source émet une onde monochromatique (infrarouge).

L'interféromètre le plus utilisé est celui de Michelson. Les radiations issues de la source viennent frapper le séparateur de faisceaux formée d'un film de germanium déposé sur une

lame de bromure de potassium (KBr). La semi-transparence de ce dispositif permet de générer deux faisceaux dont l'un est dirigé vers un miroir fixe et l'autre vers un miroir mobile dont la position varie par rapport au séparateur de faisceaux comme l'indique la figure 2-3. Ces deux faisceaux recombinaient ensuite sur le trajet, traversent l'échantillon avant de venir frapper le détecteur qui mesure l'intensité globalement reçue. Avec ce système, une interférence est introduite au niveau du faisceau qui va traverser l'échantillon.

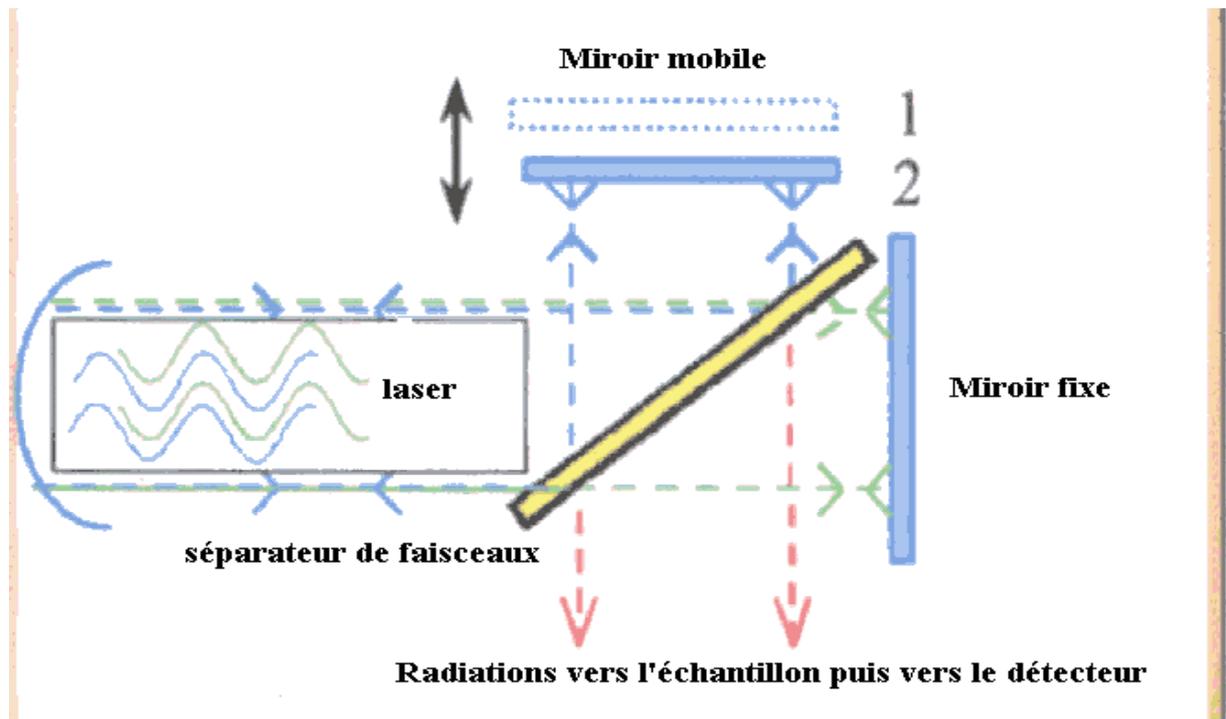


Figure 2-3 : Schéma d'un interféromètre

Le détecteur convertit l'intensité de la radiation provenant de l'échantillon en signaux électriques. Le signal transmis au cours du temps par le détecteur est traduit sous forme d'un interférogramme.

Le convertisseur ADC, convertit les signaux électriques provenant du détecteur en signaux analogiques.

A partir de ces valeurs, **le FFT** effectue les calculs à partir de la transformée de Fourier pour donner les spectres.

3.2.3.2. Opérations préalables

Une solution standard d'eau deutérée à 1000 ppm est préparée en mélangeant environ 0,25 g de D₂O à 99,8% dans 250 ml d'eau distillée et désionisée. Cependant, l'enrichissement réel de ce standard est obtenu par la mesure du deutérium à l'aide d'un Spectromètre de masse. Cette mesure effectuée par le 'Medical Research Council - Human Nutrition Research' à Cambridge (Angleterre) se fait contre l'eau qui a servi à la préparation du standard (eau de dilution). La connaissance de l'enrichissement réel de ce standard permet de calibrer le FTIR. Pour contrôler le standard, une série de dilutions (1/2, 1/4 et 1/8) est effectuée et la droite de régression entre les valeurs théoriques et celles obtenues avec le FTIR est tracée (figure 2-4). Si les valeurs du standard sont correctes, le coefficient de régression est proche de 1.

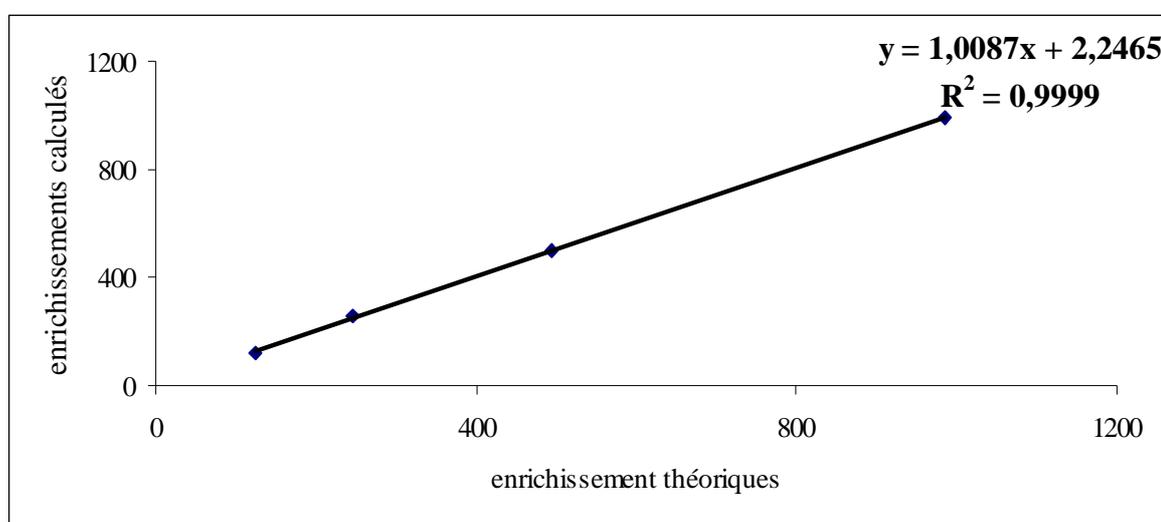


Figure 2-4 : Relation entre les concentrations théoriques et les concentrations expérimentales

Pour le deutérium, le FTIR ne mesure pas des concentrations mais des enrichissements par rapport à ce standard. Ainsi, l'enrichissement des échantillons de salive est obtenu par rapport à la valeur de ce standard.

Avant toute mesure, les échantillons de salive à analyser sont centrifugés une deuxième fois pour éliminer toutes les matières en suspension pouvant se former au cours du stockage. La centrifugation est faite à 3000 trs/mn pendant 5 mn.

3.2.3.3. Analyse des échantillons

La salive est introduite dans une cellule démontable de 100 μ m d'épaisseur et de 0,1 ml de volume avec des seringues de 1 ml. Cette cellule est munie de deux orifices aménagés pour le remplissage et l'évacuation. Après remplissage, les orifices sont fermés avec des bouchons de téflon et les parties métalliques nettoyées avec un papier Kimwipes® Lite

(Kimberly – Clark Corporation, Vienne, Autriche) alors que les parties en verre sont nettoyées avec un papier spécialement destiné au nettoyage de verre (tissu pour lentille). A la fin de cette opération, les cellules sont placées dans le compartiment échantillon du FTIR. Le compartiment échantillon du FTIR est équipé d'une navette qui donne l'avantage de pouvoir lire successivement l'échantillon pré-dose et celui post-dose sans avoir besoin d'ouvrir à nouveau ce compartiment. Sur la navette, le porte-cellule arrière reçoit la salive "pré-dose" et celui du devant, les salives "post-dose".

Les mesures sont effectuées entre 2800 et 2300 cm^{-1} . Avant et après la mesure des échantillons, une lecture systématique du standard à partir duquel seront déterminés les enrichissements des échantillons est effectuée. La lecture du standard est faite par rapport à l'eau qui a servi à sa préparation. Puis, chaque échantillon post-dose est lu deux fois contre l'échantillon pré-dose.

Les enrichissements en ppm des échantillons post-doses sont obtenus grâce un algorithme établi par le "Medical Research Council - Human Nutrition Research" de Cambridge. Ces enrichissements sont par la suite transférés sur une feuille de calcul EXCEL préprogrammée pour obtenir les estimations de la production lactée et de la composition corporelle des mères.

3.2.4. Mesure de la production lactée (quantité de lait maternel ingéré par 24 h)

La théorie de modélisation ainsi que les précautions adoptées pour le respect des hypothèses inhérentes ont fait l'objet de mon mémoire de DEA (Cissé, 1999).

3.2.4.1. Théorie de la modélisation

Dans la théorie de modélisation, les comportements chimiques et physiologiques des marqueurs isotopiques (stables ou radioactifs) sont supposés identiques à ceux des atomes "naturels", mis à part leur différence de masse.

L'analyse par compartiment est basée sur l'hypothèse selon laquelle, la variable quantitative du système à étudier est constituée d'un ou de plusieurs pools spécifiques identifiables et le transfert du traceur à partir ou vers ces pools peut être décrit par une équation exponentielle.

Le tableau II-5 donne les hypothèses pour le calcul des flux d'eau ainsi que les dispositions prises pour le respect de ces hypothèses dans les études de production lactée

Tableau II-5 : Hypothèses pour le calcul des flux d'eau et dispositions dans les études de production lactée

Hypothèses	Dispositions
1. Le volume d'eau corporel est constant ou varie de façon linéaire ou exponentielle	Le volume corporel de l'eau est considéré constant pour la mère alors que celui de l'enfant varie de façon linéaire.
2. Le bilan des flux d'eau dans l'organisme est constant	Le flux entrant est égal au flux sortant
3. Le marquage isotopique ne concerne que l'eau corporelle	Le volume corporel d'eau est corrigé par un facteur 1,04 car 4% du deutérium s'échange avec l'hydrogène non aqueux surtout des protéines.
4. L'isotope n'est perdu que sous forme d'eau	
5. L'activité isotopique de l'eau perdue est égale à celle de l'eau corporelle	Pour cette hypothèse, une correction sur le flux sortant du nourrisson est nécessaire car on estime que 15% de ce flux est fractionné (Fjeld & al., 1988)
6. L'organisme ne reçoit pas d'eau de l'environnement par l'intermédiaire de la peau et des poumons.	Une correction est apportée sur le flux entrant du bébé car on estime que 6,3% de l'eau absorbée provient de l'atmosphère (Wells & Davies, 1995)

3.2.4.2. Modélisation des cinétiques biologiques du système mère – nourrisson

La modélisation repose sur la cinétique des flux d'eau de la mère et du nourrisson. Lorsque la mère reçoit une dose d'eau enrichie en deutérium, cette eau va se mélanger avec l'eau corporelle totale. La concentration en deutérium du système est fonction des flux entrant et sortant de ce système. Ainsi, sa décroissance puis sa disparition ultérieure sont les conséquences :

- des flux sortant (F_{em} et F_{bm}) et entrant (F_{me}) de la mère,
- du flux sortant du nourrisson (F_{eb}),
- et du flux entrant du nourrisson si celui-ci reçoit des aliments autres que le lait maternel (F_{be}).

Les cinétiques biologiques du système mère–nourrisson sont étudiées à l’aide de deux modèles :

- un modèle à un compartiment représenté par la mère (Q_m)
- un modèle à deux compartiments représenté par la mère (Q_m) et le nourrisson (Q_b)

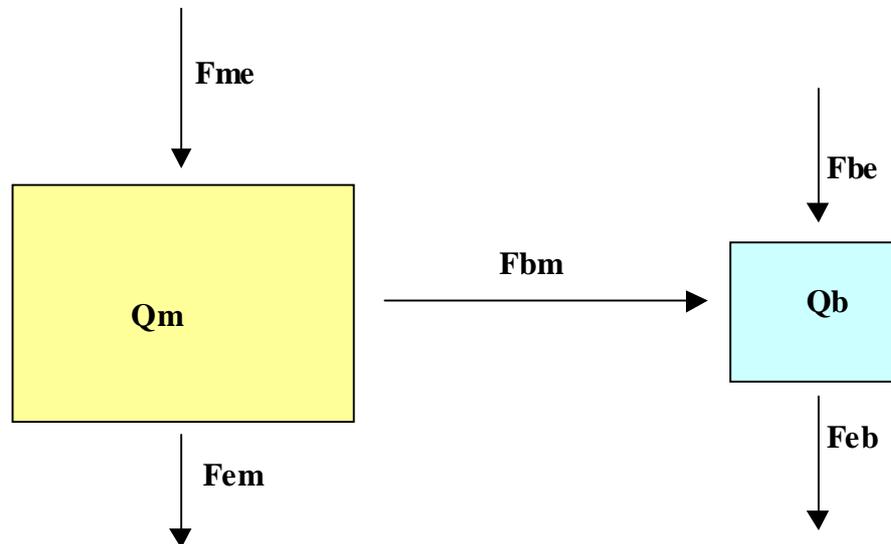


Figure 2-5 : Modélisation du système mère - nourrisson

Soient F_{em} et F_{bm} , les flux sortant de la mère

F_{me} , le flux entrant de la mère

F_{eb} , le flux sortant du nourrisson

F_{be} , le flux entrant du nourrisson autre que le lait maternel

k_m , la constante de disparition du deutérium chez la mère

$C_m(t)$, enrichissement en deutérium chez la mère à l’instant t

$C_b(t)$, enrichissement en deutérium chez le nourrisson à l’instant t

La commande SOLVEUR de EXCEL utilise les équations suivantes pour déterminer les enrichissements du compartiment eau de la mère et celui du nourrisson à un instant t donné

$$C_m(t) = C_m(0) e^{-k_m t}$$

$$C_b(t) = \frac{F_{bm} C_m(0)}{Q_b(k_b - k_m)} e^{-k_m t} - e^{-k_b t}$$

La modélisation permet de calculer :

- $C_m(0)$ enrichissement en deutérium chez la mère à l’instant $t = 0$

- la masse d'eau corporelle totale de la mère Q_m par l'équation $Q_m = \frac{q_m(0)}{C_m(0)} = \frac{D}{C_m(0)}$
- les apports en eau de la mère $F_{me} = F_{em} + F_{bm} = k_m Q_m$
- le flux d'eau de la mère vers le nourrisson : $F_{bm} = k_{bm} Q_m$
- la quantité de lait ingéré (L) est déterminée par le rapport du flux d'eau de la mère vers le nourrisson divisé par 0,871 (0,871 étant la teneur en eau du lait maternel).

$$L = \frac{F_{bm}}{0,871}$$

- la quantité totale d'eau apportée par le lait maternel (F_L)

$$F_L = F_{bm} + (0,09 \times L)$$

on estime que l'oxydation de 100 g de lait maternel apporte 9 g d'eau provenant de la dégradation des nutriments du lait (protéines, lipides, glucides)

- la quantité d'eau utilisée par le nourrisson durant sa croissance (F_C)

$$F_C = \frac{ECT_{J14} - ECT_{J0}}{14}$$

ECT_{J0} = eau corporelle totale à J_0

ECT_{J14} = eau corporelle totale à J_{14}

14 = durée de l'étude

Avec cette méthode de dilution isotopique où c'est la mère qui reçoit la dose, on ne peut avoir la masse de l'eau corporelle du nourrisson à un jour t ($Q_b(t) = ECT(t)$), celle – ci elle est donc estimée à partir de l'équation de **Wells & al., (2000)**.

$$Q_b(t) = 0,84 \left[P_b(0) + \frac{t}{T} (P_b(T) - P_b(0)) \right]^{0,82}$$

0,84 = constante de Wells,

$P_b(0)$ = poids au début de l'étude,

$P_b(T)$ = poids à la fin de l'étude,

T = durée de l'étude,

- le flux sortant du nourrisson (F_{eb})

$$F_{eb} = \frac{F_{bb}}{1 - 0,0085}$$

une correction est apportée sur ce flux car on estime que 15% de ce flux est fractionné (**Fjeld & al., 1988**)

- la quantité d'eau absorbée à travers la peau et les poumons des nourrissons

$$F_A = 0,063 \times L$$

on estime que 6,3% de l'eau absorbée par le nourrisson provient de l'atmosphère (**Wells & al., 1995**)

- et finalement si le nourrisson n'est pas exclusivement allaité, la quantité d'eau oralement absorbée et/ou provenant de la dégradation des nutriments autres que le lait maternel est obtenue par l'équation

$$F_{be} = (F_{eb} - F_L - F_A) + F_C$$

Le tableau suivant résume les différentes équations utilisées et les hypothèses sous jacentes.

Tableau II-6 : Equations et hypothèses utilisées dans la détermination de la production lactée

Paramètres	Calculs	Références
Quantité de lait (L)	$F_{bm}/0,871$	Eau représentant 87,1% du lait (Holland & al., 1991)
Eau apportée par le lait (F_L)	$F_{bm} + 0,09L$	Eau et eau provenant de l'oxydation des nutriments du lait. L'oxydation de 100 g de lait apporte 9 g d'eau.
Eau utilisée pour la croissance (F_C)	$(ECT_{14} - ECT_1)/14$	Equation de Wells (Wells & al., 2000)
Flux sortant du nourrisson (F_{eb})	$F_{bb}/(1-0,0085)$	15% de l'eau perdue est fractionnée (Fjeld & al., 1988)
Eau provenant de l'atmosphère (F_a)	$0,063 * L$	Représente 6,3% du volume de lait absorbée (Wells & al., 1995)
Apports autres que le lait (F_{eb})	$F_{eb} - F_L - F_a + F_c$	Eau et/ou eau métabolique provenant de la dégradation des nutriments si le nourrisson n'est pas exclusivement allaité

3.2.4.3. Composition corporelle de la mère

La dose qui est administrée à la mère à J₀ a permis de déterminer également son eau corporelle totale et de calculer sa masse maigre et sa masse grasse à partir de son poids.

La modélisation permet de calculer $C_m(0)$ qui correspond à l'enrichissement en deutérium chez la mère à l'instant t = 0. La masse d'eau corporelle totale de la mère Q_m est donnée par

$$l'équation \quad Q_m = \frac{q_m(0)}{C_m(0)} = \frac{D}{C_m(0)}$$

Dès lors, sa composition corporelle peut alors être calculée à partir de Q_m (Coward & al., 1983)

Q_m représente 73% de la masse maigre (MM), celle-ci est donnée par l'équation

$$MM = \frac{Q_m}{(1,04)(0,73)} = \frac{Q_m}{0,759} \quad \text{où } 1,04 \text{ représente l'espace de dilution du deutérium.}$$

Connaissant le poids corporel (P), la masse grasse (MG) est obtenue en soustrayant la masse maigre du poids corporel.

$$MG(kg) = P - MM$$

3.3. Détermination de la composition du lait maternel

3.3.1 Prélèvement du lait maternel

Le prélèvement du lait maternel est effectué à J₁₄. Les échantillons de lait à analyser sont recueillis entre 10h et 11h et dans l'après midi avec un intervalle minimum de 4h selon la méthode proposée par Ferris & Jensen (1984) et décrite par Rocquelin & al (1998). Selon ces auteurs, c'est en ces moments que la concentration en lipides est supposée maximale. Un volume moyen de 5 ml de chaque sein est prélevé par pression manuelle par la mère. Ces échantillons de lait sont conservés au froid et transportés au laboratoire. En fin d'après-midi, les deux échantillons, en moyenne 20 ml, sont mélangés et répartis en fonction des dosages à effectuer. Les aliquotes sont conservés à -80°C jusqu'à l'analyse.

Le contenu énergétique du lait maternel est estimé à partir du dosage du lactose, des triglycérides et de l'azote total.

3.3.2. Détermination du contenu énergétique du lait maternel

3.3.2.1. Dosage du lactose

Seul le lactose, est pris en compte dans la détermination des glucides du fait qu'il représente plus de 90% des sucres (FAO, 1995). Il est déterminé selon la méthode proposée par l'AOAC (1995). Cette détermination est faite avec les kits D-lactose D-galactose de Boehringer Mannheim (Diagnostics Div, Indianapolis, Etats-Unis). Chaque kit contient 5 flacons :

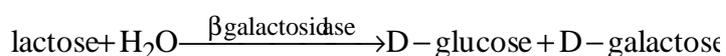
- un flacon n°1 renfermant un lyophilisat de NAD, du sulfate de magnésium, un tampon phosphate et des stabilisateurs. Il est reconstitué avec 7 ml d'eau bidistillée (**solution 1**)
- un flacon n°2 contenant une suspension de β -galactosidase (**suspension 2**)
- un flacon n°3 renfermant une solution tampon de diphosphate de potassium et des stabilisateurs (**solution 3**)
- un flacon n°4 contenant une suspension de galactose déshydrogénase (**suspension 4**)
- un flacon n°5 contenant la solution standard de lactose

a. Principe

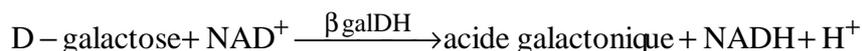
Le dosage du lactose est basé sur le principe de l'activité de la NADH déshydrogénase. La NADH possède une bande d'absorption à 340 nm. Cette méthode très sensible et très spécifique est utilisée pour mesurer la variation de la densité optique (D.O) à 340 nm de l'activité du NADH déshydrogénase.

Les mesures sont effectuées à l'aide d'un Spectromètre ASA Jr II (Coultronics, Margency, France) qui permet la lecture des densités optiques soit par aspiration soit par utilisation d'une cuve classique de 10 mm de trajet optique.

Le lactose est hydrolysé en D-glucose et en D-galactose à pH 6,6 en présence d'une enzyme la β -galactosidase et d'eau selon la réaction suivante :



Le D-galactose est oxydé par la NAD^+ en acide D-galactonique en présence de la β -galactose déshydrogénase (β -galDH).



La quantité de NADH mesurée par Spectrométrie à 340 nm, est proportionnelle à la concentration en lactose dans la solution.

Cependant, cette méthode nécessite une clarification préalable du lait qui est effectuée selon le mode opératoire suivant.

b. Mode opératoire

La décongélation des échantillons de lait est effectuée au bain-marie à 40 °C pendant 10 minutes. Deux (2) g de lait sont pesés dans une fiole jaugée de 100 ml puis 60 ml d'eau distillée y sont ajoutés. La solution obtenue est placée au bain-marie à 70 °C pendant 15 minutes. Cinq (5) ml de la solution Carrez I (3,60 g de $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dans 100 ml d'eau), cinq (5) ml de la solution Carrez II (7,20 g de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dans 100 ml d'eau) et 10 ml de solution de soude (NaOH) 0,1 M sont ajoutés à la solution. Après refroidissement à la température ambiante, le volume de la fiole est complété à 100 ml avec de l'eau distillée. Après homogénéisation, la solution obtenue est filtrée avec du papier Whatman N°1 (International Ltd Maidstone, Angleterre) et le filtrat recueilli pour l'analyse.

La détermination de la concentration en lactose du lait est effectuée selon le protocole suivant :

Réactifs	Blanc (ml)	Echantillon (ml)	Standard (ml)	Echantillon + standard (ml)
Solution 1	0,200	0,200	0,200	0,200
Suspension 2	0,050	0,050	0,050	0,050
Echantillon	-	0,100	-	0,050
Standard	-	-	0,100	0,050

Les solutions obtenues sont mélangées puis incubées à 25 °C pendant 20 minutes. Un (1) ml de la solution 3 est ajouté dans chaque cuve de lecture et les solutions ramenées à 3,250 ml avec de l'eau distillée. Les solutions sont homogénéisées pendant 2 minutes avant la mesure de l'absorbance A_1 . Après cette lecture, 0,5 ml de la suspension 4 est ajouté dans chaque cuve de lecture. Les solutions sont mélangées et incubées à 25 °C pendant 20 minutes avant la mesure de l'absorbance A_2

c. Calculs

La concentration en lactose est obtenue selon la formule

$$C \text{ (g/L)} = \frac{V \times PM \times \Delta A}{e \times d \times v \times 1000} \times F$$

V = volume final = 3,3 ml,

PM = poids moléculaire du lactose = 342,3 g/mol

$\Delta A = (A_2 - A_1)_{\text{échantillon}} - (A_2 - A_1)_{\text{blanc}}$

F = facteur de dilution = 50

e = coefficient d'extinction du NADH à 340 nm = 6,3 l/mmol/cm

d = trajet optique = 1 cm

v = volume de l'échantillon prélevé = 0,1 ml

Ainsi, la formule devient

$$C \text{ (g/L)} = \Delta A \times 89,65$$

La validation des mesures est effectuée par l'utilisation d'un contrôle interne (standard) mais également par le test de recouvrement du standard dont la valeur doit être comprise entre 0,8 et 1,2. Pour avoir la valeur de ce test, la formule suivante est appliquée :

$$R = \frac{2 \times \Delta A_{\text{échantillon+standard}} - \Delta A_{\text{échantillon}}}{\Delta A_{\text{standard}}}$$

3.3.2.2. Dosage des triglycérides

Seuls les triglycérides sont pris en compte dans la détermination de la valeur énergétique du lait car ils représentent plus de 98% des lipides.

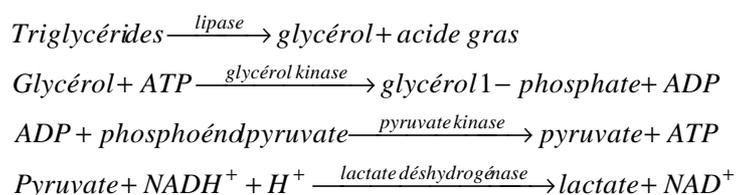
Le dosage des triglycérides est effectué selon une méthode proposée par **Lucas & al. (1987)** en utilisant des kits SIGMA (SIGMA Diagnostics, France). Chaque kit contient 2 flacons de réactifs A et B :

- le flacon A renferme de l'ATP, du lactate déshydrogénase, de la lipase, du NADH, du phosphoénol pyruvate, de la pyruvate kinase, un tampon, des adjuvants et des stabilisateurs. Il est reconstitué avec 10 ml d'eau bidistillée (**solution A**).
- le flacon B contient de la glycérol kinase, des adjuvants et des stabilisants et est reconstitué avec 2 ml d'eau bidistillée (**solution B**).

a. Principe

Comme pour le lactose, le dosage des triglycérides est également basé sur la détermination de l'activité du NADH déshydrogénase comme précédemment décrit.

Les réactions enzymatiques impliquées dans le dosage des triglycérides sont les suivantes :



b. Mode opératoire

La solution de clarification est un mélange de Triton / EDTA. Pour cela, 25 g d'EDTA sont dissous dans 50 ml H₂O pour avoir de l'EDTA à 50%. 25 ml de triton sont mélangés

avec 25 ml d'éthanol pour produire du triton à 50%. Ensuite, 27 ml d'EDTA 50% et 41 ml de triton 50% sont mélangés dans une fiole jaugée et complétée à 250 ml avec de l'eau distillée. La clarification du lait est effectuée selon le protocole suivant : l'échantillon de lait maternel est porté à 40°C pendant 10 minutes puis mélangé. Ensuite, 25 µl sont prélevés auxquels on ajoute 475 µl du mélange triton / EDTA. La solution est incubée au bain-marie à 50°C pendant 10 mn puis filtrée avec du papier Whatman N°1 (International Ltd Maidstone, Angleterre).

La détermination des triglycérides est effectuée à l'aide d'un Spectromètre ASA Jr II (Coultronics, Margency, France) selon le protocole suivant :

Réactifs	Blanc (ml)	Echantillon (ml)	Standard (ml)
Solution A	1,000	1,000	1,000
Incubation à 37°C pendant 2 minutes			
Eau	0,020	-	-
Echantillon	-	0,020	-
Standard	-	-	0,020

Après incubation à 37°C pendant 10 mn, on lit l'absorbance A_1 . Puis, 0,025 ml de la **solution B** est ensuite ajouté dans tous les tubes, suivi d'une incubation à 37°C pendant 5 mn. On lit l'absorbance (A_2). L'absorbance A_1 est multipliée par 0,976 pour corriger la dilution entraînée par l'addition de la solution B.

c. Calculs

La concentration en triglycérides est obtenue selon la formule

$$C (g / L) = \frac{V \times PM \times \Delta A}{e \times d \times v \times 1000} \times F$$

V = volume final = 1,045 ml

PM = poids moléculaire des triglycérides = 885 g/mol

$\Delta A = (A_2 - A_1)_{\text{échantillon}} - (A_2 - A_1)_{\text{blanc}}$

F = facteur de dilution = 20

ϵ = coefficient d'extinction du NADH à 340 nm = 6,22 l/mmol/cm

d = trajet optique = 1 cm

v = volume de l'échantillon prélevé = 0,020 ml

Ainsi la formule devient

$$C \text{ (g/L)} = AA \times 148,68$$

La validation des mesures est effectuée par l'utilisation d'un contrôle interne (standard) le Precinorm[®] L (Boehringer Mannheim, Meylan, France).

3.3.2.3. Dosage des protéines

La concentration en protéines est obtenue par la détermination de l'azote total par la méthode de Kjeldhal (AOAC, 1995) qui comprend trois étapes fondamentales : la minéralisation, la distillation et la titration.

Compte tenu des quantités relativement faibles de lait prélevé, seul l'azote total est mesuré et l'azote protéique est obtenu en considérant que l'azote non protéique représente 25% de l'azote total (FAO, 1995).

a. Principe

Le principe de la méthode consiste en une minéralisation de l'échantillon par de l'acide sulfurique (H₂SO₄) en présence d'un catalyseur mixte (CuSO₄, Se, K₂SO₄). L'azote est libéré de la protéine sous forme d'un sel d'ammonium [(NH₄)₂SO₄]. Ensuite le NH₃ est libéré par la lessive de soude, condensé par le distillateur et piégé dans une solution d'acide sulfurique 0,1 N en excès contenant un indicateur mixte (rouge de méthyle + bleu de méthylène) puis titré par de la lessive de soude 0,1 N.

b. Mode opératoire

Quatre tubes de minéralisation sont étiquetés 'blanc', 'échantillon', 'perte en azote' et 'test de recouvrement'. Les échantillons de lait maternel sont chauffés à 38°C. Ensuite, 2,5 ml de lait sont prélevés. La préparation des tubes de minéralisation est effectuée selon le protocole suivant :

	Blanc	Echantillon	Perte en azote	Recouvrement
Catalyseur mixte (CuSO₄, Se, K₂SO₄)	1	1	1	1
Lait maternel (ml)	-	2,5	-	-
Acide sulfurique (ml)	20	20	20	20
Ammonium (g)	-	-	0,12	-
Chlorure de lysine (g)	-	-	-	0,12
Saccharose (g)	-	-	0,85	0,85

La minéralisation est effectuée à 230°C pendant 30 mn. Ensuite, on augmente progressivement la température jusqu'à atteindre 420°C. Le chauffage est maintenu à cette température jusqu'à la production de vapeur blanche. La fin de la minéralisation est caractérisée par l'arrêt du dégagement de vapeurs blanches sulfureuses.

A la fin de la minéralisation, la solution est refroidie pendant 30 mn à la température ambiante. Le minéralisat est placé dans le distillateur dont les paramètres sont réglés à 85 ml pour H₂O, 70 ml pour NaOH 40%. L'ammoniac libéré au cours de ce processus est piégé dans un excès d'acide sulfurique 0,1 N.

A la fin de la distillation, le distillat est titré par de la solution de soude 0,1 N.

c. Calcul

$$C \text{ (g/l)} = \frac{(v_a - v_b) \times 0,1 \times PM \times 6,38}{v}$$

V_a = volume d'acide sulfurique pour piéger l'ammoniac

V_b = volume de la solution de soude ayant titré l'excès

PM = poids moléculaire de l'azote (14 g/mol)

V = volume de lait utilisé

3.3.2.4. Estimation de l'apport énergétique du lait maternel

La valeur énergétique du lait maternel est obtenue par la sommation des concentrations en lactose, en protéines et en triglycérides après multiplication par 3,95 ; 5,65 et 9,25 respectivement (**Garza & al., 1985**).

L'apport en énergie du lait est obtenu en multipliant la valeur énergétique par la quantité de lait ingéré par le bébé.

3.3.3. Dosage des minéraux

Les concentrations en calcium, magnésium, sodium et zinc sont déterminées par Spectrométrie d'absorption atomique à flamme (Perkin Elmer Analyst 300, Norwalk, Etats-Unis) et le potassium par Spectrométrie d'émission atomique (Corning flame photometer M 410, Halstead Essex, Angleterre).

Le dosage du sélénium est effectué par Spectrométrie d'absorption atomique électrothermique avec correction Zeeman (Perkin Elmer 5100, Norwalk, Etats-Unis) grâce à la collaboration avec le Centre Hospitalier Universitaire Albert Michallon de Grenoble (France).

3.3.3.1. Méthodes de dosage

A l'exception du sélénium qui est dosé par la méthode des ajouts, la méthode directe est utilisée pour tous les autres minéraux.

Le dosage des minéraux est effectué selon des méthodes adaptées et validées à partir de celles destinées au dosage :

- du sodium, du potassium et du calcium pour le contrôle des eaux pour dialyse,
- du magnésium pour le contrôle des eaux, le plasma et les globules rouges
- du zinc et du sélénium pour le lait

La validation de ces méthodes est effectuée par :

- la recherche de l'exactitude et de la précision des mesures à l'aide de lait de référence en l'occurrence **le lait entier du National Institute of Standards and Technology NIST** (Reference Material, 8435, Whole Milk Powder, Distributed by US Departement of Commerce, National Bureau of Standards, Gaithersburg, Etats-Unis) et **le lait écrémé de Agricultural Research Centre of Finland ARC** (Central Laboratory, Finland, Milk Powder reference material),

- le calcul de la récupération des ajouts,
- et enfin le calcul du coefficient de variation des mesures répétées.

Pour l'obtention de valeurs de références mesurables, 0,3 g de lait en poudre NIST ou ARC est dilué dans 10 ml d'eau désionisée. La solution obtenue a servi de contrôle lors du dosage des échantillons de lait maternel.

3.3.3.2. Mode opératoire

a. Dosage du calcium, du magnésium, du sodium, du potassium et du zinc

a.1. Dilution des échantillons de lait maternel et des laits de référence selon le minéral

Différentes dilutions sont appliquées au lait selon l'importance du minéral dans le lait maternel. Le tableau suivant montre les différents protocoles de dilution qui sont utilisés pour le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le sodium (Na), le potassium (K), et le zinc (Zn).

	Ca	Mg	Na	K	Zn
<i>Dilution</i>	<i>1/30</i>	<i>1/100</i>	<i>1/400</i>	<i>1/100</i>	<i>1/50</i>
Lait (ml)	100	40	10	20	100
Lanthane (µl)	300	400	-	-	-
Césium (ml)	300	-	40	-	-
HCl (ml)	300	-	400	-	-
Eau désionisée (µl)	2000	3560	3550	1980	4900
Volume final (µl)	3000	4000	4000	2000	5000

a.2. Solutions standards et préparation des gammes étalons

Les solutions étalons ou mères (1000 mg/l) de Ca, Zn, Mg, Na, Se (Reagecon, Shannon, Co. Clare, Irlande) sont fournies par Perkin Elmer.

La solution étalon de K est préparée en ramenant une solution de 50 ml de chlorure de potassium (DILUT- IT[®] analytical concentrate, J.T. Baker, Deventer, Hollande) à 1000 ml avec de l'eau désionisée et déminéralisée.

La gamme étalon, pour chaque minéral, est obtenue par dilution d'une quantité de la solution mère avec de l'eau déminéralisée et désionisée en fonction du facteur de dilution utilisé.

a.2.1. Zinc

La gamme de concentration 0, 50, 100 et 150 µg/l est préparée selon le tableau ci-dessous.

Solutions de Zn(mg/l)	0	50	100	150
Solution mère de Zn (µl)	0	250	500	750
Eau désionisée (µl)	5000	4750	4500	4250
Volume final	5000	5000	5000	5000

a.2.2. Calcium

Des concentrations de 0, 50, 100, 200, 400 et 500 µg/l sont utilisées pour la préparation de la gamme étalon du Ca. Du Lanthane et du Césium sont ajoutés à la préparation comme modificateur de matrice afin de réduire les interférences chimiques dues à la présence des ions phosphates dans la solution. De même, le HCl est ajouté à la préparation pour éviter l'ionisation du Ca due à l'utilisation de la flamme air - acétylène.

Solutions Ca (µg/l)	0	50	100	200	400	500
Solution mère de Ca (µl)	0	150	300	600	1200	1500
Césium (µl)	300	300	300	300	300	300
Lanthane (µl)	300	300	300	300	300	300
HCl (µl)	300	300	300	300	300	300
Eau désionisée (µl)	2100	1950	1800	1500	900	600
Volume final	3000	3000	3000	3000	3000	3000

a.2.3. Magnésium

Comme pour le Ca, le lanthane est ajouté et joue le même rôle. La gamme étalon est préparée avec des solutions de Mg de 0, 20, 40 et 50 µg/l.

Solutions de Mg (µg/l)	0	20	40	50
Solution mère de Mg (µl)	0	800	1600	2000
Lanthane à 10g/L (µl)	400	400	400	400
Eau désionisée (µl)	3600	2800	2000	1600
Volume final	4000	4000	4000	4000

a.2.4. Sodium

Du Césium est ajouté à la préparation afin de réduire les interférences chimiques dues à la présence d'autres éléments dans la solution. L'ajout du HCl permet de contrôler l'ionisation du Na due à l'utilisation de la flamme air – acétylène. La gamme étalon est préparée avec des solutions de Na de concentrations égales à 0, 20, 40, 50 et 80 µg/l.

Solutions de Na (µg/l)	0	20	40	50	80
Solution mère de Na (µl)	0	100	200	250	400
Césium (µl)	50	50	50	50	50
HCl 25 % (µl)	500	500	500	500	500
Eau désionisée (µl)	4450	4350	4250	4200	4050
Volume final (µl)	5000	5000	5000	5000	5000

a.2.5. Potassium

La gamme étalon du K est préparée avec des solutions de concentrations égales à 0, 500 et 1000 µg/l.

Solutions de K (µg/l)	0	500	1000
Solution mère de K (µl)	0	25	50
Eau désionisée (µl)	5000	4975	4950
Volume final	5000	5000	5000

b. Dosage du Sélénium

Des solutions de Se de concentrations 0, 10, 20 et 30 µg/l sont utilisées pour la préparation de la gamme étalon de Se.

Solutions de Se (µg/l)	0	10	20	30
Solution mère de Se (µl)	0	10	20	30
HNO ₃ M/Triton 0,2% (µl)	100	90	80	70
Eau désionisée (µl)	100	100	100	100
Volume final (ml)	200	200	200	200

La méthode par ajouts est utilisée et une dilution au ½ retenue. Le platine (3 g/l) est utilisé comme modificateur de matrice. En effet, le platine retarde la température de volatilisation du Se en formant avec lui un composé thermiquement plus stable. Un volume de dépôt de 30 µl et une température d'atomisation de 2050 °C sont utilisés.

3.3.3.4. Estimation des apports en minéraux du lait maternel

Les apports quotidiens en minéraux sont obtenus en multipliant les concentrations individuelles en minéraux par la quantité individuelle de lait ingéré par le nourrisson.

3.4. Questionnaire (Annexe 1)

Afin de déterminer les pratiques alimentaires des femmes et de leur nourrisson, un questionnaire est soumis aux femmes. Ce questionnaire est constitué de trois volets pour les témoins alors que pour les bénéficiaires, il en comporte quatre :

- le premier volet concerne l'aspect socio-économique.
- le deuxième est centré sur la pratique alimentaire du bébé et son état de santé.
- le troisième volet a permis de déterminer l'alimentation de la mère la veille de l'enquête.
- et enfin le quatrième volet qui n'a concerné que les bénéficiaires du PNC, a traité de l'utilisation des farines PNC par les femmes.

3.5. Analyses statistiques

Les résultats sont exprimés en moyenne ± ET ou en pourcentage. Les tests statistiques utilisés sont : ANOVA avec la correction de Bonferroni (*pairwise test*), ANOVA pour

mesures répétées et le test de Khi^2 . La corrélation de Pearson est utilisée pour étudier la relation entre les caractéristiques de la mère et/ou du bébé et les performances de l'allaitement. La régression linéaire multiple est utilisée pour déterminer les facteurs les plus liés à la production lactée et la croissance des nourrissons. Un seuil minimal de signification de 0,05 est fixé.

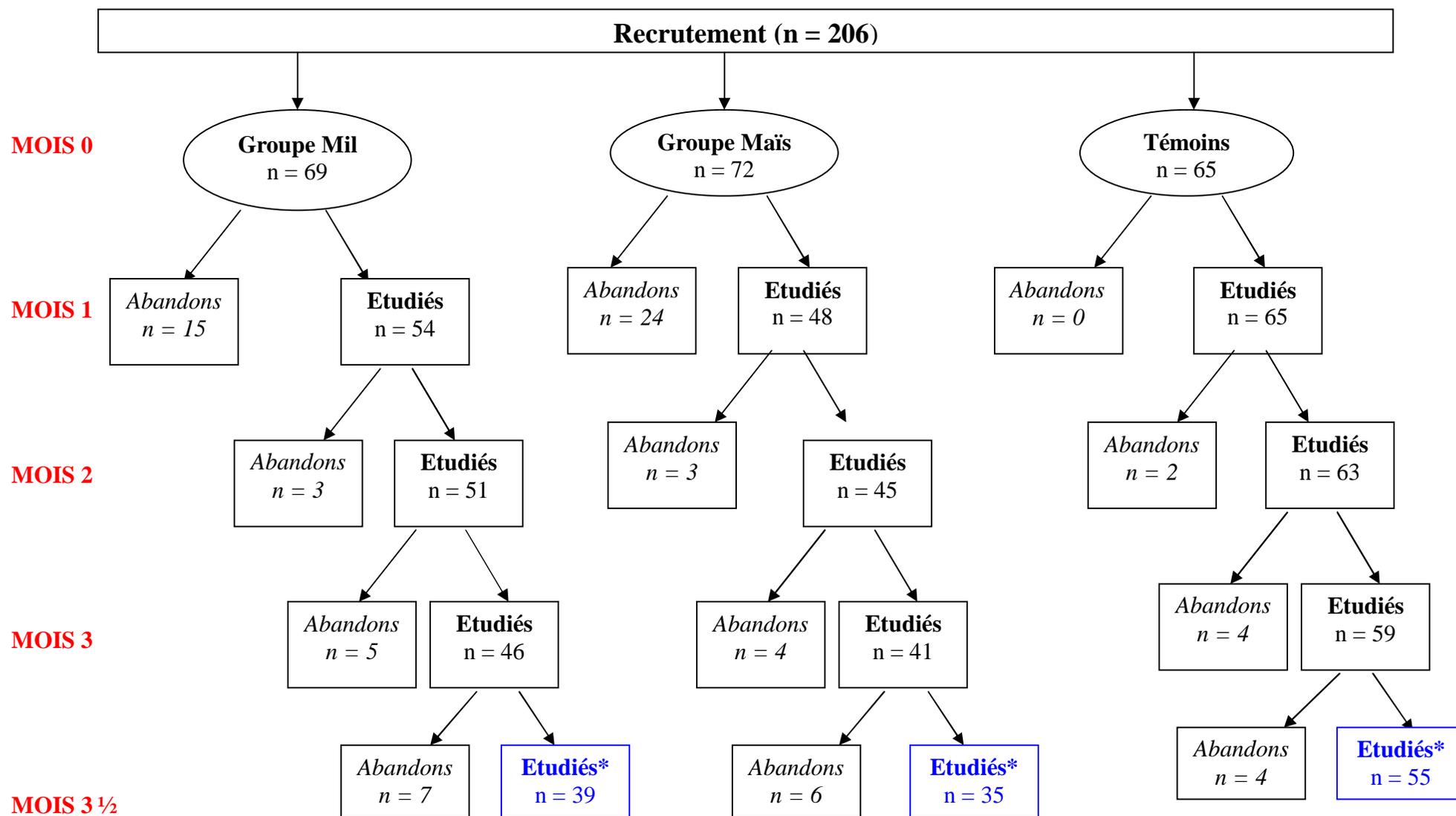
Les analyses sont effectuées avec les logiciels SPSS 11.5 et Epi 6.04.

PARTIES III, IV, V et VI
RESULTATS

III. CARACTERISTIQUES DE LA POPULATION

1. EVOLUTION DE L'ECHANTILLON AU COURS DE L'ETUDE

Chez les bénéficiaires, 67 abandons (30 dans le groupe Mil et 37 dans le groupe Maïs) sont enregistrés pour diverses raisons contre 10 chez les témoins. L'une des principales raisons d'abandon est le décalage entre les inscriptions dans les centres de nutrition et le démarrage effectif des activités au sein de ces centres. Ainsi, la plupart des femmes au 8^{ème} – 9^{ème} mois retournent au village dès la naissance du bébé ou même pour y accoucher. L'autre raison non moins importante est la mobilité des familles liée à des adresses temporaires. Les abandons qui sont enregistrés entre le mois 3 et le mois 3 ½ sont surtout dus à des absences événementielles (« Magal », « Tabaski », baptêmes, funérailles...). Ainsi, à la fin de l'étude les résultats sont obtenus sur 129 sujets (39 dans le groupe Mil, 35 dans le groupe Maïs et 55 dans le groupe témoin). La figure 3-1 montre l'évolution de l'échantillon au cours de l'étude.



* Seuls les sujets qui sont suivis du début à la fin de l'étude sont considérés dans les analyses statistiques.

Figure 3-1 : Evolution de l'échantillon de l'étude de la production lactée

2. CARACTERISTIQUES SOCIO-ECONOMIQUES DE LA POPULATION ETUDIEE

Tableau III-1 : Caractéristiques socio-économiques de la population étudiée

Caractéristiques socioéconomiques	Groupe Mil (n = 39)	Groupe Maïs (n = 35)	Témoins (n = 55)
Ethnie des mères			
Oulof	7 (18%) ^a	24 (68%)	26 (47%)
Puular	8 (20%)	2 (6%)	14 (26%)
Diola / Manjack	14 (36%)	2 (6%)	5 (9%)
Sérères	7 (18%)	5 (14%)	6 (11%)
Autres	3 (8%)	2 (6%)	4 (7%)
Occupation des mères			
Ménagères	31 (79%)	32 (91%)	43 (78%)
Activités génératrices de revenus	8 (21%)	3 (9%)	12 (22%)
Occupation du mari			
Sans emploi	7 (18%)	3 (9%)	8 (14%)
Sans revenus fixes	18 (46%)	20 (57%)	26 (47%)
Salariés	12 (31%)	10 (28%)	18 (33%)
Emigrés	2 (5%)	2 (6%)	3 (6%)
Niveau d'instruction des mères			
Sans scolarisation	26 (67%)	24 (69%)	34 (62%)
Primaire	11 (28%)	7 (20%)	16 (29%)
Moyen et plus	2 (5%)	4 (11%)	5 (9%)
Situation du logement du couple			
Propriétaire	1 (3%)	9 (26%)	18 (33%)
Locataire	25 (64%) ^a	11 (31%)	16 (29%)
Hébergé	13 (33%)	15 (43%)	21 (38%)
Niveau d'équipement du couple			
Eau courante	28 (72%)	30 (86%)	43 (78%)
Électricité	24 (61%)	21 (60%)	41 (74%)
Téléviseur	6 (15%)	20 (57%)	29 (53%)
Téléphone	5 (13%)	7 (20%)	13 (24%)

^a = groupe Mil versus groupe maïs et témoins (p £ 0,001)

La plupart des ethnies du Sénégal est représentée avec une prédominance des Wolofs dans le groupe Maïs et dans le groupe des témoins alors que dans le groupe Mil, les Diolas / Manjack sont prédominants.

Les couples sont en majorité locataires ou hébergés par un proche parent et disposent à plus de 70% d'eau courante et d'électricité.

La majorité des mères est sans instruction et ménagères alors que les pères sont en général des ouvriers.

3. UTILISATION DES FARINES PNC AU SEIN DES FAMILLES

L'exploitation des parties du questionnaire relatives à l'utilisation des farines dans les foyers montre que le partage de la farine et/ou des préparations est bien un fait social. En effet, plus de la moitié des femmes déclare partager la farine et/ou les préparations avec leurs voisins (52%) alors que le partage avec la famille endogène est retrouvée dans 88% des cas.

Au sujet du rythme de consommation de la dotation hebdomadaire de 700 g de farine, on constate que seules 12 femmes (17%) parviennent à couvrir la semaine. La majorité des femmes épuise leur dotation au bout de 4 jours.

L'analyse des résultats selon la recommandation du PNC (2 préparations par jour) montre que 41% des bénéficiaires ne font qu'une préparation, 45% parviennent à suivre cette recommandation et que 14% en font plus.

Les farines PNC sont des aliments de complément enrichis en vitamines et minéraux. la bouillie est la forme de consommation recommandée par le PNC mais on constate que d'autres types de préparations sont effectués avec ces farines comme le montre le tableau III-2

Tableau III-2 : Modes de préparations des farines

Préparations	Effectif	Pourcentage
Bouillie seulement	28	38%
Bouillie associée à d'autres préparations	37	51%
Autres préparations	8	11%

Les autres formes de préparations sont essentiellement les '*fondé*', '*beignet*', '*thiacry*', '*lakh*', '*ngalax*' et '*mouraké*'. Ces autres formes sont obtenues selon les procédés suivants : les farines PNC sont tamisées pour séparer la **farine** proprement dite, de la **semoule**. Les deux types de produits peuvent être préparés pour donner la bouillie dans le cas de la farine et le

'*lakh*' dans le cas de la semoule. La farine est granulée par adjonction d'eau et brassage à la main puis tamisée. Les plus grosses particules forment le '*arraw*' avec lequel le '*fondé*' est préparé. Les particules fines sont ensuite cuites à la vapeur et tamisées pour donner deux types de produits :

- Les particules les plus grosses peuvent être mélangées au lait caillé pour donner le '*thiacry*' ou à une décoction de pain de singe contenant de la pâte d'arachide pour donner le '*ngalakh*'.
- Le '*mouraké*' est obtenu à partir des particules fines après adjonction de pâte d'arachide et de sucre.

Les ingrédients qui sont ajoutés à ces différentes préparations sont : le lait caillé (66,4%), le beurre (23,3%), l'huile de palme (20,4%), le lait en poudre (12,3%), le jus de citron (5,4%) le pain de singe (2,7%) alors que le '*diw nior*' (beurre de vache) et la pâte d'arachide ne sont cités que par une femme.

La supplémentation alimentaire est une stratégie devant permettre aux bénéficiaires de couvrir ses besoins nutritionnels. La substitution de l'un des plats familiaux par l'aliment est le plus souvent un des problèmes majeurs des programmes de supplémentation.

Ainsi, dans notre étude, presque la moitié des femmes (49%) affirment avoir remplacé un de leurs principaux repas par les préparations faites avec les farines PNC et ceci en fonction de l'heure à laquelle les préparations sont prises.

Dans cette substitution, des raisons économiques sont évoquées dans 43% des cas, 46% avancent la consistance de la bouillies comme argument et 11% l'impact des préparations sur le poids.

IV. EFFETS DE LA SUPPLEMENTATION ALIMENTAIRE SUR L'ETAT NUTRITIONNEL DE LA MERE

1. ANTHROPOMETRIE DES MERES

1.1. Caractéristiques selon le type d'aliment reçu durant la grossesse

Les caractéristiques anthropométriques des mères bénéficiaires réparties selon le type d'aliment de supplément (mil ou maïs) reçu au cours du dernier trimestre de la grossesse sont présentées dans le tableau IV-1. Ces caractéristiques sont comparées à celles des témoins.

Tableau IV-1 : Caractéristiques anthropométriques des bénéficiaires selon le type d'aliment comparées aux témoins

	Groupe Mil (n=39)	Groupe Maïs (n=35)	Témoins (n=55)
Age (ans)	26 ± 5	27 ± 6	28 ± 7
Poids 1 (kg)	57,8 ± 8,3	58,7 ± 10,3	56,8 ± 9,1
Poids 2 (kg)	57,6 ± 7,5	58,9 ± 10,7	57,7 ± 9,4
Poids 3 (kg)	58,7 ± 8,5	59,8 ± 11,1	57,5 ± 10,2
Taille (m)	1,60 ± 0,05 ^a	1,63 ± 0,05	1,63 ± 0,06
IMC 1 (kg/m²)	22,6 ± 3,0	21,9 ± 3,5	21,4 ± 3,1
IMC 2 (kg/m²)	22,6 ± 2,6	22,1 ± 3,5	21,7 ± 3,3
IMC 3 (kg/m²)	23,0 ± 3,1	22,4 ± 3,7	21,7 ± 3,6

M ± ET, 1, 2 et 3 correspondent à 1, 2 et 3 mois après accouchement,

^a *groupe Mil versus groupe Maïs (p < 0,05) et Groupe Mil versus témoins (p < 0,05)*

L'âge moyen des femmes qui est de 27 ± 6 ans pour les trois groupes montre une population d'étude relativement jeune.

Réparties selon le type d'aliment de supplément reçu pendant le dernier trimestre de la grossesse, l'analyse de variance montre que les mères qui ont reçu le supplément à base de mil sont plus petites que les autres femmes. Hormis la taille, les femmes supplémentées (mil ou maïs) présentent des caractéristiques comparables à celles des témoins. L'IMC reste stable au cours de l'étude quel que soit le groupe.

1.2. Prévalence du déficit énergétique chronique selon le type de supplément reçu

Tableau IV-2 : Prévalence du déficit énergétique chronique

	Groupe Mil (n=39)	Groupe Maïs (n=35)	Témoins (n=55)
IMC 1 < 18,5	1 (3%)	4 (12%)	8 (15%)
IMC 2 < 18,5	1 (3%)	3 (9%)	5 (9%)
IMC 3 < 18,5	1 (3%)	1 (3%)	11 (20%)

On constate qu'à 3 mois post-partum 11 témoins souffrent d'un déficit énergétique chronique (IMC < 18,5) contre 2 femmes dans le groupe des bénéficiaires (1 femme dans le groupe mil et 1 femme dans le groupe maïs).

1.3. Caractéristiques selon la durée de la supplémentation durant la grossesse

Les caractéristiques anthropométriques des femmes bénéficiaires réparties en sous-groupes (SG) selon la durée de la supplémentation pendant le dernier trimestre de la grossesse sont indiquées dans le tableau IV-3.

Tableau IV-3 : Caractéristiques anthropométriques des bénéficiaires selon la durée de la supplémentation

	Durée de la supplémentation			Témoins (n = 55)
	£ 30 jours	]30, 60 jours]	> 60 jours	
	SG1 (n=13)	SG2 (n=33)	SG3 (n=28)	
Age (ans)	26 ± 5	26 ± 5	27 ± 6	27 ± 7
Poids 1 (kg)	56,4 ± 8,0	56,9 ± 9,0	60,8 ± 9,8	56,8 ± 9,1
Poids 2 (kg)	57,2 ± 8,0	57,3 ± 8,9	59,8 ± 9,7	57,7 ± 9,4
Poids 3 (kg)	56,9 ± 8,5	58,1 ± 9,1	61,5 ± 11,1	57,5 ± 10,2
Taille (m)	1,60 ± 0,04	1,62 ± 0,05	1,60 ± 0,05	1,63 ± 0,06
IMC 1 (kg/m²)	21,9 ± 2,8	21,4 ± 2,7	23,6 ± 3,7 ^a	21,4 ± 3,1
IMC 2 (kg/m²)	22,1 ± 3,0	21,7 ± 2,7	23,4 ± 3,4	21,7 ± 3,3
IMC 3 (kg/m²)	22,1 ± 3,1	21,9 ± 2,9	24,0 ± 3,8 ^a	21,7 ± 3,6

M ± ET, 1, 2 et 3 correspondent à 1, 2 et 3 mois après accouchement,, ^a SG3 versus témoins (p < 0,05)

A 1, 2 et 3 mois post-partum, les femmes ont des poids comparables entre elles, mais également comparables à celui des témoins. Les femmes du groupe SG3 qui ont bénéficié de la supplémentation pendant 6 mois (3 mois durant la grossesse et 3 mois durant l'allaitement) présentent un IMC significativement plus élevé que celui des femmes du groupe témoins.

1.4. Prévalence du déficit énergétique chronique selon la durée de la supplémentation

Tableau IV-4 : Prévalence du déficit énergétique chronique selon la durée de la supplémentation

	Durée de la supplémentation			Témoins (n = 55)
	≤ 30 jours	]30, 60 jours]	> 60 jours	
	SG1 (n=13)	SG2 (n=33)	SG3 (n=28)	
IMC 1 < 18,5	1 (8%)	3 (10%)	1 (4%)	8 (15%)
IMC 2 < 18,5	1 (8%)	3 (10%)	0	5 (9%)
IMC 3 < 18,5	1 (8%)	1 (3%)	0	11 (20%)

Le déficit énergétique chronique est presque inexistant dans le groupe des femmes supplémentées particulièrement chez celles du groupe SG3 où à partir de 2 mois post-partum aucune femme ne présente un IMC < 18,5 kg/m².

2. COMPOSITION CORPORELLE DES MERES

2.1. Composition corporelle selon le type de supplément reçu durant la grossesse

Le tableau IV-5 montre la composition corporelle des bénéficiaires à 3 mois post-partum réparties selon le type d'aliment de supplément reçu au dernier trimestre de la grossesse. La composition corporelle des bénéficiaires est ici comparée à celles des témoins.

Tableau IV-5 : Composition corporelle des mères bénéficiaires selon le type d'aliment reçu

	Groupe Mil (n=39)	Groupe Maïs (n=35)	Témoins (n=55)
Masse maigre (kg)	43,5 ± 4,9	44,8 ± 5,4	43,1 ± 5,2
Masse grasse (kg)	15,2 ± 5,5	14,9 ± 6,8	14,4 ± 6,5
% de masse grasse	25 ± 7	24 ± 7	24 ± 7

M ± ET

Aucune modification de la composition corporelle n'est observée avec la supplémentation quel que soit le type d'aliment de supplément reçu. L'analyse de variance montre que la masse maigre, la masse grasse et le pourcentage de masse grasse restent comparables entre les 3 groupes.

2.2. Composition corporelle selon la durée de la supplémentation durant la grossesse

Le tableau IV-6 présente les valeurs moyennes de la masse maigre et de la masse grasse des bénéficiaires réparties selon la durée de la supplémentation au cours du dernier trimestre de la grossesse et des témoins.

Tableau IV-6 : Composition corporelle des mères selon la durée de la supplémentation

	Durée de la supplémentation			Témoins (n=55)
	£ 30 jours SG1 (n=13)	]30, 60 jours] SG2 (n=33)	> 60 jours SG3 (n=28)	
Masse maigre (kg)	41,0 ± 4,1	44,3 ± 5,1	45,3 ± 5,2	43,1 ± 5,2
Masse grasse(kg)	15,9 ± 6,6	13,7 ± 5,3	16,2 ± 6,7	14,4 ± 6,5
% de masse grasse	27 ± 8	23 ± 6	25 ± 6	24 ± 7

M ± ET

La durée de la supplémentation ne modifie pas la composition corporelle des mères. Cependant, on observe une tendance à une augmentation de la masse maigre chez les femmes du groupe SG3 comparées à celles du groupe SG1 (p = 0,06) mais la masse grasse reste constante quelle que soit la durée de la supplémentation.

V. EFFETS DE LA SUPPLEMENTATION ALIMENTAIRE SUR LA QUANTITE ET LA QUALITE DU LAIT MATERNEL

1. QUANTITE DE LAIT MATERNEL INGEREE PAR LES NOURRISSONS PAR 24 H

1.1. Ingesta des nourrissons selon le type d'aliment reçu par la mère

Les quantités moyennes de lait maternel et d'eau consommées par les nourrissons à l'âge de 3 mois sont présentées dans le tableau V-1.

Tableau V-1 : Ingesta des bébés selon le type d'aliment reçu par la mère

	Groupe Mil (n=39)	Groupe Maïs (n=35)	Témoins (n=55)
Lait maternel (ml/24 h)	841 ± 163	928 ± 196	869 ± 187
Eau 'métabolique' (ml/24 h)	201 ± 143 ^a	106 ± 87	113 ± 131

M ± ET, eau 'métabolique' = eau et/ou eau provenant des aliments autres que le lait maternel, ^a groupe Mil versus groupe Maïs (p £ 0,0001)

La quantité de lait produite par les femmes est comparable dans les 3 groupes.

Les nourrissons du groupe Mil consomment en plus du lait maternel des quantités plus importantes d'eau (eau et/ou eau provenant des aliments autres que le lait maternel) que les enfants du groupe Maïs et ceux des témoins (p = 0,001). Bien que la différence ne soit pas significative, on observe une réduction de 10% de la quantité de lait ingérée par les nourrissons du groupe Mil par rapport aux nourrissons du groupe Maïs.

1.2. Ingesta des nourrissons selon la durée de la supplémentation des mères

Dans le tableau V-2 sont présentées les quantités de lait maternel et d'eau consommées par les nourrissons répartis selon la durée de la supplémentation de la mère durant la grossesse.

Tableau V-2 : Ingesta des nourrissons selon la durée de la supplémentation des mères

	Durée de la supplémentation			Témoins (n = 55)
	£ 30 jours	]30, 60 jours]	> 60 jours	
	SG1 (n=13)	SG2 (n=33)	SG3 (n=28)	
Lait maternel (ml/24 h)	843 ± 109	879 ± 214	903 ± 175	869 ± 187
Eau ‘métabolique’ (ml/24 h)	147 ± 104	176 ± 159	136 ± 95	113 ± 131

M ± ET, eau ‘métabolique’ = eau et/ou eau provenant des aliments autres que le lait maternel

Les quantités de lait maternel ingérée par 24h sont comparables pour les nourrissons des groupes SG1, SG2 et SG3. Elles sont également comparables à celles des nourrissons des témoins. Les nourrissons des mères bénéficiaires consomment également des quantités d’eau ou d’aliments autres que le lait maternel comparables à ceux des mères témoins.

1.3. Prévalence de l’allaitement maternel exclusif

1.3.1. A partir de la méthode de la dilution isotopique

La méthode de la dilution isotopique où la mère reçoit la dose de deutérium, permet de calculer le flux d’eau autre que le lait maternel si le nourrisson n’est pas exclusivement allaité (F_{be}). L’allaitement maternel est dit exclusif si la quantité d’eau reçue par le nourrisson est comprise entre 0 et 52 ml/j (AME). Si cette quantité varie de 53 à 216 ml/j, l’allaitement est dit prédominant (AMP) et quand elle est supérieure à 216 ml/j l’allaitement maternel est qualifié de partiel (AMPa) (Haisma & al., 2003). La figure 5-1 montre la répartition des nourrissons selon le mode d’allaitement défini à partir de la quantité d’eau reçue (F_{be}).

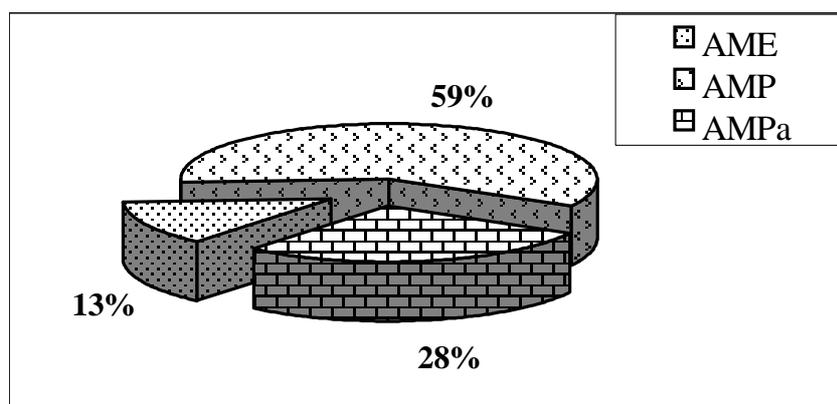


Figure 5-1 : Répartition des nourrissons en fonction du mode d'allaitement

AME = Allaitement maternel exclusif, AMP = Allaitement maternel prédominant,

AMPa = Allaitement maternel partiel

Ainsi, on constate que l'allaitement maternel exclusif (AME) n'est pratiqué que par 13% des femmes. La pratique la plus courante consiste à donner principalement de l'eau à l'enfant. Cette pratique appelée allaitement maternel prédominant (AMP) est exercée par 59% des femmes alors que l'allaitement maternel partiel (AMPa) correspondant à la pratique où l'enfant reçoit en plus du lait maternel des aliments énergétiques est observé chez 28% des femmes.

Les quantités de lait maternel ingéré par 24h en fonction du type d'alimentation du nourrisson sont présentés sur le tableau V-3. On note une réduction significative de la quantité de lait quand l'allaitement maternel partiel est pratiqué comparé aux autres pratiques. Le fait de donner principalement de l'eau à l'enfant n'affecte pas de façon significative la quantité de lait maternel ingéré.

Tableau V-3 : Quantités de lait ingéré par 24h selon les différentes pratiques alimentaires des nourrissons

Pratique alimentaire	Quantité de lait (ml/24h)
Allaitement Exclusif (n = 17)	925 ± 172
Allaitement Prédominant (n = 76)	910 ± 169
Allaitement Partiel (n = 36)	782 ± 192 ^a

^a partiel versus exclusif p £ 0,004 et partiel versus prédominant p £ 0,007

1.3.2. A partir du questionnaire

A la question posée aux mères relative à l'allaitement maternel exclusif, on observe que 36% des femmes déclarent le pratiquer, 36% affirment avoir donné de l'eau ou du jus de fruit à l'enfant et 28% déclarent donner en plus du lait maternel des aliments énergétiques tels que le lait commercial ou la bouillie.

Il existe donc un décalage manifeste entre les taux de pratique mesurés et ceux issus des déclarations particulièrement en ce qui concerne l'allaitement maternel exclusif (13% et 36% respectivement).

2. CONCENTRATIONS EN MACRONUTRIMENTS ET EN MINÉRAUX DU LAIT MATERNEL

2.1. Concentrations en lactose, protéines, triglycérides et contenu énergétique du lait maternel à 3 mois d'allaitement

2.1.1. Concentrations en lactose, protéines, triglycérides et contenu énergétique selon le type de supplément reçu durant la grossesse

Les concentrations moyennes en lactose, en protéines et en triglycérides et la valeur énergétique du lait des femmes réparties selon le type de supplément reçu sont présentées sur le tableau V-4.

Tableau V-4 : Concentrations en lactose, protéines, triglycérides et contenu énergétique du lait maternel

	Groupe Mil (n = 39)	Groupe Maïs (n = 35)	Témoins (n = 55)
Lactose (g/l)	62 ± 8 ^a	60 ± 7 ^a	55 ± 8
Protéines (g/l)	11 ± 3 ^a	11 ± 2 ^a	9 ± 3
Triglycérides (g/l)	29 ± 6	34 ± 11	31 ± 10
Energie (kcal/l)	580 ± 65	608 ± 111	558 ± 105

M ± ET, ^a groupe Mil versus témoins (p ≤ 0,0001) et groupe Maïs versus témoins (p ≤ 0,0001)

Les femmes du groupe Mil et celles du Groupe Maïs présentent des concentrations en macronutriments et un contenu énergétique du lait comparables. Les concentrations en lactose et en protéines du lait des femmes des groupes Mil et Maïs sont significativement plus importantes ($p \leq 0,0001$) que celles du lait des témoins. Le contenu énergétique du lait des femmes supplémentées avec la farine à base de maïs tend à être plus important que celui des témoins mais la différence n'est pas significative ($p = 0,06$).

2.1.2. Concentrations en lactose, protéines, triglycérides et contenu énergétique selon la durée de la supplémentation pendant la grossesse

Les valeurs moyennes des concentrations en lactose, protéines, triglycérides et la valeur énergétique du lait maternel des femmes réparties selon la durée de la supplémentation pendant la grossesse sont présentées sur le tableau V-5.

Tableau V-5 : Concentrations en lactose, protéines, triglycérides et contenu énergétique du lait maternel selon la durée de la supplémentation pendant la grossesse

	Durée de la supplémentation			Témoins (n = 55)
	£ 30 jours	]30, 60 jours]	> 60 jours	
	SG1 (n = 13)	SG2 (n = 33)	SG3 (n = 28)	
Lactose (g/l)	59 ± 6	62 ± 8 ^a	61 ± 9 ^a	55 ± 8
Protéines (g/l)	11 ± 3	11 ± 2 ^a	11 ± 2 ^a	9 ± 2
Triglycérides (g/l)	31 ± 7	33 ± 10	29 ± 8	31 ± 10
Energie (kcal/l)	583 ± 73	612 ± 97	577 ± 89	558 ± 105

M ± ET, ^a SG2 versus témoins (p £ 0,0001) et SG3 versus témoins (p £ 0,0001)

Réparties selon la durée de la supplémentation durant la grossesse, les femmes des groupes SG1, SG2 et SG3 présentent des concentrations en lactose, protéines, triglycérides et le contenu énergétique du lait maternel comparables. Cependant, aussi bien pour le lactose que pour les protéines, les femmes des groupes SG2 et SG3 ont des concentrations significativement plus élevées que celles des témoins. Les concentrations en triglycérides de même que le contenu énergétique du lait restent comparables entre les groupes.

2.2. Concentrations en calcium, en magnésium, en zinc, en sélénium, en sodium et en potassium du lait maternel

2.2.1. Concentrations en calcium, en magnésium, en zinc, en sélénium, en sodium et en potassium du lait maternel selon le type d'aliment de supplément reçu durant la grossesse

Dans le tableau V-6 sont présentées les concentrations moyennes en Ca, Mg, Na, Zn, K et Se du lait des femmes réparties selon le type d'aliment de supplément reçu durant la grossesse et des témoins. Les résultats d'une étude multinationale sur l'allaitement maternel menée conjointement par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) sont également reportés.

Tableau V-6 : Concentrations en minéraux du lait maternel selon le type d'aliment de supplément reçu par la mère

	Groupe Mil (n = 38)*	Groupe Maïs (n = 35)	Témoins (n = 55)	OMS / AIEA
Ca (mg/l)	239 ± 39	260 ± 37 ^a	235 ± 40	220-300
Mg (mg/l)	31 ± 7	34 ± 5	32 ± 7	29-38
Zn (mg/l)	1,8 ± 0,7 ^b	1,4 ± 0,5	1,3 ± 0,5	0,7-2
Se (mg/l)	14 ± 4	-	16 ± 6	13-24
Na (mg/l)	136 ± 59	138 ± 43	132 ± 67	90-130
K (mg/l)	501 ± 78	481 ± 78	509 ± 74	410-550

M ± ET, ^a groupe Maïs versus témoins (p £ 0,01), ^b groupe Mil versus témoins (p £ 0,003)

** Se : Groupe Mil, n = 29*

Les concentrations moyennes en minéraux du lait des femmes supplémentées ou non, sont dans les intervalles de concentrations observées dans l'étude de l'AIEA / OMS.

Cependant, la concentration en calcium du lait des femmes du groupe Maïs est significativement plus importante que celle des témoins ($p \leq 0,01$). Pour le Zn, on observe que la concentration est plus importante dans le lait des femmes supplémentées avec la farine à base de mil que dans celui des témoins ($p \leq 0,003$). Aucune différence n'est observée en ce qui concerne les concentrations en Mg, en Se, en Na, et en K entre les trois groupes.

2.2.2. Concentrations en calcium, en magnésium, en zinc, en sélénium, en sodium et en potassium du lait maternel selon la durée de la supplémentation pendant la grossesse

Les concentrations moyennes en minéraux du lait des femmes réparties selon la durée de la supplémentation pendant la grossesse sont indiquées dans le tableau V-7.

Tableau V-7 : Concentrations en minéraux du lait maternel selon la durée de la supplémentation pendant la grossesse

	Durée de la supplémentation			Témoins (n = 55)
	£ 30 jours SG1 (n=13)*	]30 - 60 jours] SG2 (n=33)*	> 60 jours SG3 (n=28)*	
Ca (mg/l)	251 ± 32	247 ± 45	251 ± 37	235 ± 40
Mg (mg/l)	33 ± 5	31 ± 7	33 ± 5	32 ± 7
Zn (mg/l)	1,8 ± 0,7 ^a	1,6 ± 0,7	1,5 ± 0,6	1,3 ± 0,5
Se (µg/l)	13 ± 2	15 ± 4	14 ± 3	16 ± 6
Na (mg/l)	106 ± 45	143 ± 50	145 ± 53	132 ± 67
K (mg/l)	491 ± 118	491 ± 79	493 ± 54	509 ± 74

*M ± ET, ^a SG1 versus témoins (p = 0,03), * pour le Se : SG1, n=6 ; SG2, n=14 et SG3, n=9*

Les concentrations en Ca, en Mg, en Na, en K et en Se du lait maternel sont comparables entre les groupes SG1, SG2, SG3 et les témoins. La concentration en Zn est plus importante dans le lait des femmes du groupe SG1 que dans celui des témoins ($p \leq 0,03$).

3. FACTEURS ASSOCIES A LA PRODUCTION LACTEE

La régression linéaire multiple montre que le poids du nourrisson à l'âge de 3 mois, son gain de poids entre 1 et 3 mois ainsi que les apports autres que le lait maternel expliquent 62 % des variations de la quantité de lait ingérée ($r^2 = 0,62$; $p \leq 0,0001$).

Aucune corrélation n'a été trouvée entre l'âge, l'IMC, la masse grasse (kg ou %), la parité de la mère et la quantité de lait ingéré par 24 h. Cependant, une tendance est observée pour son poids à 3 mois post-partum ($r = 0,157$; $p = 0,07$) et le contenu énergétique du lait ($r = -0,17$; $p = 0,06$).

La production lactée est négativement et significativement corrélée aux apports autres que le lait maternel dans le groupe Mil et dans le groupe des témoins. Cependant, un modèle de régression multiple permet de constater que cette association est indépendante du groupe (pas d'effet groupe) et dépend uniquement de la variation des apports autres que le lait.

Les variations de la production lactée de l'ensemble des femmes en fonction des apports autres que le lait maternel ($r = -0,379$; $p \leq 0,0001$) sont présentées sur la figure V-2. Le coefficient de détermination ($r^2 = 0,14$) montre que 14% des variations de la quantité de lait ingéré sont dus au fait de donner au nourrisson de l'eau et/ou des aliments autres que le lait maternel.

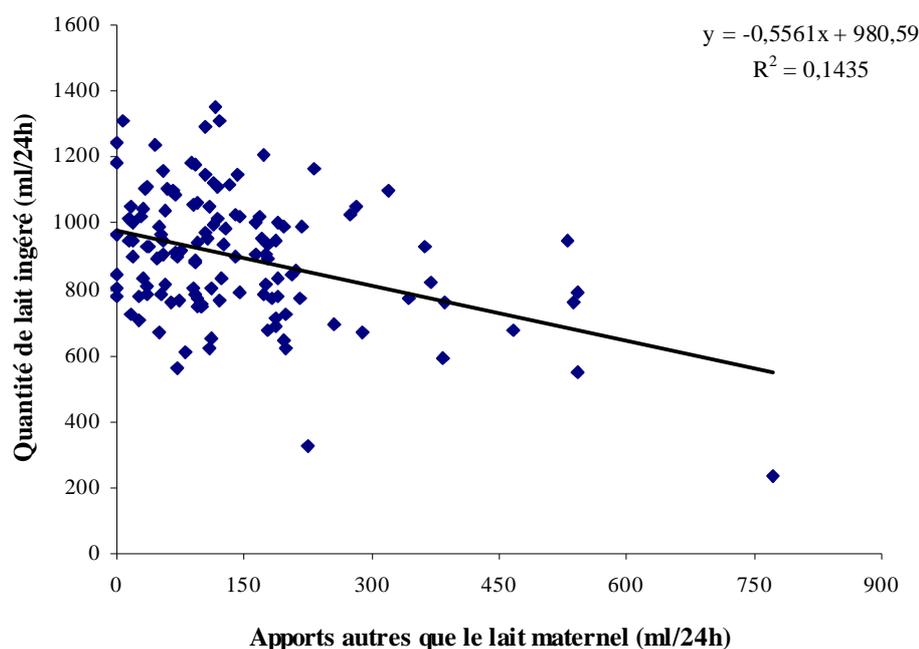


Figure 5-2 : Association entre la quantité de lait et les apports autres que le lait maternel

4. APPORTS QUOTIDIENS EN ENERGIE, EN PROTEINES, EN CALCIUM, EN MAGNESIUM, EN ZINC, EN SELENIUM, EN SODIUM ET EN POTASSIUM DU LAIT MATERNEL

4.1. Apports quotidiens en énergie et en protéines du lait maternel à l'âge de 3 mois

Les apports en énergie et en protéines du lait maternel exprimés en kcal ou en g par 24 h et par kg de poids corporel des nourrissons sont présentés dans le tableau V-8.

Tableau V-8 : Apports quotidiens en énergie et en protéines du lait maternel

Apports quotidiens	Groupe Mil (n = 39)	Groupe Maïs (n = 35)	Témoins (n = 55)
Energie (kcal/24h)	487 ± 108	559 ± 143 ^a	481 ± 119
(kcal/kg/24h)	81 ± 15	99 ± 24 ^a	83 ± 17
Protéines (g/24h)	9,5 ± 2,9 ^b	10,2 ± 2,6 ^b	8,1 ± 2,4
(g/kg/24h)	1,6 ± 0,4	1,8 ± 0,4 ^c	1,4 ± 0,4

M ± ET, ^a groupe Maïs versus groupe Mil et témoins (p £ 0,01), ^b groupe Mil et groupe Maïs versus témoins (p £ 0,001), ^c groupe Maïs versus témoins (p £ 0,0001)

Les ingesta énergétiques des nourrissons du groupe Maïs sont plus importants que ceux des nourrissons du groupe Mil et des témoins ($p \leq 0,01$). Une différence significative de **75 kcal/24h** est observée entre le groupe Maïs et les deux autres groupes. Rapportée au poids du nourrisson cette différence persiste et devient plus significative ($p \leq 0,0001$).

Les apports protéiques sont plus importants dans les groupes Mil et Maïs que dans le groupe des témoins avec respectivement des différences de **1,4** et **2,1 g/24h** ($p \leq 0,001$). Cependant, rapportées au poids du nourrisson, seule persiste la différence observée entre les nourrissons du groupe Maïs et des témoins ($p \leq 0,0001$).

Les apports énergétiques sont positivement et significativement corrélés au poids des nourrissons dans le groupe Mil, dans le groupe Maïs et chez les témoins. Un modèle de régression multiple permet de constater que cette association est dépendante du groupe (effet groupe). Il en est de même de l'association entre les apports énergétiques et la production lactée. Par contre, aucun effet groupe n'est observé entre les apports énergétiques et le contenu énergétique du lait maternel. Les variations de ces apports sont uniquement dues aux variations du contenu énergétique du lait maternel.

La régression linéaire simple montre que le poids des nourrissons, la concentration en protéines du lait maternel et la production lactée sont positivement et significativement associés aux apports protéiques. L'association entre le poids des nourrissons et les apports protéiques est dépendante du groupe (effet groupe). Il en est de même pour l'association entre la production lactée et les apports protéiques. Aucun effet groupe n'est observé entre la

concentration en protéines du lait maternel et les apports protéiques. Les variations de ces derniers sont uniquement dues aux variations de la concentration en protéines du lait suite à la supplémentation des mères.

4.2. Apports quotidiens en calcium, en magnésium, en zinc, en sélénium, en sodium et en potassium du lait maternel

Les apports quotidiens en calcium, en magnésium, en zinc, en sélénium, en sodium et en potassium du lait maternel sont présentés sur les figures suivantes.

4.2.1. Apports en calcium du lait maternel

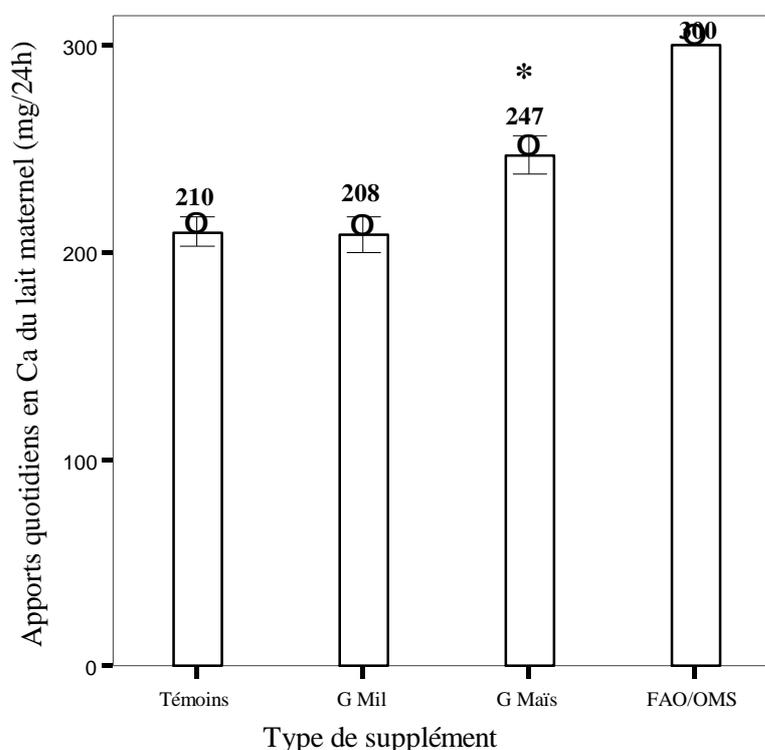


Figure 5-3 : Apports quotidiens en calcium du lait maternel

GMil : groupe Mil

GMaïs : groupe Maïs

* *GMaïs* versus *Témoins* ($p \leq 0,005$) et *GMaïs* versus *GMil* ($p \leq 0,008$)

Les apports quotidiens en calcium du lait des femmes du groupe Maïs sont significativement plus importants que ceux du lait des femmes du groupe Mil et des témoins ($p \leq 0,008$ et $p \leq$

0,005 respectivement). Cependant, ces apports sont en dessous de l'apport recommandé par la FAO/OMS.

4.2.2. Apports quotidiens en magnésium du lait maternel

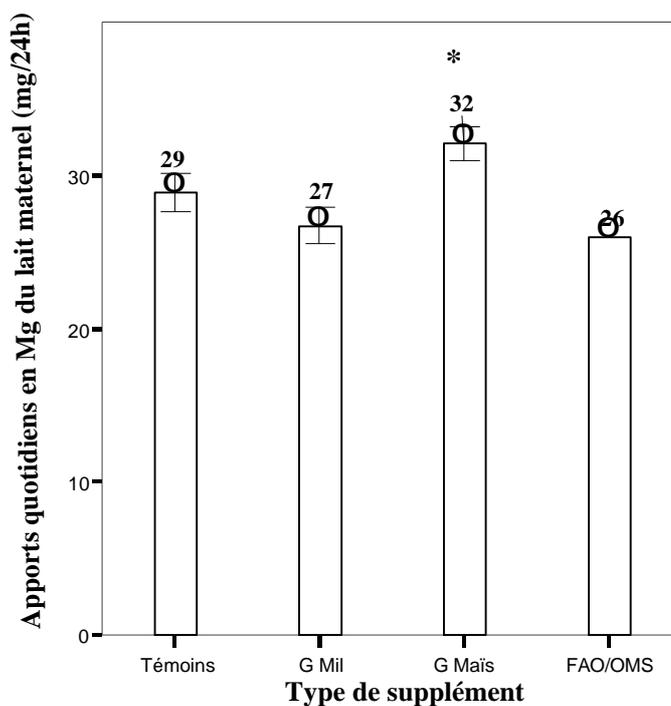


Figure 5-4 : Apports en magnésium du lait maternel

GMil : groupe Mil

GMaïs : groupe Maïs

* *GMaïs* versus *GMil* ($p \leq 0,02$)

Les apports en magnésium du lait des femmes du groupe Maïs sont significativement plus importants que ceux des femmes du groupe Mil ($p \leq 0,02$) mais sont comparables à ceux des témoins. Par rapport aux recommandations de la FAO/OMS, le lait maternel couvre intégralement les besoins en magnésium des nourrissons âgés de 3 mois.

4.2.3. Apports quotidiens en zinc du lait

Les apports quotidiens en zinc du lait maternel sont présentés sur la figure 5-5.

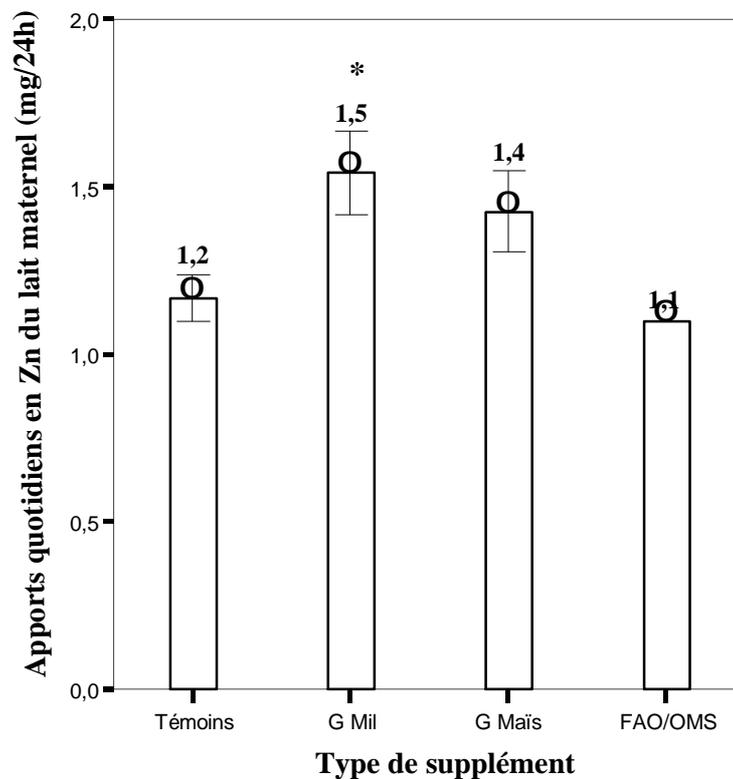


Figure 5-5 : Apports en zinc du lait maternel

GMil : groupe Mil

GMaïs : groupe Maïs

**GMil versus Témoins ($p \leq 0,02$)*

Les apports en zinc sont significativement plus importants chez les nourrissons du groupe Mil que chez ceux des témoins ($p \leq 0,02$) mais sont comparables à ceux des femmes du groupe Maïs. Pour le groupe témoin, les apports du lait maternel en zinc sont comparables à ceux rapportés par la FAO/OMS. Chez les nourrissons des mères supplémentées en Mil et en Maïs, les apports moyens sont respectivement 36% et 27% supérieurs à l'apport recommandé.

4.2.4. Apports quotidiens en sélénium du lait maternel

La figure 5-6 montre les apports en sélénium du lait des femmes du groupe Mil et des témoins.

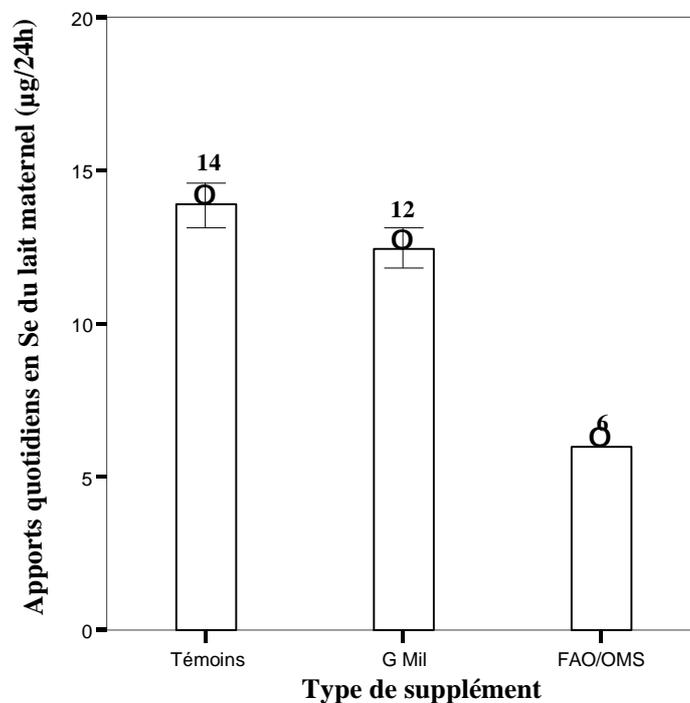


Figure 5-6 : Apports en sélénium du lait maternel

GMil : groupe Mil

La quantité de sélénium du lait maternel ingérée par les nourrissons est comparable dans le groupe Mil et dans le groupe témoins mais est deux fois plus importante que celle recommandée par FAO/OMS.

4.2.5. Apports quotidiens en sodium du lait maternel

Les apports quotidiens en sodium du lait maternel sont présentés sur la figure 5-7. Ces apports sont comparés aux apports dits adéquats de la 'National Academy of Science' des Etats –Unis (NAS).

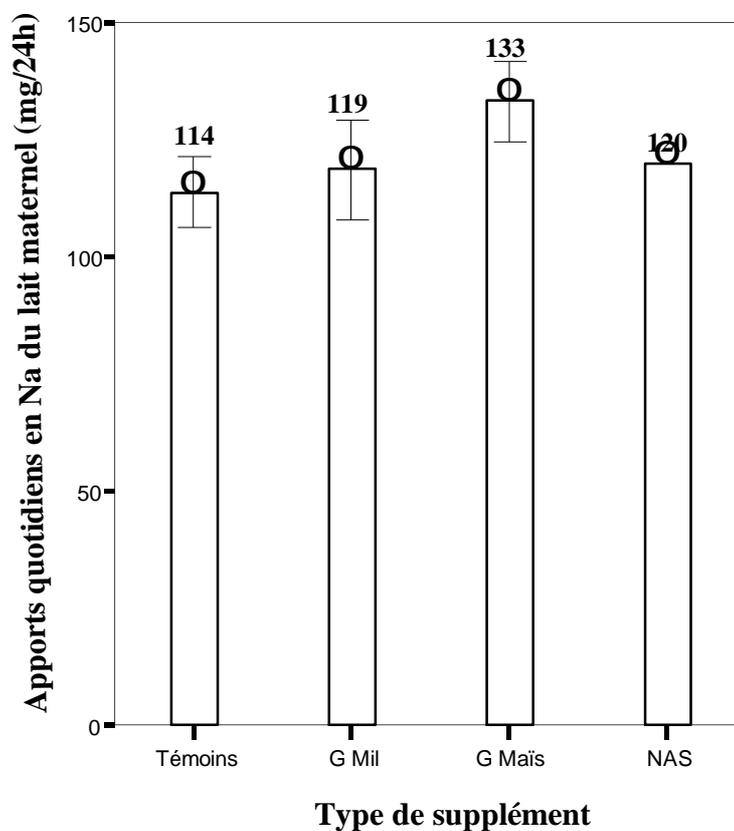


Figure 5-7 : Apports quotidiens en sodium du lait maternel

GMil : groupe Mil

GMaïs : groupe Maïs

Les apports quotidiens en sodium du lait maternel sont comparables quel que soit le groupe et sont comparables à la valeur recommandée de la NAS.

4.2.6. Apports quotidiens en potassium du lait maternel

Les apports quotidiens en potassium du lait maternel sont présentés sur la figure 5-8. Ces apports sont comparés aux apports dits adéquats de la ‘National Academy of Science’ des États –Unis (NAS).

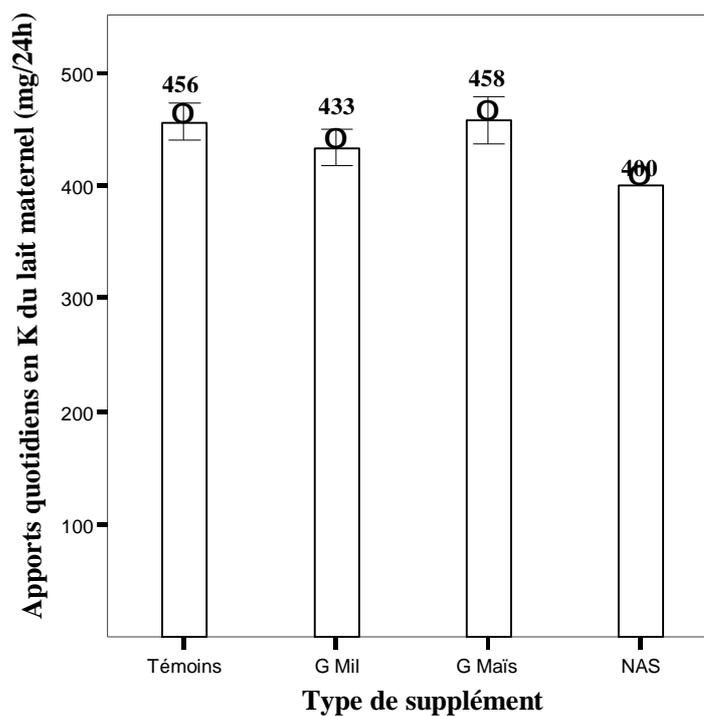


Figure 5-8 : Apports quotidiens en potassium du lait maternel

GMil : groupe Mil

GMaïs : groupe Maïs

Les apports quotidiens en potassium du lait maternel sont comparables quel que soit le groupe et sont dans l'intervalle des valeurs recommandées par la NAS.

VI. IMPACT DE LA SUPPLEMENTATION SUR L'ETAT NUTRITIONNEL DES NOURRISSONS

1. Caractéristiques anthropométriques des nourrissons âgés de 1, 2 et 3 mois

Dans le tableau VI-1 sont présentés le poids, la taille ainsi que les gains staturo-pondéraux des enfants à l'âge de 1, 2 et 3 mois.

Tableau VI-1 : Caractéristiques anthropométriques des nourrissons âgés de 1, 2 et 3 mois

	Groupe Mil (n = 39)	Groupe Maïs (n = 35)	Témoins (n = 55)
Poids1 (kg)	4,1 ± 0,6 ^a	3,9 ± 0,6	3,8 ± 0,6
Poids 2 (kg)	5,1 ± 0,7	5,0 ± 0,7	4,8 ± 0,9
Poids 3 (kg)	6,0 ± 0,7	5,6 ± 0,7	5,7 ± 0,9
Gain de poids (g/kg/j)	7,7 ± 1,9	7,8 ± 2,9	8,4 ± 2,3
Taille 1 (cm)	54,1 ± 2,2	53,0 ± 2,5	53,2 ± 2,7
Taille 2 (cm)	57,8 ± 2,2 ^a	56,8 ± 2,3	56,3 ± 2,7
Taille 3 (cm)	60,5 ± 2,2	59,9 ± 2,4	59,7 ± 2,9
Gain de taille (cm)	6,4 ± 1,1	6,8 ± 0,9	6,4 ± 1,5

M ± ET, 1,2 et 3 correspondent à 1, 2 et 3 mois ^agroupe Mil versus témoins (p £ 0,04 et p £ 0,02)

A l'âge de 1 mois, les nourrissons du groupe Mil présentent un poids plus important que celui des nourrissons des témoins avec une différence significative de 300 g. A 2 mois, cette différence s'estompe ($p = 0,07$) et disparaît à 3 mois.

La taille des nourrissons est comparable entre les trois groupes à l'âge de 1 mois d'âge. A 2 mois, les nourrissons du groupe Mil ont une taille plus importante que celle des nourrissons des témoins ($p \leq 0,02$). A 3 mois, les tailles redeviennent comparables entre les 3 groupes.

Durant les 3 premiers mois de l'étude, une augmentation significative ($p \leq 0,0001$) du poids et de la taille est observée chez tous les nourrissons.

2. Etat nutritionnel des nourrissons

2.1. Evolution de l'indice P(T) des nourrissons exprimé en Z-scores

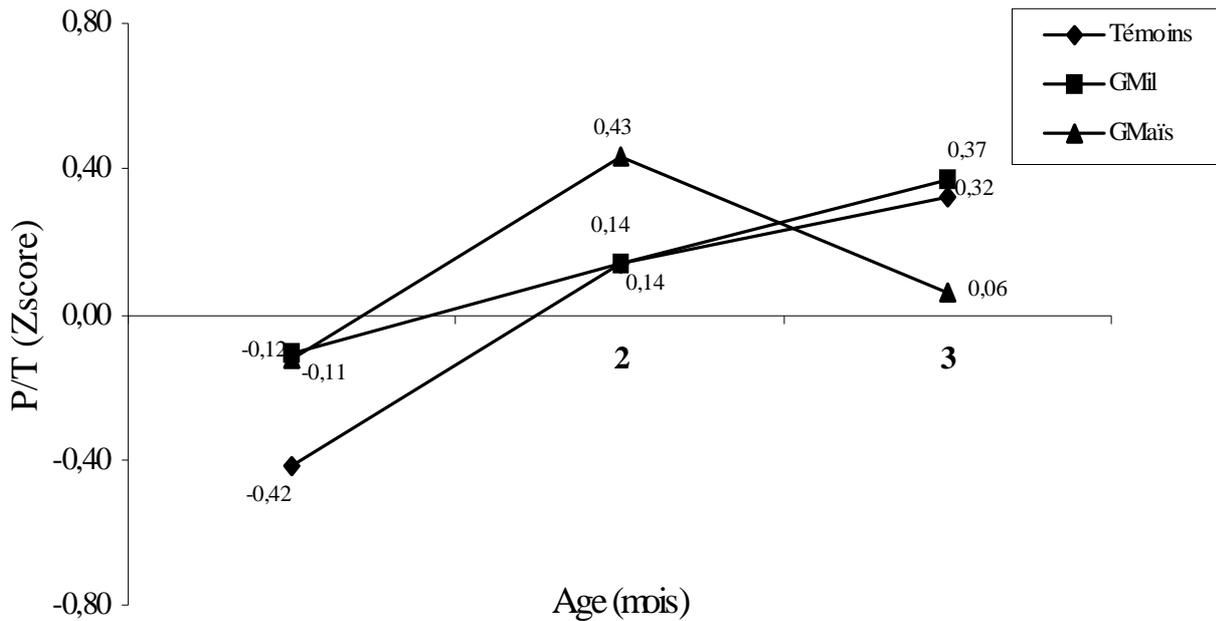


Figure 6-1 : Evolution de l'indice P(T) des nourrissons exprimé en Z-scores

GMil : groupe Mil

GMaïs : Groupe Maïs

A l'âge de 1, 2, et 3 mois, les nourrissons des trois groupes présentent des scores comparables. Une amélioration significative de la valeur de cet indice est notée au cours de l'étude pour le groupe Mil et les témoins ($p \leq 0,04$ et $p \leq 0,001$ respectivement). Par contre pour le groupe Maïs, la valeur de l'indice augmente entre 1 et 2 mois ($p \leq 0,04$) puis diminue de façon non significative entre 2 et 3 mois.

On observe également à l'âge de 1, 2 et 3 mois que la valeur moyenne de cet indice reste supérieure à -2 Z-scores valeur en dessous de laquelle est définie l'émaciation (malnutrition aiguë). Jusqu'à 3 mois, l'émaciation n'a été observée chez aucun nourrisson.

2.2. Evolution de l'indice P(A) des nourrissons exprimé en Z-scores

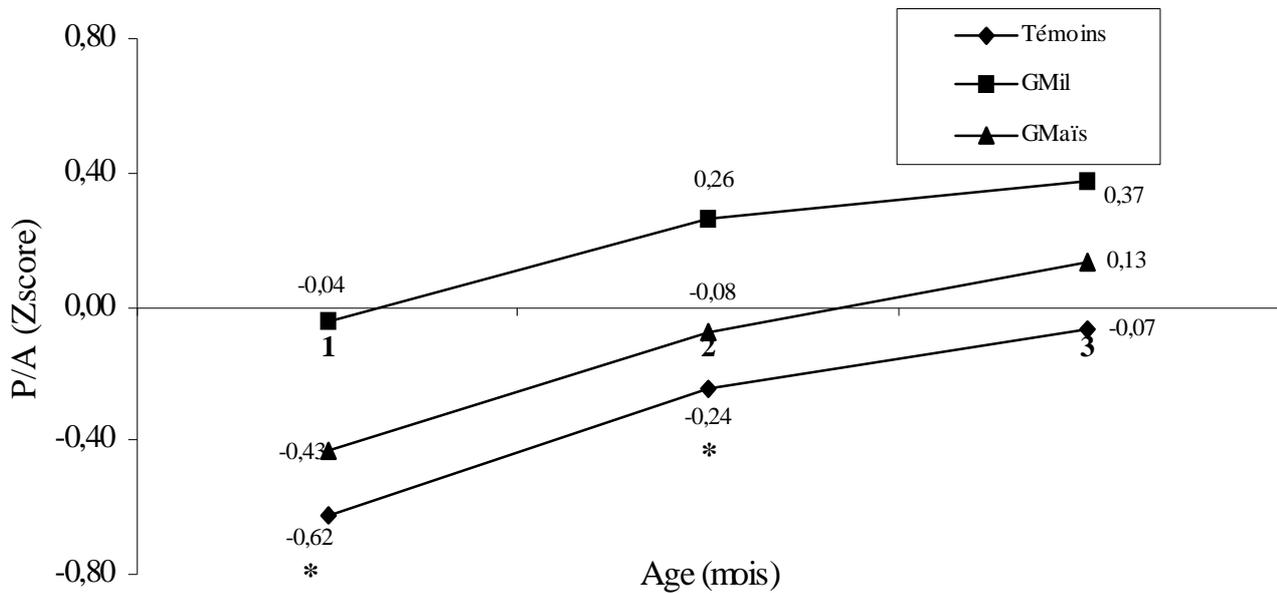


Figure 6-2 : Evolution de l'indice P(A) des nourrissons exprimé en Z-scores

GMil : groupe Mil

GMaïs : groupe Maïs

* $p < 0,05$ GMil versus témoins

A l'âge de 1 et 2 mois, les nourrissons du groupe Mil présentent des scores plus élevés que ceux des nourrissons des témoins ($p \leq 0,02$ et $p \leq 0,04$ respectivement). Cependant, à 3 mois, les scores deviennent comparables dans les trois groupes.

Une augmentation significative de la valeur de cet indice est observée entre 1 et 3 mois pour les nourrissons des témoins ($p \leq 0,02$), entre 1 et 2 mois pour les nourrissons du groupe Maïs ($p = 0,05$) alors qu'elle est non significative chez les nourrissons du groupe Mil.

Les valeurs moyennes de cet indice sont supérieures à -2 Z-scores valeur en dessous de laquelle un déficit pondéral est observé. A l'âge de 1 mois, le déficit pondéral n'est présent que chez 8 nourrissons (5 témoins, 1 groupe Mil et 2 groupe Maïs). A 2 mois, on l'observe chez 6 nourrissons (4 témoins, 1 groupe Mil et 1 groupe Maïs) et à 3 mois chez 4 nourrissons (2 témoins, 1 groupe Mil et 1 groupe Maïs).

2.3. Evolution de l'indice T(A)

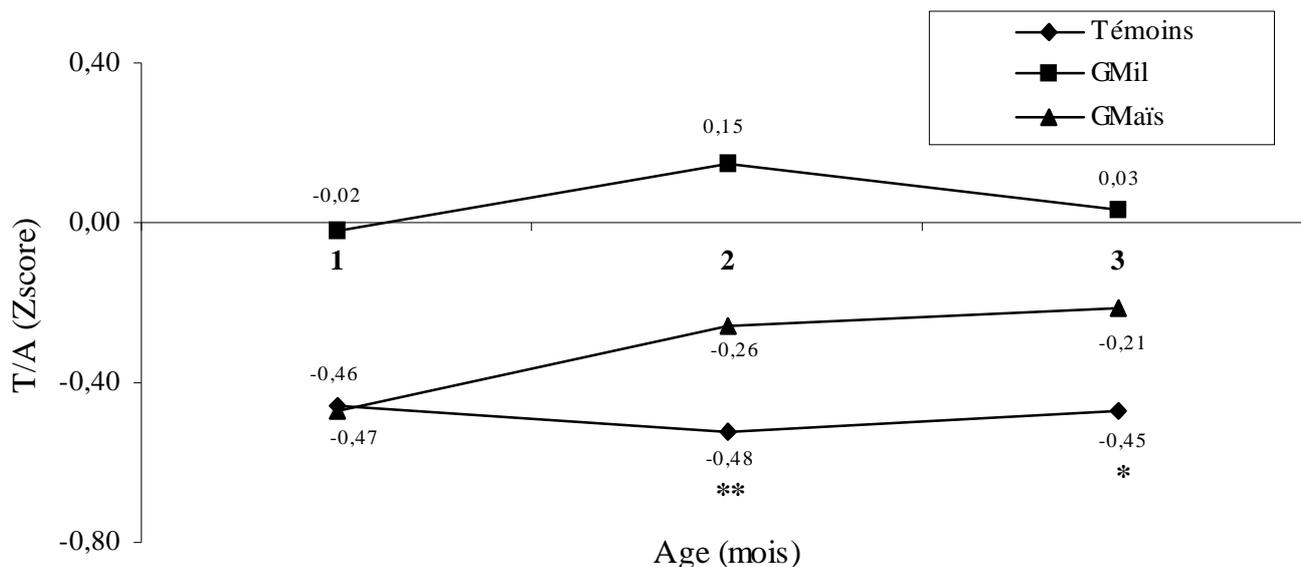


Figure 6-3 : Evolution de l'indice T(A) exprimé en Z-scores des nourrissons

GMil : groupe Mil

GMaïs : groupe Maïs

** $p \leq 0,01$ (GMil versus Témoins)

* $p < 0,05$ (GMil versus Témoins)

A l'âge de 1 mois, les nourrissons du groupe Mil présentent un indice proche de celui de la valeur médiane de la population de référence qui est de 0 Z-score alors que les nourrissons des autres groupes présentent des scores de l'ordre de $-0,46$. Cette différence n'est cependant pas significative ($p = 0,10$). A 2 et 3 mois, cette différence augmente et devient significative entre les nourrissons du groupe Mil et ceux des témoins ($p \leq 0,01$ et $p \leq 0,05$ respectivement). Durant ces 3 mois, on observe une variation non significative de la valeur de cet indice dans tous les groupes. Cependant les valeurs moyennes de l'indice sont supérieures à -2 Z-scores valeur en dessous de laquelle est défini le retard de croissance.

A l'âge de 1 mois, le retard de croissance est observé chez 9 nourrissons (6 témoins, 1 groupe Mil et 2 groupe Maïs). A 2 mois, on observe que 8 nourrissons présentent un indice inférieur à -2 Z-scores (6 témoins, 1 groupe Mil et 1 groupe Maïs) et à 3 mois le nombre est de 6 (5 témoins et 1 groupe Maïs).

3. FACTEURS ASSOCIES A L'ETAT NUTRITIONNEL DES NOURRISSONS A L'AGE DE 3 MOIS

Tableau VI-2 : Variables associées à l'indice P(T) des nourrissons âgés de 3 mois

	P(T)					
	Groupe Mil		Groupe Maïs		Témoins	
	<i>r</i> ²	<i>p</i>	<i>r</i> ²	<i>p</i>	<i>r</i> ²	<i>p</i>
Quantité de lait ingéré par 24h	0,14	0,02	0,33	0,0001	0,22	0,0001
Apports en K du lait maternel (mg/24h)	0,13	0,02	0,17	0,01	0,18	0,0001
Apports en Mg du lait maternel (mg/24h)	0,17	0,01	0,17	0,02	0,12	0,009
Apports en Ca du lait maternel (mg/24h)	0,10	0,05	0,26	0,002	0,15	0,003
Apports en Zn du lait maternel (mg/24h)	0,18	0,007	0,16	0,01	0,05	ns
Apports en Na du lait maternel (mg/24h)	0,17	0,009	0,16	0,02	0,04	ns
Apports énergétiques par 24 h (kcal/24h)	0,17	0,009	0,14	0,02	0,09	0,03
Apports protéiques par 24 h (g/24h)	0,03	ns	0,11	0,04	0,17	0,002

ns = non significatif

La régression linéaire simple montre que la valeur de l'indice P(T) est significativement et positivement corrélée à la quantité de lait ingérée par 24h. Cette association est également valable lorsque les groupes sont considérés séparément. La régression linéaire multiple montre cependant que cette association dépend du groupe ($p \leq 0,04$).

Les mêmes observations sont faites pour les variations de la valeur de l'indice P(T) en fonction des apports en Ca et en énergie du lait maternel ($p \leq 0,01$ et $p \leq 0,02$ respectivement).

Les apports en Mg et en K du lait maternel sont également positivement corrélés à la valeur de l'indice P(T) même si les groupes sont considérés séparément. La régression linéaire multiple montre que cette relation est indépendante du groupe (pas d'effet groupe).

Les associations positives entre les apports en Zn et en Na du lait maternel et la valeur de l'indice P(T) sont significatives dans les groupes Mil et Maïs. La régression linéaire multiple montre l'absence d'un effet groupe pour les apports en Na ($p = 0,10$) et Zn ($p = 0,06$).

Les apports en protéines sont significativement et positivement corrélés à la valeur de l'indice P(T) pour les groupes Maïs et Témoin. La régression linéaire multiple nous permet de constater que cette relation dépend du groupe ($p \leq 0,01$).

Tableau VI-3 : Variables associées à l'indice T(A) des nourrissons âgés de 3 mois

	T(A)					
	Groupe Mil		Groupe Maïs		Témoins	
	r^2	p	r^2	p	r^2	p
Quantité de lait ingéré par 24 h (ml/24h)	0,13	0,02	0,20	0,008	0,25	0,0001
Quantité de K ingéré (mg/24h)	0,12	0,03	0,16	0,02	0,14	0,005
Quantité de Ca ingéré (mg/24h)	0,10	0,04	0,13	0,03	0,12	0,009
Apports énergétiques (kcal/24h)	0,05	ns	0,04	ns	0,20	0,001
Apports protéiques par 24 h (g/24h)	0,06	ns	0,16	0,02	0,06	ns

ns = non significatif

La régression linéaire simple appliquée à chacune de ces variables, montre que ces dernières sont significativement et positivement associées à la valeur de l'indice T(A) des nourrissons à l'âge de 3 mois. Pour les quantités de lait, de potassium et de calcium ingérées par 24h, ces

associations restent valables mêmes si les groupes sont considérés séparément. Pour les apports énergétiques et protéiques, ces associations ne se retrouvent que chez les témoins et le groupe Maïs respectivement. Cependant, un modèle de régression multiple montre que toutes ces associations sont indépendantes du groupe (pas d'effet groupe).

VII : DISCUSSIONS

L'importance du lait maternel dans l'alimentation du nourrisson et du jeune enfant est bien documentée. Ainsi, dans les pays en développement (PED), la capacité des femmes à produire du lait en quantité et en qualité suffisante a toujours suscité un intérêt car, les conditions de vie de ces populations ne sont toujours pas en adéquation avec une alimentation appropriée. A cela s'ajoute une activité physique intense de ces femmes, particulièrement en milieu rural. Jusqu'à récemment, la méthode conventionnelle de détermination de la quantité de lait maternel fut celle par pesée différentielle qui consistait à peser l'enfant avant et après chaque tétée. Son utilisation dans les PED est limitée parce que les quantités ingérées par tétée sont faibles et que les fréquences des tétées sont élevées. Elle nécessite donc l'utilisation de balances de grande précision pour apprécier les petites variations de poids. De plus, la présence permanente d'un enquêteur pour effectuer les pesées peut entraîner une modification du réflexe d'éjection de la mère (**Brown & al., 1982 ; Coward, 1984 ; Neville, 1995**). Cette méthode peut également sous estimer la production lactée suite à une imprécision sur l'estimation des tétées nocturnes. Les limites de cette méthode ont amené **Coward & al. (1979)** à proposer puis à modifier en 1982 (**Coward & al., 1982**), une méthode alternative basée sur l'utilisation des isotopes stables de l'hydrogène ou de l'oxygène. Le dosage du deutérium ou de l'oxygène 18 se fait soit par Spectrométrie de masse à rapport isotopique (SMRI) (**Infante & al., 1985 ; Lucas & al., 1987 ; Fjeld & al., 1988 ; Butte & al., 1988**), soit par Spectrométrie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR) lorsque l'isotope utilisé est le deutérium (**Conway & al., 1992, Cissé, 1999**). Cette méthode isotopique a été utilisée dans notre étude pour évaluer la quantité de lait maternel ingérée par 24h par les nourrissons âgés de 3 mois. Les mesures ont été effectuées par Spectrométrie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR). Pour tenir compte de la moindre sensibilité du FTIR par rapport à la SMRI, une dose de 30 g de deutérium équivalent à 0,5 g/kg de poids corporel a été administrée aux mères (**Conway & al., 1992**).

Une quantité moyenne de lait maternel ingérée par 24h de **877 ml** est trouvée. Cette valeur est comparable à celle utilisée dans l'estimation des besoins nutritionnels des femmes allaitantes et des nourrissons âgés de moins de 6 mois (850 ml/24h) (**OMS, 1987**). Elle est également comparable aux quantités de lait maternel ingérées par 24 h trouvées en Gambie, (**Coward & al., 1982**), en Papouasie Nouvelle Guinée (**Orr-Ewing & al., 1986**) au Mexique (**Villalpando & al., 1992**), en Ethiopie (**Getahun & al., 1999**), au Brésil (**Haisma & al., 2003**), et au Pakistan (**Bhutta & al., 2004**), utilisant la même technique en SMRI pour des nourrissons âgés de moins de 6 mois. Nos résultats confirment que la mesure de la production lactée par dilution isotopique à l'aide du FTIR est une méthode fiable et applicable dans des études de terrain comportant un nombre important de sujets.

Dans les pays développés, la quantité moyenne de lait chez des enfants bien portants exclusivement allaités est de 728 à 777 ml/24h durant les 4 – 5 premiers mois avec un intervalle allant de 437 à 1165 ml/24h (**IOM, 1991**). La valeur la plus importante a été observée chez les femmes australiennes avec une production de 1202 ml/24h (**Rattigan & al., 1981**). Cependant, le faible nombre de femmes étudiées (n = 5) limite l'utilisation effective de cette valeur. Dans les PED, les productions moyennes ont été estimées à 565 ml/24h pour les nourrissons exclusivement allaités et à 557 ml/24h pour les nourrissons non-exclusivement allaités (**WHO, 2002**). La différence observée entre nos résultats et ces valeurs obtenues dans les PED pour la production lactée pourrait être due au fait que la quasi-totalité des études effectuées dans ces pays ont utilisé la méthode par pesée différentielle pour évaluer la production lactée. Dans notre étude, la supplémentation alimentaire avec des farines à base de mil ou de maïs pendant le dernier trimestre de la grossesse et durant les trois premiers mois d'allaitement, n'a pas modifié la quantité de lait produite par les mères à 3 mois post-partum. Ce travail montre également que la production lactée est optimale (environ 850 ml/24h) aussi bien chez les bénéficiaires que chez les témoins. De même, la durée de la supplémentation n'affecte pas la quantité de lait ingérée par les nourrissons : les femmes qui ont reçu le supplément 1 mois, 2 mois ou 3 mois avant l'accouchement produisent la même quantité de lait. Ces résultats corroborent ceux de **Prentice & al.** en Gambie (**1980, 1983**), **Van Steenbergen & al.** en Indonésie (**1989**) et **Donnen & al.** au Zaïre (**1997**) sur l'absence d'effet de la supplémentation pendant la grossesse et/ou l'allaitement sur la production de lait maternel. L'estimation des besoins énergétiques de la femme allaitante est généralement basée sur une production lactée maximale de 850 ml/24h avec un coefficient d'efficacité de conversion de 80-90%, ce qui se traduit par un apport supplémentaire énergétique de l'ordre de 500 kcal/jour (**OMS, 1987**). Les études menées en Gambie et en Indonésie sont les rares études où le supplément alimentaire donné aux mères a été strictement contrôlé (**Prentice & al., 1980, 1983 ; Van Steenbergen & al., 1989**) mais aucune ne comportait malheureusement de groupe témoin. En Gambie, les sujets étaient leurs propres témoins et en Indonésie, les deux groupes ont reçu un supplément alimentaire, l'un à haute densité énergétique, l'autre à faible densité énergétique. Dans l'étude Gambienne, plus proche de nous, l'apport énergétique était de 800 à 900 kcal/j et semble n'avoir pas contribué à la production du lait maternel. Dans notre étude, la consommation alimentaire des mères n'a pas été mesurée et la quantité de supplément reçue par les bénéficiaires a été estimée à environ 300 kcal/j. L'absence d'effet dans les deux cas peut être due au fait que la production lactée était déjà optimale faisant appel à une mobilisation préférentielle et efficace de la graisse maternelle déposée tout au cours de la grossesse, quelque soit l'état nutritionnel de la mère. Dans notre étude, **23%** des

mères souffraient de malnutrition énergétique (IMC < 18,5 kg/m²) mais leur production lactée est identique à celle des autres, indiquant que ni la malnutrition, ni la supplémentation n'ont eu un effet sur la production lactée. Dans une étude randomisée à double aveugle effectuée sur 102 femmes allaitantes au Guatemala dont 53 souffraient de malnutrition, **Gonzalez-Cossio & al. (1998)** montrent, après 4 mois de supplémentation post-partum, une augmentation significative de la production lactée chez les femmes malnutries ayant bénéficiées de l'aliment à haute valeur énergétique. Les résultats de **Gonzalez-Cossio & al.** n'ont pas été confirmés par l'étude de **Donnen & al.** au Zaïre sur des mères allaitantes et souffrant de malnutrition, ni par les nôtres.

Cependant, il est probable que la sous-alimentation marquée de la mère, en plus d'une activité physique importante, puissent influencer la production lactée. En effet, les travaux menés en Gambie ont montré une réduction de 40% de la production lactée durant la période de soudure (**Prentice, 1979**), période correspondant à une baisse des disponibilités alimentaires et à une augmentation de l'activité physique (**Roberts & al., 1982**). Cette hypothèse mérite d'être testée. Nos sujets vivent dans la zone péri-urbaine de Dakar et ont un niveau d'activité certainement plus faible que celui des femmes rurales de Gambie.

Il est bien connu que la fréquence des tétées peut avoir une influence considérable sur la production de lait par la mère. Nous n'avons pas mesuré la fréquence des tétées, mais la méthode isotopique utilisée nous a permis de mesurer objectivement le mode d'allaitement maternel et d'estimer les aliments autres que le lait maternel donnés aux nourrissons sachant que, l'introduction précoce d'aliments de complément (**Heinig & al., 1993**) et/ou de liquides non nutritifs (**Sachdev & al., 1991**) peuvent réduire la quantité de lait maternel ingéré par le nourrisson. Dans notre étude, **59%** des femmes pratiquent l'allaitement maternel prédominant consistant à donner, en plus du lait maternel, des aliments liquides non énergétiques en particulier de l'eau et **13%** des mères allaitent exclusivement leurs nourrissons. Quant à l'allaitement maternel partiel, qui consiste à donner en plus du lait maternel des aliments liquides énergétiques (lait commercial) ou des aliments semi-solides (bouillie, purée...), il est pratiqué par **28%** de nos sujets. Ces différentes pratiques alimentaires ne sont pas sans conséquences sur la quantité de lait produite par la mère. En effet, une réduction significative de la quantité de lait ingérée par le nourrisson est observée quand l'allaitement maternel est partiel : **782 ml/24h** contre **917 ml/24h** quand l'allaitement maternel est prédominant ou exclusif. Il existe une corrélation négative entre la production lactée et l'apport d'aliments autres que le lait maternel. La régression multiple indique qu'aucune caractéristique de la mère n'est liée à la quantité de lait produite. La majorité des femmes de notre étude pratiquent un allaitement exclusif ou prédominant. L'ensemble de ces observations suggèrent que ce

sont vraisemblablement la fréquence des tétées et l'allaitement quasi exclusif qui déterminent le niveau de la production lactée et non pas la supplémentation alimentaire durant la grossesse et/ou l'allaitement. Le fait de donner de l'eau au bébé ne semble pas avoir une conséquence sur la quantité de lait produite comparé aux bébés exclusivement allaités. Ce résultat a été décrit par Haisma au Brésil (**Haisma & al., 2003**) et par Coulibaly au Burkina-Faso (**Coulibaly & al., 2004**). Toutefois, cette pratique n'est pas à encourager surtout dans nos pays où la qualité de l'eau pose un problème de santé publique. Une revue consécutive de la littérature montre en effet une augmentation de l'incidence des maladies diarrhéiques chez les enfants non exclusivement allaités (**AED, 2002**).

Même si la supplémentation n'a pas eu d'effet sur la production lactée, l'extra énergie apportée aux mères durant la grossesse et l'allaitement semble avoir des effets bénéfiques sur leur composition corporelle. Trois mois après l'accouchement, le nombre de femmes ayant un Indice de Masse Corporelle (IMC) $< 18,5 \text{ kg/m}^2$, c'est-à-dire souffrant de déficit énergétique chronique, est significativement plus important chez les témoins que chez les femmes bénéficiaires du supplément à base de Mil ou de Maïs. Entre 1 et 3 mois après l'accouchement, le pourcentage de femmes bénéficiaires ayant un IMC $< 18,5 \text{ kg/m}^2$ n'évolue pratiquement pas. Cet effet peut être attribuable à la supplémentation alimentaire et plus particulièrement au supplément à base de mil. En effet, dans le groupe des bénéficiaires qui ont reçu au cours de leur dernier trimestre de grossesse le supplément à base de mil, une seule femme souffre de malnutrition énergétique chronique. La durée de la supplémentation joue également un rôle car les femmes supplémentées pendant plus de 2 mois pendant la grossesse ont des IMC significativement meilleurs que ceux des témoins ou ceux des femmes ayant une durée de supplémentation plus courte. Cet effet positif de la supplémentation sur l'état nutritionnel de la mère a déjà été montré par d'autres travaux tels que ceux de **Prentice & al., 1980**, de **Donnen & al., 1997** et de **González-Cossio & al., 1998**.

Le type de supplément reçu durant la grossesse n'affecte pas la composition corporelle des mères. Les valeurs moyennes de la masse maigre, de la masse grasse ainsi que le pourcentage de masse grasse sont comparables entre les femmes supplémentées avec la farine à base de mil et celles supplémentées avec la farine à base de maïs. Ces valeurs sont également comparables à celles des témoins. La durée de la supplémentation n'a eu aucun effet sur la masse grasse des mères qui est inférieure à celle des femmes bien portantes des pays développés (**Wong & al., 1989**, **Forsum & al., 1989**, **Butte & al., 1997** ; **Butte & al., 2001**), mais comparable à celle des femmes des PED (**Villalpando & al., 1992**). Cependant, on observe une tendance à une augmentation de la masse maigre ($p = 0,06$) des femmes ayant été supplémentées pendant 6 mois (3 mois durant la grossesse et 3 mois durant l'allaitement) par

rapport à celles qui ont bénéficié de 4 mois de supplémentation (1 mois durant la grossesse et 3 mois durant l'allaitement). Dans notre étude, comme dans la plupart des études de supplémentation, il apparaît qu'une partie des repas habituels est remplacée par l'aliment de supplément, mais également que ce dernier peut être soumis à un partage avec les autres membres de la famille. Ainsi, l'apport net de l'aliment de supplément pourrait être insuffisant pour induire une modification appréciable de la composition corporelle.

La quantité de lait maternel ingérée par 24h ne donne pas à elle seule une idée de sa valeur nutritionnelle. Ainsi, la détermination de son contenu énergétique et certains nutriments s'avère indispensable pour mieux apprécier cette valeur nutritionnelle. Plusieurs facteurs peuvent affecter la composition du lait maternel. Parmi ces facteurs, on peut citer la méthode utilisée lors de la collecte du lait, les variations de la composition du lait au cours d'une tétée, la durée entre deux tétées, les fluctuations diurnes, les différences entre les deux seins, la pression exercée lors du prélèvement (OMS, 1987), mais également les méthodes d'analyse utilisées (Prentice, 1995). Les méthodes d'échantillonnage les plus utilisées sont soit le vidage complet de l'un ou des deux seins, soit la collecte d'échantillons de lait pendant 24h (WHO, 2002). Les triglycérides, le lactose et les protéines sont les composants énergétiques majeurs du lait. Selon le "Subcommittee on nutrition during lactation, National Academy of Science, USA", la concentration moyenne de lipides du lait maternel est de 39 ± 4 g/l (IOM, 1991), mais varie de 38 à 47 g/l pour les pays développés et de 22 à 40 g/l pour les PED (Lauber & al., 1979). Dans notre étude, la concentration de lipides trouvée, qui est de 31 g/l, est dans l'intervalle des valeurs publiées pour les PED (OMS, 1987 ; Prentice, 1995). Toutefois, la comparaison d'une étude à une autre n'est pas aisée dans la mesure où les méthodes de prélèvement du lait sont différentes, ce qui peut affecter considérablement les valeurs mesurées de la concentration en lipides. La concentration en triglycérides du lait maternel est supposée être maximale en milieu de matinée et de l'après midi (Ferris & Jensen, 1984 ; Roquelin & al., 1998). Dans notre étude, le lait maternel a été prélevé deux fois dans la journée entre 10 et 11h et dans l'après-midi avec un intervalle minimum de 4h, la même technique a été appliquée aussi bien chez les femmes supplémentées que chez les femmes non-supplémentées. La supplémentation durant la grossesse n'a pas eu d'effet sur la concentration en lipides du lait (31 g/l chez les femmes supplémentées et chez les femmes non-supplémentées). Ce résultat est en accord avec ceux de l'étude de l'OMS (1987) qui avaient montré l'absence de relation entre l'alimentation de la mère ou son état nutritionnel et la concentration en lipides du lait maternel dans les PED. Cependant, Rocquelin & al. (1998) montrent une augmentation de la concentration en lipides du lait des femmes congolaises ayant un régime alimentaire riche en lipides et en glucides, mais Gunther (1952)

avait déjà rapporté que cette association n'est effective qu'après l'ingestion d'une quantité importante de lipides. La masse grasse de la mère peut être un déterminant majeur de concentration en nutriments du lait en particulier celle des lipides (**Nommsen & al., 1991**). Ainsi, **Prentice & al. (1981)**, **Brown & al. (1986)** et **Villalpando & al. (1991)** rapportent une association positive entre la masse grasse de la mère évaluée par l'épaisseur du pli tricipital et la concentration en lipides du lait maternel, alors que **Rocquelin & al. (1998)** trouvent des concentrations en lipides élevées chez les femmes souffrant de malnutrition définie par leur IMC. Aucune de ces associations n'est trouvée dans notre étude, ni avec l'IMC, ni avec la masse grasse déterminée à l'aide de la dilution isotopique. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que nos sujets sont étudiés à 3 mois post-partum. En effet, **Nommsen & al. (1991)** ont montré que les variations de la concentration en lipides du lait maternel en fonction de la masse grasse de la mère sont plus évidentes ultérieurement que durant les premiers mois post-partum.

La concentration moyenne en protéines du lait des femmes (**10 g/l**) reste dans l'intervalle des valeurs habituellement trouvées dans la littérature qui est de 8 à 10 g/l (**IOM, 1991 ; Jensen, 1995**). Des études menées dans les pays développés comme ceux en développement donnent des intervalles respectivement de 9 à 16 et de 8,5 à 17,8 g/l (**Lauber & Reinhardt, 1979**). Des valeurs relativement plus élevées ont été observées au Guatemala et au Zaïre dans le cadre de l'étude multinationale de l'OMS (**OMS, 1987**). Contrairement à ces auteurs qui n'ont pas trouvé de relation entre la concentration en protéines du lait maternel et l'alimentation de la mère, notre étude montre une augmentation significative de **18%** de la concentration en protéines chez les femmes supplémentées, indépendante du type d'aliment de supplément reçu par la mère (mil ou maïs). Cette amélioration de la concentration en protéines du lait maternel après une supplémentation alimentaire, déjà trouvée en Gambie par **Prentice & al. (1983)**, montrent que les femmes de notre étude ne sont pas à leur maximum physiologique, d'où leur capacité à répondre positivement à un apport supplémentaire.

La concentration en lactose du lait maternel des femmes (**59 g/l**) est significativement en dessous de 70 g/l, valeur habituellement observée aussi bien dans les pays développés que dans ceux en développement (**Lønnerdal & al., 1976 ; Lauber & al., 1979 ; Dewey & Lønnerdal, 1983 ; Butte & al., 1984 ; Brown & al., 1986 ; IOM, 1991 ; Nommsen & al., 1991 ; Michaelsen & al., 1994 FAO, 1995 ; Jensen, 1995**). La faible concentration en lactose du lait des femmes ne peut être due à un artéfact de mesure car les kits de détermination contenaient un standard de concentration connue et la mesure de ce standard donnait des valeurs conformes aux normes indiquées. **Prentice & al. (1983)**, rapportent que lorsque les triglycérides du lait augmentent la concentration en lactose du lait diminue. Or la

teneur trouvée en triglycérides dans notre étude n'est pas élevée, elle ne paraît donc pas susceptible d'intervenir sur celle en lactose. Egalement, la corrélation négative entre la quantité de lait et la concentration en lactose montrée par **Nommsen & al. (1991)** n'a pas été trouvée dans notre étude. La supplémentation alimentaire et sa durée augmentent significativement la concentration en lactose du lait maternel, contrairement aux observations de **Prentice & al. (1983)**. Malgré cette augmentation les concentrations restent basses. La concentration en lactose du lait maternel mérite d'être évaluée à nouveau par des études ultérieures pour une confirmation de ces résultats.

Du fait de l'importance des variations de la concentration en lipides, il est souvent très difficile d'estimer exactement le contenu énergétique du lait maternel. Cependant, certains auteurs rapportent que la densité énergétique du lait maternel varie de 620 kcal/g à 800 kcal/g (**Jensen, 1995 ; Prentice & al., 1995 ; WHO, 2002**). Dans notre étude, la densité énergétique du lait maternel est de **599 kcal/g**. Cette valeur, relativement plus faible que celles trouvées dans la littérature, peut s'expliquer par les valeurs basses de lactose, et peut être dans une moindre mesure, par celles des triglycérides. Cette faible densité pourrait être expliquée également par une production lactée relativement plus importante induisant ainsi un phénomène de compensation déjà décrit par certains auteurs (**Chavez & Martinez, 1980 ; Van Steenbergen & al., 1983 ; Nommsen & al., 1991 ; Pérez-Escamilla & al., 1995**). En effet, une tendance à une corrélation négative entre la densité énergétique et la quantité de lait est observée dans notre étude. Chez les enfants exclusivement allaités ou presque exclusivement allaités (allaitements prédominant) qui constituent 69% des nourrissons de notre étude, le lait maternel constitue la principale sinon l'unique source de nutriments. L'estimation des apports énergétiques et protéiques, faite à partir de la quantité de lait ingérée et la valeur énergétique de ce dernier, donne pour l'énergie un apport de **509 kcal/24h** soit **87,7 kcal/kg de poids corporel/24h**. Ces ingesta énergétiques sont comparables à ceux des nourrissons des PED exclusivement allaités (**Brown, 1986 ; Creed de Kanashiro & al., 1990 ; Van Steenbergen & al., 1991 ; Butte & al., 1992 ; Cohen & al., 1994**) dont les valeurs sont comprises entre 422 et 536 kcal/24h. Cependant, les quantités d'énergie quotidiennement ingérées par les nourrissons de notre étude sont plus faibles que celles obtenues au Canada (**Chandra & al., 1981**), en Suède (**Kohler, 1984**) et au Danemark (**Michaelsen & al., 1994**) pour des nourrissons exclusivement allaités. Mais, exprimés en kcal par kg de poids corporel et par 24h, les résultats sont comparables et permettent de couvrir intégralement les besoins énergétiques estimés à partir de la dépense énergétique totale des nourrissons âgés de 3 mois et du coût énergétique de la croissance et qui est de 86 kcal/kg/24h (**Butte & al., 1996**). Lorsque l'allaitement n'est pas exclusif, les ingesta énergétiques baissent

et varient de 320 à 504 kcal/24h (**Hennart & al., 1980 ; Prentice & al., 1986 ; WHO, 1987 ; Drewett & al., 1993 ; Cohen & al., 1994**). Ces résultats sont comparables à ceux de notre étude où les nourrissons non exclusivement allaités ont des ingesta énergétiques plus faibles que ceux dont les mères pratiquent l'allaitement exclusif. Jusqu'à 3-4 mois, le lait maternel des femmes de notre étude peut couvrir les besoins énergétiques des nourrissons et la croissance des nourrissons est normale et comparable aux normes NCHS. La cassure de leur courbe de croissance observée généralement à partir de 3 mois n'est probablement pas due à un déficit d'apport en énergie.

Les minéraux et les oligo-éléments, ont une série de fonctions biologiques chez tous les êtres vivants, et leur excès comme leur carence, peuvent avoir de graves conséquences. Dans certains cas, ce sont des constituants de molécules biologiques essentielles, dans d'autres cas, ils font partie d'un système enzymatique ou exercent leur influence en tant que cofacteur d'enzyme. De ce fait, une déficience est susceptible d'intervenir sur la croissance staturo-pondérale. Dans notre étude, nous avons mesuré les concentrations en zinc, sélénium, oligo-éléments déterminants pour la croissance, et celles en calcium, magnésium, sodium et potassium du lait maternel dans le but de connaître les apports chez le nourrisson sénégalais.

Le zinc est un constituant de nombreuses enzymes intervenant dans le métabolisme énergétique et dans la transcription et la traduction. Une carence en zinc peut entraîner un retard de croissance, une immaturité sexuelle, des lésions cutanées et une dépression du système immunitaire (**Chappuis, 1991**). La concentration en zinc du lait maternel diminue rapidement de 4-5 mg/l après l'accouchement à 1-2 mg/l à 3 mois post-partum. L'importance du zinc sur la croissance des enfants est actuellement largement reconnue (**Walravens & al., 1989 ; Krebs & al., 1994 ; Rivera & al., 1998 ; Lartey & al., 2000 ; Umeta & al., 2000 , Hininger & al., 2004**). Il n'existe pas de différence de concentrations en zinc du lait maternel entre les pays développés et ceux en développement (**OMS, 1989 ; Casey & al., 1995 ; Dorea, 2002**) et certains auteurs pensent que les apports en zinc de la mère n'ont pas d'influence sur la concentration de zinc du lait maternel (**Vuori & al., 1980 ; Feeley & al., 1983 ; Moser & Reynolds, 1983 ; Lönnerdal, 1986 ; Dorea, 2002 ; Domellöf & al., 2004**). D'autres, au contraire, trouvent que la supplémentation en zinc est susceptible d'améliorer de façon significative sa concentration dans le lait maternel (**Krebs & al., 1985 ; Karra & al., 1988 ; Ortega & al., 1997**) et que cette amélioration dépend du statut en zinc de la mère (**Krebs & al., 1995**). La concentration en zinc du lait des femmes de notre étude est en moyenne de **1,5 mg/l** ce qui est dans les normes définies par l'OMS. Cependant, une augmentation significative de **38%** de cette concentration est observée dans le lait des femmes supplémentées avec la farine à base de mil comparées aux témoins. Cet effet survient

très tôt car s'observe déjà chez les femmes supplémentées seulement 1 mois avant l'accouchement. Il s'explique par un apport quotidien supplémentaire des **11 mg de zinc** contenu dans la farine à base de mil. L'analyse statistique montre que cette augmentation de la concentration en zinc du lait maternel est bien attribuable à la supplémentation. Ce résultat est en accord avec ceux de (**Ortega & al., 1997**) qui ont montré que chez les Espagnoles, la concentration en zinc du lait maternel est en relation avec la quantité de zinc consommée durant le dernier trimestre de la grossesse. Deux autres études ont également montré une augmentation de la concentration en zinc du lait maternel après 34 jours de supplémentation avec 25 mg de zinc par jour (**Karra & al., 1988**) et après 6 mois de supplémentation avec 15 mg de zinc par jour (**Krebs & al., 1985**). Paradoxalement, dans une étude randomisée à double aveugle où les supplémentées recevaient 15 mg de zinc par jour, les auteurs ont montré que la concentration en zinc du lait maternel n'était pas affectée par cette supplémentation (**Krebs & al., 1995**). Ces auteurs expliquent ces résultats contradictoires, par le fait que les femmes de la première étude consommaient moins de zinc que celles de la deuxième étude, donc étaient plus sensibles à une supplémentation. La réponse à une supplémentation en zinc serait donc fonction du statut en zinc des bénéficiaires. Dans notre étude, le statut en zinc des femmes n'a pas été évalué mais nous supposons à priori, que leurs conditions socio-économiques les exposent à des carences infra-cliniques. D'après les références **FAO/OMS (2003)**, le lait des témoins est en quantité et en qualité suffisante pour couvrir intégralement les besoins en zinc des nourrissons âgés de 3 mois. Cependant, la supplémentation alimentaire des mères a augmenté de **20%**, soit plus **0,3 mg/24h**, les apports en zinc des nourrissons dont les mères ont bénéficié d'une supplémentation avec la farine à base de Mil. Ce qui suggère que les apports en zinc du lait des femmes des deux autres groupes ne sont pas optimum.

L'importance nutritionnelle du sélénium a été découverte dans les années 50 quand il a été démontré le sélénium ou la vitamine E pouvait prévenir la nécrose du foie chez le rat. En 1969, le sélénium a été identifié comme étant un nutriment essentiel chez les vertébrés. Le sélénium est connu comme étant un élément essentiel de la glutathion peroxydase qui est un enzyme intervenant dans le métabolisme des lipides (**Chappuis, 1991**). Dans le lait maternel, le sélénium est essentiellement présent dans la phase aqueuse et est associé aux protéines (**Dorea, 2002**). Sa concentration varie de 15 à 25 µg/l (**IOM, 1991 ; Arnaud & al., 1993 ; WHO, 1998**). La concentration en sélénium dans le lait maternel apparaît comme étroitement liée aux ingesta de la mère qui dépendent de la concentration en sélénium du sol (**Dorea, 2002**). Ainsi, de considérables variations de concentrations sont observées en fonction de la localisation géographique (**Casey & al., 1995 ; Dorea, 2002**). Dans une étude menée dans trois localités de Chine caractérisées par des consommations de sélénium extrêmement faibles

(Xichang), adéquates (Beijing) et extrêmement élevées (Enshi), **Dodge & al., (1999)**, ont montré la relation étroite qui existe entre les ingesta et les concentrations en sélénium dans le plasma et le lait maternel. Dans notre étude, la concentration moyenne de **15 µg/l** obtenue est dans l'intervalle des concentrations des références de l'**OMS/AIEA (1987)**. Dans la mesure où les aliments de supplément n'étaient pas enrichis en sélénium, il n'y a pas eu lieu de s'attendre à une quelconque modification de la concentration en sélénium dans le lait maternel. L'apport en sélénium du lait maternel, évalué à **12 mg/24h**, représente le double de la valeur recommandée par la **FAO/OMS (2003)**. La FAO/OMS reconnaît la difficulté d'établir des recommandations pour le sélénium à cause des importantes variations géographiques observées (2 à 199 µg/j). Le seuil de 6 µg/24h a été proposé comme étant l'apport de sécurité pour la prévention des désordres physiologiques.

Le calcium est un cation du lait maternel et n'est pas ou peu affecté par des variations au cours d'une tétée ou au cours de la journée (**Laskey & al., 1990**). Cependant, sa concentration dans le lait maternel peut considérablement varier d'une femme à une autre (**Laskey & al., 1990**) et d'une région à une autre (**Laskey & al., 1990, Prentice, 1995**). La couverture des besoins en calcium des femmes et des nourrissons des PED fait l'objet de nombreux questionnements dans la communauté scientifique (**Prentice, 2003**). Dans certains PED, la concentration en calcium du lait maternel à 3 mois post-partum est de l'ordre de 200 mg/l alors qu'elle avoisine 300 mg/l pour les pays développés (**Laskey & al., 1998 ; Prentice & al., 1999**). La concentration moyenne de calcium de **245 mg/l** du lait des femmes de notre étude est dans l'intervalle des concentrations habituellement observées dans la littérature (**OMS/AIEA, 1989 ; IOM, 1991 ; Atkinson & al., 1995 ; WHO, 1998**). Le calcium est classé parmi les minéraux non influencés par l'alimentation de la femme allaitante (**IOM, 1991 ; Allen & al., 1994 ; WHO, 1998 ; Prentice & al., 1999 ; Prentice, 2003**). Cependant, dans notre étude, les femmes qui ont bénéficié du supplément à base de maïs pendant la grossesse et l'allaitement montrent une augmentation significative de **10%** de la concentration en calcium du lait par rapport aux témoins. Cette différence n'a pas été observée par rapport au groupe mil. La durée de la supplémentation n'a pas eu d'effet non plus sur la concentration en calcium du lait. Néanmoins, cette augmentation de 10% par rapport aux femmes témoins se traduit par des apports en calcium significativement plus important (**15%, soit 38 mg/24h**) chez les nourrissons du groupe Maïs comparés à ceux des deux autres groupes. Malgré cela, par rapport aux apports calciques recommandés par la **FAO/OMS (2003)** pour les nourrissons âgés de 3 mois, les apports moyens en calcium des nourrissons ne sont couverts qu'à **82% (247 mg/24h)** pour les nourrissons des mères ayant reçu la farine à base de maïs et à **70%** pour les autres (**209 mg/24h**). L'effet positif d'une

supplémentation en calcium durant la grossesse ou chez des femmes végétariennes a été retrouvé par **Prentice & al., (1994)** et **Dagnelie & al (1992)**. Mais il est actuellement bien admis que la supplémentation en calcium durant l'allaitement n'a aucun effet sur la concentration en calcium du lait maternel (**Vaughan & al., 1979 ; Kirksey & al., 1979 ; Finley & al.,1985 ; Karra & al., 1988 ; Prentice & al., 1995 ; Laskey & al., 1997 ; Kalkwarf & al., 1997 ; Prentice, 1997 ; Prentice & al., 1998 ; Laskey & al., 1998 ; Prentice, 2003**). Il est donc peu probable que dans notre étude, la supplémentation des femmes explique ces résultats. Durant la gestation et la lactation, un flux important de calcium de la mère se retrouve chez l'enfant, soit à travers le placenta, soit à travers le lait maternel (**Prentice, 1994**). Plusieurs phénomènes biologiques peuvent intervenir dans la forte demande en calcium pour la croissance osseuse. L'augmentation de la consommation en est une, la mobilisation de stock calcique de la mère en est une autre. Il a été montré que l'allaitement maternel est associé à une réduction significative du contenu minéral de la mère durant les 3-6 mois post-partum (**Prentice, 2003**). Les modifications du métabolisme calcique durant la grossesse et l'allaitement demeurent encore non élucidés par conséquent, il serait imprudent de faire quelques recommandations que ce soit à ce stade de nos connaissances.

Le magnésium joue un rôle important de cofacteur de plusieurs enzymes intervenant dans le métabolisme énergétique, la synthèse protéique, la synthèse de l'ADN et de l'ARN et le maintien du potentiel électrique au niveau des tissus nerveux et des membranes cellulaires. Le magnésium intervient également dans la régulation du transport du potassium et dans le métabolisme du calcium. Un déficit en magnésium peut entraîner une anorexie, des nausées, une perte du tonus musculaire, une léthargie et des étourdissements. Présent essentiellement dans la fraction aqueuse du lait maternel, la concentration du magnésium varie de 29 à 38 mg/l (**OMS/AIEA, 1989 ; IOM, 1991 ; Atkinson & al., 1995**). La concentration en magnésium du lait maternel n'est pas affectée par l'âge de la mère, son état nutritionnel, les maladies métaboliques telles que le diabète, la durée de la grossesse, la durée de l'allaitement, la méthode de prélèvement du lait ni la supplémentation en calcium et en magnésium de la mère (**Dorea, 2000**). Dans notre étude, la concentration moyenne mesurée de **32 mg/l** est dans l'intervalle des valeurs habituellement observées pour les pays développés et ceux en développement à 3 mois post-partum. Nos résultats montrent également que la supplémentation de la mère durant la grossesse et l'allaitement n'affecte pas la concentration en magnésium du lait maternel et qu'aucune caractéristique de la mère n'est associée à cette dernière. Les apports en magnésium du lait maternel sont conformes aux recommandations de la FAO/OMS concernant les nourrissons âgés de 3 mois. Cependant, les nourrissons des femmes supplémentées avec la farine à base de maïs voient leurs apports significativement

augmentés de **12%** par rapport aux nourrissons des femmes supplémentées avec la farine à base de mil et des témoins. Comme pour le calcium, la mobilisation du stock de la mère intervient dans la demande en magnésium du nourrisson (**Prentice, 2003**).

La concentration moyenne de sodium dans le lait maternel à 3 mois post-partum est de 138 mg/l (**Atkinson & al., 1995**). La concentration moyenne de sodium (**132 mg/l**) du lait des femmes de notre étude est comparable aux valeurs de la littérature. Le sodium apparaît comme un électrolyte du lait qui n'est pas affecté par des variations au cours des tétées (**Neville & al., 1984 ; Gilies & Niell, 1985**) ni par des variations diurnes (**Koo & Gupta, 1982 ; Gilies & Niell, 1985**). La concentration en sodium dans le lait n'est également pas affectée par l'alimentation de la mère (**Lönnerdal, 1986 ; IOM, 1991**). Dans leur étude, **Keenan & al. (1982)**, ont montré qu'une restriction alimentaire même chronique n'avait pas d'effet sur la concentration en sodium du lait maternel. Nos résultats montrent également que la supplémentation des femmes au cours de la grossesse et de l'allaitement ne modifie pas la concentration de sodium du lait maternel. D'après "**National Academy of Sciences**" des **Etats Unis (2004)**, le lait des femmes de notre étude permet à lui seul de couvrir les besoins en sodium des nourrissons à l'âge de 3 mois.

Le potassium est le principal cation du lait maternel et est présent à des concentrations de l'ordre de 586 mg/l (**IOM, 1991**). A 3 mois post-partum, des concentrations allant de 326 mg/l (**OMS, 1989**) à 543 mg/l (**Atkinson & al., 1995**) ont été trouvées aussi bien dans les pays développés que ceux en développement. Dans notre étude, la concentration moyenne (**496 mg/l**) du lait des femmes est en adéquation avec celles publiées dans la littérature (**Dewey & Lönnerdal, 1984 ; OMS, 1989 ; Allen & al., 1991 ; Atkinson & al., 1995 ; Fly & al., 1998**). La supplémentation durant la grossesse et l'allaitement n'a pas affecté la concentration en potassium du lait maternel. En l'absence de recommandation de la part de la FAO/OMS, les apports en potassium sont jugés adéquats d'après la "**National Academy of Sciences**" des **Etats Unis (2004)**.

A l'exception du calcium, les résultats obtenus sur la quantité et la qualité (énergie, protéines, oligo-éléments et minéraux) du lait maternel montrent que ce dernier est en mesure d'assurer aux nourrissons une croissance normale. Les indices anthropométriques des nourrissons de 1 à 3 mois aussi bien des bénéficiaires que des témoins montrent un état nutritionnel satisfaisant. Les indices P(T), T(A) et P(A) sont proches des valeurs médianes de la population de référence NCHS. Aucun cas d'émaciation n'a été observé chez les nourrissons jusqu'à l'âge de 3 mois. Cependant, à l'âge de 2 mois, les nourrissons des femmes supplémentées avec la farine à base de mil présentent un meilleur état nutritionnel que ceux

des témoins. A l'âge de 2 et de 3 mois, l'indice T(A) devient meilleur chez les nourrissons des femmes ayant reçu l'aliment à base de mil. Compte tenu de l'importance du zinc sur la croissance staturale des enfants (**Walravens & al., 1989 ; Krebs & al., 1994 ; Rivera & al., 1998 ; Lartey & al., 2000 ; Umeta & al., 2000 ; Hininger & al., 2004**), cette amélioration de la taille des nourrissons pourrait être expliquée par une quantité de zinc plus importante ingérée par les nourrissons des femmes supplémentées avec l'aliment à base de mil. Ce résultat suggère également que l'apport en zinc n'est pas optimale dans les deux autres groupes.

VIII : CONCLUSIONS

La connaissance de la production lactée est une donnée importante dans l'estimation des besoins nutritionnels des enfants et de l'extra énergie nécessaire à la femme allaitante. L'utilisation de la méthode de dilution isotopique, pour la première fois au Sénégal, combinée à des dosages biochimiques dans le lait maternel, nous ont permis de mesurer, chez le nourrisson âgé de 3 mois la quantité de lait ingérée et les apports en certains minéraux. Cette méthode consiste à administrer par voie orale une dose d'eau enrichie en deutérium et de suivre sa disparition dans la salive grâce à une modélisation du système mère-nourrisson. Elle permet ainsi, de déterminer de jour comme de nuit et sur une période 14 jours, la quantité moyenne de lait ingérée par les nourrissons. La méthode par pesée différentielle, antérieurement utilisée, s'effectue principalement le jour et les tétées nocturnes sont obtenues par extrapolation, avec les risques de sous estimation de la quantité de lait produite. La méthode de dilution isotopique offre également l'opportunité de déterminer la composition corporelle des mères et de définir les différentes pratiques d'allaitement maternel (exclusif, prédominant ou partiel). L'analyse du deutérium au FTIR ne demande pas beaucoup de temps et permet ainsi la détermination d'un grand nombre d'échantillons pour une utilisation de routine ou au cours d'études comportant un nombre important de sujets, c'est une technique d'un coût accessible aux PED. Cependant l'utilisation du FTIR nécessite le respect strict de certaines conditions physiques et environnementales déjà rapportées dans mon mémoire de DEA.

Cette approche a permis d'évaluer l'effet d'un programme de supplémentation dans des populations à risque dans la région de Dakar (Projet de Nutrition Communautaire du Sénégal). En effet, la supplémentation durant la grossesse et l'allaitement, adoptée comme stratégie de lutte contre la malnutrition par le PNC, devrait permettre à la mère de mettre au monde un nourrisson avec un poids à la naissance normal, mais également d'accumuler suffisamment de réserves pour sa production lactée. A cet effet, la FAO et l'OMS conseillent un apport supplémentaire de 350 kcal/j durant les 2 derniers trimestres de la grossesse ou bien un apport de 285 kcal/j tout au long de la grossesse. Si la femme réduit son activité physique, l'apport moyen conseillé est de 200 kcal/j. Les femmes du PNC que nous avons étudiées ont été supplémentées avec de la farine à base de mil ou à base de maïs, enrichi en vitamines et minéraux, 1 mois, 2 mois ou 3 mois avant l'accouchement. La supplémentation s'est ensuite poursuivi durant l'allaitement. Notre étude comporte un groupe de témoins non supplémentés. L'apport quotidien des farines PNC, évalué à 300 kcal/j (tableau II-2), n'a pas eu l'effet escompté sur la production lactée des mères. Cette production est peu influencée par la supplémentation alimentaire quel que soit le type ou la durée de celle-ci. La production lactée des femmes, en moyenne de 850 ml par 24 h, est normale (tableaux V-1 et V-2) et même

comparable à celle des femmes caucasiennes bien nourries. Nos résultats montrent que ce sont vraisemblablement la fréquence des tétées et le mode d'allaitement qui déterminent le niveau de production lactée, et non l'état nutritionnel de la mère. En effet, l'étude montre que peu de femmes (13%) allaient exclusivement leurs nourrissons, contrairement aux déclarations des mères, mais la majorité pratique l'allaitement maternel quasi exclusif en donnant de l'eau en plus du sein (59%). Même si le fait de donner de l'eau aux nourrissons n'affecte pas la quantité de lait ingérée par les nourrissons comparés à ceux exclusivement allaités (tableau V-3), cette pratique n'est pas à encourager pour éviter les risques de diarrhée et d'infections liés à la contamination de l'eau. 28% des femmes, en plus du sein, donnent des aliments semi-solides souvent sous forme de bouillies, et cette pratique d'allaitement maternel est également à déconseiller car réduit significativement la production lactée (tableau V-3).

La méthode de mesure de la production lactée par dilution isotopique au deutérium mesurée au FTIR, est fiable, objective, applicable sur le terrain, sans trop de contraintes et qui mérite d'être vulgarisée dans les PED. Grâce à cette technique, les pratiques d'allaitement maternel pourraient être mieux évaluées au Sénégal et en Afrique.

Les apports supplémentaires en énergie et en protéines des suppléments du PNC ont été utilisés pour la synthèse de nouveaux tissus en particulier la masse maigre. Il en résulte ainsi une réduction de la prévalence du déficit énergétique chronique chez les femmes supplémentées comparées aux témoins (tableaux IV-2 et IV-4).

Les concentrations en lactose et en protéines sont augmentées dans le lait des femmes supplémentées contrairement à celle des triglycérides qui n'est affectée, ni par la durée de la supplémentation, ni par le type de supplément reçu par la mère (tableaux V-4 et V-5). En conséquence, la densité énergétique du lait maternel reste comparable dans les 3 groupes du fait que les triglycérides représentent 50 à 60% de cette densité.

Les ingesta énergétiques et protéiques des nourrissons des femmes supplémentées, particulièrement celles ayant bénéficié de la farine à base de maïs, sont plus importants que ceux des nourrissons des témoins (tableau V-8). Malgré cette différence, le lait maternel couvre intégralement les besoins énergétiques et protéiques de la plupart des nourrissons de l'étude.

L'enrichissement en oligo-éléments et minéraux des farines PNC avait pour but de contribuer de manière efficace à la prévention des déficits potentiels en ces éléments. Le zinc et le calcium étaient présents dans le supplément. Nous avons néanmoins étendu notre étude à la mesure de la concentration d'autres éléments tels que le sélénium, le magnésium, le sodium et le potassium pour avoir une idée des apports en ces éléments des nourrissons sénégalais, apports que nous avons comparés aux recommandations disponibles. La supplémentation a

entraîné une augmentation significative de la concentration de zinc et de calcium dans le lait des femmes (tableau V-6). La concentration en zinc du lait des femmes supplémentées avec la farine à base de mil est plus importante que celle des témoins. Par contre, la concentration en calcium est plus importante dans le lait des femmes ayant reçu la farine à base de maïs. Cela s'est traduit par un apport en zinc plus important chez les nourrissons des mères supplémentées avec la farine à base de mil (figure 5-5) et un apport plus important de calcium chez les nourrissons des mères supplémentées avec la farine à base de maïs (figure 5-3). Néanmoins, cette augmentation des apports en Ca ne couvre que 82% de la valeur recommandée. Chez les nourrissons des témoins et ceux des femmes supplémentées avec la farine à base de mil, les besoins en calcium ne sont couverts qu'à 70%. Les apports en zinc, sélénium, magnésium, sodium et potassium du lait des femmes supplémentées comme ceux des témoins sont en adéquation avec les recommandations de la FAO/OMS et de la 'National Academy of Science' (NAS).

La production lactée des mères est suffisante en quantité et en qualité, à l'exception du calcium, pour assurer une croissance normale des nourrissons à l'âge de 3 mois. De 1 à 3 mois, les gains staturo-pondéraux des nourrissons sont comparables à ceux de la population de référence. Mais la supplémentation pendant la grossesse améliore les scores nutritionnels des nourrissons des femmes bénéficiaires, particulièrement pour l'indice Taille (Age).

Nos résultats ont montré un effet bénéfique de la supplémentation chez les femmes en post-partum ainsi que sur la croissance des nourrissons. En terme d'implication programmatique, pour rompre la perpétuation de la malnutrition à travers le cycle de la vie, ces résultats plaident en faveur de l'intégration de la supplémentation alimentaire dans les stratégies d'intervention destinées à la mère et à l'enfant particulièrement dans les zones défavorisées. Pour l'enrichissement des aliments de supplément, une plus grande importance devrait être accordée au choix du complexe vitamine-minéral qui influe sur la composition du lait maternel et donc sur la croissance des nourrissons. Pour optimiser leur impact, ces programmes devront s'accompagner d'un plan de communication pour la promotion de l'allaitement exclusif et de mesures de pérennisation par la production et la consommation d'aliment de supplément de qualité au niveau ménage.

BIBLIOGRAPHIE

Academy for Educational Development / Linkages Project. Quantifying the benefits of breastfeeding: a summary of the evidence. 2002, 167 pp.

ACC/SCN. Low birthweight. Report of a meeting in Dhaka, Bangladesh. Nutrition policy paper 2000; 18: 44 pp.

ACC/SCN. What works? A review of the efficacy and effectiveness of nutrition interventions. Nutrition policy paper 2001; 19: 124 pp.

Allen LH. Maternal micronutrient malnutrition: effects on breast milk and infant nutrition, and priorities for intervention. SCN News 1994; 11: 21-30.

Allen JC, Keller RP, Archer P, Neville MC. Studies in human lactation: milk composition and daily secretion rates of macronutrients in the first year of lactation. Am J Clin Nutr 1991; 54: 69-80.

Official Methods of Analysis of AOAC International, eds. Patricia Cunuff. AOAC International 1995.

Arnaud J, Prual A, Preziosi P, Favier A, Hercberg S. Selenium determination in human milk in Niger: Influence of maternal status. J Trace Elem Elec Health Dis 1993; 7: 199-204.

Ashworth A. Effects of intrauterine growth retardation on mortality and morbidity in infants and young children. Eur J Clin Nutr 1998; 52: S34-42.

Atkinson S, Alston-Mills B, Lönnerdal B, Neville MC. Major minerals and ionic constituents of human and bovine milks. In: Jensen RG, eds. Handbook of milk composition. Academic Press: San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto, 1995.

Barker, DJP. Intrauterine growth retardation and adult disease. Current obst gynaecol, 1993; 3: 200-6.

Barros FC, Huttly SRA, Vistoria CG, Kirkwood BR, Vaughan JP. Comparison of the causes and consequences of prematurity and intrauterine growth retardation: a longitudinal study in

southern Brazil. *Pediatrics* 1992; 90: 238-44.

Bhutta ZA, Abbass S, Wright A, Coward A. Isotopic evaluation of breast milk intake, energy metabolism, growth and body composition of exclusively breastfed infants in Pakistan. IAEA / NAHRES Report of the second and final research co-ordination meeting, 2004: 45-57.

Brown KH, Akhtar NA, Robertson AD, Ahmed G. Lactational capacity of marginally nourished mothers: relationships between maternal nutritional status and quantity and proximate composition of milk. *Pediatrics* 1986; 78: 909-19.

Brown KH, Black RE, Robertson AD, Ahmed G, Becker S. Clinical and field studies of human lactation: methodological considerations. *Am J Clin Nutr* 1982; 35: 745-56.

Butte NF, Garza C, Stuff JE, O'Brian SE, Nichols BL. Effect of maternal diet and body composition on lactational performances. *Am J Clin Nutr* 1984; 39: 296-306.

Butte NF, Hopkinson JM, Ellis KJ, Wong WW, O'Brian S. Changes in fat-free mass and fat mass in postpartum women: a comparison of body composition models. *Int J Obes*, 1997; 21: 874-80.

Butte NF, Wong WW, Patterson BW, Garza C, Peter DK. Human milk intake measured by administration of deuterium oxide to the mother: a comparison with the test-weighing technique. *Am J Clin Nutr* 1988; 47: 815-21.

Butte NF, Garza C, O'Brian SE, Nichols BL. Human milk intake and growth in exclusively breast-fed infants. *J Pediatr* 1984; 104: 187-98.

Butte NF, Wong WW, Hopkinson JM. Energy requirements of lactating women derived from doubly labelled water and milk energy output. *J Nutr* 2001; 131: 53-8.

Butte NF. Energy requirements of infants. *Eur J Clin Nutr* 1996; 50: S24-36.

Butte NF, Villalpando SF, Wong WW, Flores-Huerta S, De Jesus Hernandez-Beltran M, Smith EO, Garza C. Human milk intake and growth faltering of rural Mesoamerindians infant. *Am J Clin Nutr* 1992; 55: 1109-16.

Casey CE, Smith A, Zhang P. Microminerals in human and animals milks. In: Jensen R G, eds. Handbook of milk composition. Academic Press: San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto, 1995.

Cerqueiro M, Murtagh P, Halac A, Avila M, Weissenbacher M. Epidemiologic risk factors for children with acute lower respiratory tract infections in Buenos Aires, Argentine: a matched case-control study. *Rev Infec Dis* 1990; 12: S1021-8.

Ceesay SM, Prentice AM, Cole TJ, Foord F, Poskitt EME, Weaver LT, Whitehead RG. Effects on birth weight and perinatal mortality of maternal dietary supplements in rural Gambia: 5 year randomised controlled trial. *Brit Med J* 1997; 315: 786-90.

Chandra RK. Breastfeeding, growth and morbidity. *Nutr Res* 1981; 1: 25-31.

Chappuis P. Les oligo-éléments en médecine et biologie. Lavoisier Tec & Doc 1991; 653 pp.
Chavez A, Martinez C. Effects of maternal undernutrition and dietary supplementation on milk production. In: Aebi H, Whitehead R eds. Maternal nutrition during pregnancy and lactation. Hans Huber Publishers, Bern Stuttgart Vienna, 1979: 274-84.

Cissé AS. Utilisation de la Spectrométrie Infrarouge à Transformée de Fourier dans l'estimation de la production lactée de femmes dakaraises. Mémoire de DEA de Nutrition et Alimentation N° 5, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, 1999; 30 pp.

Cohen RJ, Brown KH, Canahuati T, Rivera LL, Dewey KG. Effects of age of introduction of complementary foods on infant breast milk intake, total energy intake, and growth: a randomised intervention study in Honduras. *Lancet* 1994; 344: 288-93.

Conway JM, Sadijimin T, Dibley MJ, Kjolhede CL, Caballero B. Infrared spectroscopy assay for deuterium in infant's urine after D₂O administration to the mother: comparison with isotope ratio mass spectrometry. *Clin Res* 1992; 40.

Coulibaly NT, Rocquelin G, Eymard-Duvernay S, Zougmore ON, Traoré SA. Effects of extra fluid and food intake on breast milk consumption and infant nutritional status at 5 months of age in an urban and a rural area of Burkina Faso. *Eur J Clin Nutr* 2004; 58: 80-9.

Coward AW. Measuring milk intake in breast-fed babies. Mini symposium. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1984; 3: 275-9.

Coward AW, Cole TJ, Sawyer MB, Prentice AM. Breast-milk intake measurement in mixed-fed infants by administration of deuterium oxide to their mothers. *Hum Nutr Clin Nutr* 1982; 36C: 141-8

Coward AW, Whitehead RG, Sawyer MB, Prentice AM, Evans J. New method for measuring milk intakes in breast-fed babies. *Lancet* 1979: 13-4.

Creed de Kanashiro H, Brown KH, Lopez de Romana G, Lopez T, Black RE. Consumption of food and nutrients by infants in Huarcar (Lima) Peru. *Am J Clin Nutr* 1990; 52: 995-1004.

Dagnelie PC, Van Staveren WA, Roos AH, Tuinstra LGMT, Burema J. Nutrients and contaminants in human milk from mothers on macrobiotic and omnivorous diets. *Eur J Clin Nutr* 1992; 46: 355-66.

de Onis M, Blossner M, Villar J. Levels of growth and patterns of intrauterine growth retardation in developing countries. *Eur J Clin Nutr* 1998; 52: S5-15.

Dewey KG, Lönnerdal B. Milk and nutrient intake of breast-fed infants from 1 to 6 months: relation to growth and fatness. *J Pediatr Gastro Nutr* 1983; 2: 497-506.

.Dewey KG, Heinig MJ, Nommsen LA, Peerson JM, Lonnerdal B. Growth of breast-fed and formula-fed infants from 0 to 18 months: the DARLING study. *Pediatrics* 1992; 89: 1035-41.

Dodge ML, Wander RC, Xia Y, Butler JA, Whanger PD. Glutathione peroxidase activity modulates fatty acid profiles of plasma and breast milk in Chinese women. *J trace Elem Med Biol* 1999; 12: 221-30.

Domellöf M, Lönnerdal B, Dewey KG, Cohen RJ, Hernell O. Iron, zinc and copper concentrations in breast milk are independent of maternal mineral status. *Am J Clin Nutr* 2004; 75: 111-5.

Donnen P, Brasseur D, Dramaix M, Assimbo V, Hennart P. Effects of cow's milk

supplementation on milk output of protein deficient lactating mothers and on their infants' energy and protein status. *Trop Med Inter Health* 1997; 2: 38-46.

Dorea JG. Magnesium in human milk. *J Am Coll Nutr* 2000; 19: 210-9.

Dorea JG. Zinc deficiency in nursing infants. *J Am Coll Nutr* 2002; 21: 84-7.

Dorea JG. Selenium and breastfeeding. *Br J Nutr* 2002; 88: 443-61.

Drewett & al. Nursing frequency and the energy intake from breast milk and supplementary food in a rural Thai population: a longitudinal study. *Eur J Clin Nutr* 1993; 47: 880-91.

FAO. Le lait et les produits laitiers dans la Nutrition humaine, N° 28. FAO Rome 1995.

FAO/OMS: Human vitamins and minerals requirements. Report of a joint FAO/WHO expert consultation, Bangkok, Thailand. FAO 2003.

FAO. Worldfood 2.0. The Regents of the University of California 1996.

Feeley RM, Eitenmiller RR, Jones Jr JB, H Barnhart. Copper, iron, and zinc contents of human milk at early stages of lactation. *Am J Clin Nutr* 1983; 37: 443-8.

Ferris AM, Jensen RG. Lipids in human milk: A review: sampling, determination and content. *J Ped Gastroenterol Nutr Diet* 1984; 3: 108-22.

Fjeld CR, Brown KH, Scholler DA. Validation of the deuterium oxide method for measuring average daily milk intake in infants. *Am J Clin Nutr* 1988; 4: 671-9.

Finley DA, Lönnerdal B, Dewey KG, Grivetti LE. Inorganic constituents of breast milk from vegetarian and nonvegetarian women: relationship with each other and with organic constituents. *J Nutr* 1985; 115: 772-81.

Fly AD, Uhlin KL, Wallace JP. Major mineral concentrations in human milk do not change after maximal exercise testing. *Am J Clin Nutr* 1998; 68: 345-9.

Fonseca W, Kirkwood BR, Victoria CG, Fuchs SR, Flores JA, Misago C. Risk factors for childhood pneumonia among the urban poor in Fortaleza, Brazil. WHO Bull 1996; 74: 199-208.

Forsum E, Sadurskis A, Wager J. Estimation of body fat in healthy Swedish women during pregnancy and lactation. Am J Clin Nutr, 1989; 40: 465-73.

Fusch Ch, Spririg N, Moeller H. Fourier transform infrared spectroscopy. Measures 1H/2H ratios of native water with a precision comparable to that of isotope ratio mass spectrometry. Eur J Chem Clin Biochem 1993; 31: 639-44.

Garza C, Butte NF., Dewey K. Determination of the energy content of human milk. In: Jensen RG and Neville MC eds. Human lactation, 1: milk components and methodologies. New York Plenum Press 1985: 121-5.

Getahun Z, Elsom R, Gsellasie H, Bluck LJC, Taffese Y, Wright A, Jennings G. breast milk intake measured by deuterium kinetics in mother-infant pairs in Addis Ababa. Ethio J Health Dev 1999; 13: 271-80.

Gilies ME, Niell AE. Variations in the mineral concentrations in breast milk during a single nursing, diurnally and on consecutive days. Hum Nutr Appl Nutr 1985; A39: 370-5.

Girija A, Geervani P, Rao GN. Influence of dietary supplementation during lactation on lactation performance. J Trop Pedia, 1984; 30: 140– 4.

Girija A, Geervani P, Rao GN. Influence of dietary supplementation during pregnancy on lactation performance. J Trop Pedia 1984; 30: 79–83.

Gonzalez-Cossio T, Habicht JP, Rasmussen KM, Delgado HL. Impact of food supplementation during lactation on infant breast milk intake and on proportion of infants exclusively breastfed. J Nutr 1998; 128: 1692–702.

Gunther M. Composition of human milk and factors affecting it. Br J Nutr 1952; 6: 215-19.

Haisma H, Coward WA, Albernaz E, Visser GH, Wells JCK, Wright A, Victora CG. Breast

milk and energy intake in exclusively, predominantly and partially breast-fed infants. *Eur J Clin Nutr* 2003; 57: 1633-42.

Heinig MJ, Nommsen LA, Peerson JM, Lönnerdal B, Dewey KG. Intake and growth of breast-fed and formula-fed infants in relation to the timing of introduction of complementary foods: the darling study. *Acta Paediatr* 1993; 82: 999-1006.

Hennart P, Vis HL. Breast-feeding and post partum amenorrhoea in central Africa. *J Trop Pediatr* 1980; 26: 177-83.

Hininger I, Favier M, Arnaud J, Faure H, Thoulon JM, Hariveau E, Favier A, Roussel AM. Effect of a combined micronutrient supplementation on maternal biological status and newborn anthropometrics measurements: a randomised double-blind, placebo-controlled trial in apparently healthy pregnant women. *Eur J Clin Nutr* 2004; 58: 52-9.

Holland B, Walch AA, Unwin ID, Buss DH, Paul AA, Southgate DAT. *The composition of foods*, 5th edition, 1991; Cambridge, UK.

Infante C, Lara W, Vio F. Isotope dilution measurement of breast-milk production in Chilean urban mothers. *Hum Nutr Clin Nutr* 1985; 39C: 379-86.

Institute of Medicine. *Nutrition during lactation*. Washington DC: National Academy Press, 1991: 309 pp.

Jennings G, Bluck LJC, Chowings C, Podesta D, Elia M. Evaluation of an infrared method for the determination of total body water in a clinical context. *Clin Nutr* 1995; 2: S53-4.

Jennings G, Bluck L, Wright A, Elia M. The use of infrared spectrophotometry for measuring body water spaces. *Clin Chem* 1999; 45: 1077-81.

Jensen RG. Determinants of milk volume and composition. In: Jensen RG, eds. *Handbook of milk composition*. Academic Press: San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto, 1995.

Kalkwarf HJ, Specker BL, Bianchi DC, Ranz J, Ho M. The effect of calcium supplementation

on bone density during lactation and after weaning. *N Eng J Med* 1997; 337: 523-8.

Karra MV, Mirksey A, Galal O, Bassily NS, Harrison GG, Jerome NW. Zinc, calcium and magnesium concentrations in milk from American and Egyptian women throughout the first 6 months of lactation. *Am J Clin Nutr* 1988; 47: 642-8.

Keenan BS, Buzek SW, Garza C, Potts E, Nichols BL. Diurnal and longitudinal variations in human milk sodium and potassium: implication for nutrition and physiology. *Am J Clin Nutr* 1982; 35: 527-34.

Kirksey A, Ernst JA, Roepke JL, Tsai TL. Influence of mineral intake and the use of oral contraceptives before pregnancy on the mineral content of human colostrum and of more mature milk. *Am J Clin Nutr* 1979; 32: 30-9.

Kohler L, Meeuwisse G, Mortensson W. Food intake and growth of infants between six and twenty-six weeks of age on breast milk, cow's milk formula, or soy formula. *Acta Paedia Scand* 1984; 73: 40-8.

Koo WW, Gupta JM. Breast milk sodium. *Arch Dis Child* 1982; 57: 500-2.

Kramer M. Socio-economic determinants of intrauterine growth retardation *Eur J Clin Nutr* 1998; 52: S29-33.

Kramer M. Determinants of low birth weight: methodological assessment and meta-analysis. *WHO Bull* 1987; 65: 663-737.

Krebs NF, Reidinger JC, Robertson DA, Hambidge MK. Growth and intakes of energy and zinc in infants fed human milk. *J Pediatr* 1994; 124: 32-9.

Krebs NF, Hambidge MK, Jacobs MA, Rasbach JO. The effects of dietary zinc supplementation during lactation on longitudinal changes in maternal zinc status and milk concentrations. *Am J Clin Nutr* 1985; 41: 560-70.

Krebs NF, Reidinger JC, Hartley S, Robertson DA, Hambidge MK. Zinc supplementation during lactation: effects on maternal status and milk concentrations. *Am J Clin Nutr* 1995; 61: 1030-6.

Kusin JA, Kardjati S, Dewith C. Infant mortality in Madura, Indonesia. Implication for action. *J Trop Pedia*, 1989; 35: 129-32.

Lartey A, Manu A, Brown KH, Peerson JM, Dewey KG. Predictors of growth from 1 to 18 months among breast-fed Ghanaian infants. *Eur J Clin Nutr* 2000; 54: 41-9.

Laskey MA, Prentice A, Shaw J, Zachou T, Ceesay SM. Breast-milk calcium concentrations during prolonged lactation in British and rural Gambian mothers. *Acta Paedia Scan* 1990; 79: 507-12.

Laskey MA, Prentice A, Hanratty LA, Jarjou LMA, Dibba B, Beavan SR, Cole TJ. Bone changes after 3 mo of lactation: influence of calcium intake, breast-milk output, and vitamin D-receptor genotype. *Am J Clin Nutr* 1998; 67: 685-92.

Laskey MA, Jarjou LMA, Dibba B, Prentice A. Does maternal calcium intake influence the calcium nutrition of the breast-fed baby. *Proc Nutr Soc* 1997; 352: 243-55.

Lauber E, Reinhardt M. Studies on the quality of breast milk during 23 months of lactation in rural community of the Ivory Coast. *Am J Clin Nutr* 1979; 32: 1159-73.

Leon D. Fetal growth and adult. *Eur J Clin Nutr* 1998; 52: S72-82.

Li R, Haas JD, Habicht JP. Timing of the influence of maternal nutritional status during pregnancy on fetal growth. *Am J Hum Biol* 1998; 10: 529-39.

Lönnerdal B. Effects of maternal intake on human milk composition. *J Nutr* 1986; 116: 499-513.

Lönnerdal B, Forsum E, Gebre-Mehdin M and Hambraeus L. Breast milk composition in Ethiopian and Swedish Mothers. II. Lactose nitrogen and protein contents. *Am J Clin Nut* 1976; 29: 1134-41.

Lucas A, Ewing G, Roberts SB, Coward AW. Measurement of milk intake by deuterium dilution. *Arch Dis Chil*. 1987; 62: 796-800.

Lucas A, Hudson GJ, Simpson P, Cole TJ and Baker BA. An automated enzymatic micromethod for the measurement of fat in human milk. *J Dairy Res* 1987; 54: 487 –92.

Michaelsen KF, Larsen PS, Thomsen BL, Samuelson G. The Copenhagen cohort study on infant nutrition and growth: breast milk intake, human milk macronutrient content, and influencing factors. *Am J Clin Nutr* 1994; 59: 600-11.

Moser PB, Reynolds RD. Dietary zinc intake and zinc concentrations of plasma, erythrocytes, and breast milk in antepartum and postpartum lactating and nonlactating women: a longitudinal study. *Am. J. Clin Nutr* 1983; 38: 101-8.

Naing KM, Oo TT. Effect of dietary supplementation of undernourished Burmese mothers. *Food Nutr Bull* 1987; 9: 59-61

National Academy of Sciences (NAS): Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride and sulfate. 2004

National Academy Press / Food and Nutrition Board. Recommended dietary allowances 1992; 302 pp.

NCHS (1977). Growth charts. US department of health, Education and Welfare, public health service, health resources administration, Rockville, MD, HRA 76.

Neville MC. Determination of milk volume and composition. Lactogenesis in women. A cascade of events revealed by milk composition In: Jensen R G, eds. Handbook of milk composition. Academic Press: San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto, 1995.

Neville MC, Keller RP, Seacat J, Casey CE, Allen JC, Archer P. Studies on human lactation. I. Within feed and between-breast variation in selected components of human milk. *Am J Clin Nutr* 1984; 40: 735-9.

Nommsen LA, Lovelady CA, Heinig MJ, Lönnerdal B, Dewey KG. Determinants of energy, protein, lipid and lactose concentrations in human milk during the first 12 mo of lactation: the DARLING study. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 457-65.

Norton R. Maternal nutrition during pregnancy as it affects infant growth, development and health. SCN NEWS 1994; : 10-4.

OMS / AIEA. Oligo – éléments, éléments mineurs et éléments en traces dans le lait maternel, rapport d'une étude collective. OMS Genève 1989.

OMS: Quantité et qualité du lait maternel, 1987.

Orr-Ewing AK, Heywood PF, Coward AW. Longitudinal measurements of breast milk output by a $^2\text{H}_2\text{O}$ tracer technique in rural Papua New Guinean women. Hum Nutr Clin Nutr. 1986; 40C: 451-67.

Ortega RM, Andés P, Martinez RM, Lopez-Sobaler AM, Quintas ME. Zinc levels in maternal milk: the influence of nutritional status with respect to zinc during the third trimester of pregnancy. Eur J Clin Nutr 1997; 51: 253-8.

Pérez-Escamilla R, Cohen RJ, Brown KH, Landa Rivera L, Canahuati J, Dewey KG. Maternal anthropometric status and lactation performance in a low-income Honduran population: evidence for the role of infants. Am J Clin Nutr 1995; 61: 528-34.

Prada J, Tsang R. Biological mechanisms of environmental induced causes in IUGR. Eur J Clin Nutr 1998; 52: S21-8.

Prentice A. Regional variations in the composition of human milk. In: Jensen RG eds. Handbook of milk composition, Academic Press, California, United States of America 1995.

Prentice A, Prentice AM, Whitehead RG. Breast-milk fat concentrations of rural African women. 2. Long term variation within a community. Br J Nutr 1981; 45: 495-503.

Prentice A, Laskey MA, Jarjou LMA. Lactation and bone development: Implications for the calcium requirements of infants and lactating mothers. In: Bonjour JP, Tsang RC eds: Nutrition and bone development, Nestlé Nutrition workshop series, Raven Publishers, Vevey/Lippincott 1999; 41: 127-45.

Prentice A. Micronutrients and the bone mineral content of the mother, foetus and newborn.

J Nutr 2003; 133: S1693-9.

Prentice A, Jarjou LMA, Stirling DM, Buffenstein R, Fairweather-Tait S. Biochemical markers of calcium and bone metabolism during 18 months of lactation in Gambian women accustomed to a low calcium intake and in those consuming a calcium supplement. *J Clin Endo Metab* 1998; 83: 1059-66.

Prentice A, Jarjou LMA, Cole TJ, Stirling DM, Dibba B, Fairweather-Tait S. Calcium requirements of lactating Gambian mothers: effects of a calcium supplement on breastmilk calcium concentration, maternal bone mineral content, and urinary calcium excretion. *Am J Clin Nutr* 1995; 62: 58-67.

Prentice A, Dibba B, Jarjou LMA, Laskey MA, Paul AA. Is breastmilk calcium concentration influenced by calcium intake during pregnancy? *Lancet* 1994; 344: 411-2.

Prentice A, Prentice AM, Whitehead RG. Breast milk concentrations of rural African Women. 1: short-term variations within individuals. *Br J Nutr* 198; 45: 483-94.

Prentice A. calcium supplementation during breast-feeding. *New Engl J Med* 1997; 337: 558-9.

Prentice AM, Cole TJ, Foord FA, Lamb WH and Whitehead RG. Increased birthweight after prenatal dietary supplementation of rural African women. *Am J Clin Nutr* 1983; 46: 912-25.

Prentice AM, Watkinson M, Whitehead RG, Lamb WH, Cole TJ. Prenatal dietary supplementation of African and birth-weight. *Lancet* 1983; 46: 489-92.

Prentice AM, Roberts SB, Prentice A Paul AA, Watkinson M, Watkinson AA, Whitehead RG. Dietary supplementation of lactating Gambian women. I. Effect on breast milk volume and quality. *Hum Nutr Clin Nutr*, 1983; 37C: 53-64.

Prentice AM, Roberts SB, Watkinson M, Whitehead RG, Paul AA, Prentice A, Watkinson AA. Dietary supplementation of Gambian nursing mothers and lactational performance. *The Lancet*, 1980; 886 – 8.

Prentice AM. Variations in maternal dietary intake, birthweight and breast milk output in The Gambia. 1979 in: Aebi H and Whitehead R eds: Maternal nutrition during pregnancy and lactation. Hans Huber, Bern Stuttgart, Vienna.

Prentice AM, Spaaij CJK, Goldberg GR, Popitt SD, Van Raaij JMA, Totton M, Swann D, Black AE. Energy requirements of pregnant and lactating women. *Eur J Clin Nutr* 1996; 50: S82-111.

Prentice AM. Cross-cultural differences in lactational performances. In: Hamosh M, Goldman AS, eds. Human lactation 2: maternal and environmental factors. New York Plenum Press, pp 13-44.

Rattigan S, Ghisalberti AV, Hartman PE. Breast milk production in Australian women. *B J Nutr* 1981, 45: 243-9.

Rivera JA, Ruel MT, Santizo MC, Lönnerdal B, Brown KH. Zinc supplementation improves the growth of stunted rural Guatemalan infants. *J Nutr* 1998; 128: 556-62.

Roberts SB, Paul AA, Cole TJ, Whitehead RG. Seasonal changes in activity, birth weight and lactational performance in rural Gambian women. *Trans Roy Soc Trop Med Hyg* 1982; 76: 668-78.

Rocquelin G, Tapsoba S, Mbemba F, Traissac P and Prevel YM. Lipid content and essential fatty acid (EFA) composition of mature Congolese breast milk are influenced by mothers' Nutritional status: Impact on infants' EFA supply. *Eur J Clin Nut* 1998; 52: 164-71.

Sachdev HP, Krisshna J, Puri RK, Satyanarayana L, Kumar S. Water supplementation in exclusively breast-fed infants during summer in the tropics. *Lancet*, 1991; 337: 929-33.

Smith GCS, Smith MFS, McNay MB, Fleming JEE. Firth-trimester growth and the risk of low birth weight. *New Eng J Med* 1998; 339: 1817-22.

Strauss RS, Dietz WH. Low maternal weight gain in the second or third trimester increases the risk of intrauterine growth retardation. *J Nutr* 1999; 129: 988-93.

Sy A. Rapport de stage de formation 1999; 24 pp.

Umeta M, West CE, Haidar J. Zinc supplementation and stunted infants in Ethiopia: a randomised controlled trial. *Lancet* 2000; 355: 2021–6.

Taha T, Gray R, Abdelwahab M. Determinants of neonatal mortality in central Sudan. *An Trop Paediat* 1993; 13 (4); 359-64.

Van Steenberg WM, Kusin JA, De With C, Lacko E, Jansen AAJ. Lactation performance of women with contrasting nutritional status in rural Kenya. *Acta Pedia Scan* 1983; 72: 805-10.

Van Steenberg WM, Kusin JA, Kardjati S, De With C. Energy supplementation in the last trimester of pregnancy in East Java, Indonesia: effect on breast milk output. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 274-9.

Van Steenberg & al. Nutritional transition during infancy in East Java, Indonesia: 1. A longitudinal study of feeding pattern, breast milk intake and the consumption of additional foods. *Eur J Clin Nutr* 1991; 45: 67-75.

Van Steenberg WM, Kusin JA and Van Rens MN. Lactation performance of Akamba mothers, Kenya. Breast-Feeding behaviour, breast milk yield and composition. *J Trop Pediatr* 1981; 27: 157-61.

Vaughan LA, Weber CW, Kemberling SR. Longitudinal changes in the mineral content of human milk. *Am J Clin Nutr* 1979; 32: 2301-6.

Victora CG, Barros FC, Kirkwood BR, Vaughan JP. Pneumonia, diarrhoea and growth in the first 4 years of life. *Am J Clin Nutr* 1990; 52: 391-6.

Villalpando SF, Butte NF, Wong WW, Flores-Hurt S, De Jesus Hernandez-Beltran M, Smith EO, Garza C. Lactation performance of rural Mesoamerindians. *Eur J Clin Nutr* 1991; 46: 337-48.

Villar J, Merialdi M, Gülmezoglu AM, Abalos E, Carroli G, Kulier R, de Onis M. Nutritional interventions during pregnancy for the prevention or treatment of maternal

- morbidity and preterm delivery: an overview of randomised controlled trials. *J Nutr* 2003; 133: S1606-25.
- Vuori E, Makinen SM, Kara R, Kuitunen P. The effects of the dietary intakes of copper, iron, manganese, and zinc on the trace element content of human milk. *Am J Clin Nutr* 1980; 33: 227-31.
- Wade S, Diaham B, Dossou N, Togola A. Utilisation de la bouillie à base de maïs dans les foyers de nutrition communautaire du Sénégal. Rapport final 2000; 55 pp.
- Walravens PA, Hambidge KM, Koepfer DM. Zinc supplementation in infants with a nutritional pattern of failure to thrive: a double-blind, controlled study. *Pediatrics* 1989; 83: 532-8.
- Waterlow JC, Ashworth A, Griffiths M. Faltering in infants' growth in less-developed countries. *Lancet* 1980; 2: 1176-8.
- Wells JC, Davies PS. Correction for environmental water influx in measurement of milk volume intake by deuterium turnover in infants. *Early Hum Dev* 1995; 41:177-82.
- Wells JCK, Davies PSW, Coward WA. Simultaneous measurement of milk intake and total energy expenditure in mixed-fed infants: methodological approach and prediction of total body water. In: International Atomic Energy agency, NAHRES-55. Co-ordinated research project on isotopic evaluations in infant growth monitoring, a collaboration with WHO (partly report) 2000; 11-20.
- Whitehead RG. Pregnancy and lactation. Nutrition in growth, ageing, and physiologic stress. In: Shils ME, Young VR eds. *Modern Nutrition in Health and Disease* 1988, 7Th ed. Lea et Febiger Philadelphia; 931-43.
- Wong WW, Butte NF, O'Brian S, Garza C, Klein PD. Body composition of lactating women determined by anthropometry and deuterium dilution. *Brit J Nutr*, 1989; 61: 25-33.
- World Bank / AGETIP. Staff appraised report: Community Nutrition Project, Republic of Senegal. 1995.

World Health Organization. Maternal anthropometry and pregnancy outcomes. A WHO collaborative study. WHO Bull 1995; 73 (supp).

World Health Organization. Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge. 1998, 228 pp.

World Health Organization. Nutrient adequacy of exclusively breastfeeding for the term infant during the first six months of life. 2002, 47 pp.

ANNEXES ET PUBLICATIONS

ANNEXE 1

Université Cheikh Anta Diop de Dakar - Sénégal

Faculté des Sciences et Techniques

AIEA SEN 7 / 003 : EVALUATION DU PNC

QUESTIONNAIRE

Date :.....

Nom de l'enquêteur :.....

Numéro d'identification :

Prénoms - Nom :

Quartier :

Groupe :

1- Occupation de la mère :.....

2- Occupation du mari :

3- Niveau d'éducation de la mère :

4- Etes vous :

propriétaire []

Locataire []

Hébergée []

5- Dans votre maison avez-vous :

Electricité []

Eau courante []

Téléphone []

Téléviseur []

6- Allaitiez-vous au sein OUI [] Non []

7- Combien de fois par jour

8- Donnez-vous à l'enfant de l'eau, d'autres boissons et / ou aliments solides

Eau []

Lait []

Bouillie []

Jus de fruits []

Purée []

Autres boissons [] Précisez :

.....

Solides [] Précisez :

.....

9- Combien de fois l'enfant reçoit-il ces aliments et / ou boissons

10- L'enfant a-t-il été malade ces deux dernières semaines OUI [] Non []
Si OUI, précisez :

Avait-il :

Fièvre OUI [] Non []

Diarrhée OUI [] Non [] (Diarrhée : émission de 3 à 4 selles liquides par jour)

Vomissement OUI [] Non []

Appétit OUI [] Non [] Habituel []

11- Ces 2 dernières semaines avez-vous été à un centre de santé Oui [] Non []
Si OUI, pourquoi

12- Avez-vous pris des médicaments mère Oui [] Non []
Si Oui, précisez.....
enfant Oui [] Non []
Si Oui, précisez

13- Pratiquez-vous le planning familial Oui [] Non []
Si Oui, précisez.....

14- Alimentation de la mère la veille :

Petit déjeuner :.....

Déjeuner :.....

Dîner :.....

La nuit :

15- Prenez-vous en plus des repas des aliments (bouillies ou autres) autres que l'aliment du PNC Oui [] Non []
Si OUI, précisez :

Combien de fois par jour :

16- Aliment du PNC (Bénéficiaires uniquement)

Avez- vous reçu vos dotations hebdomadaires depuis le démarrage des activités des CNC
Oui [] Non []

N'y a-t-il pas eu de rupture de stock depuis le début Oui [] Non []

Si Oui, précisez le nombre de fois.....

Combien de jours dure votre dotation hebdomadaire.....

Combien de fois préparez – vous et prenez – vous la farine par jour.....

En donnez – vous à votre entourage Oui [] Non []

à votre famille Oui [] Non []

Si oui, précisez la quantité et le nombre de personnes.....

.....

Quelles préparations faites – vous avec la farine ?

Bouillie []

Fondé []

Beignets []

Thiakri []

Laax []

Autres, précisez,

En donnez – vous à votre enfant Oui [] Non []

Qu’ajoutez – vous à ces préparations.....

.....

.....

Ces préparations ne remplacent - elles pas les principaux repas Oui [] Non []

Si Oui précisez pourquoi

.....

ANNEXE 2

Evaluation de l'impact du PNC sur la composition corporelle et la production lactée des mères ayant reçu l'aliment de complément durant la grossesse et durant l'allaitement.

Fiche de recensement des femmes bénéficiaires

MOC :

Date:...../...../.....

CNC :

Quartier :

IDENTIFICATION

Nom :

Age : /_/_/ ans

Ethnie : Age de la grossesse : /_/_/ mois

Nombre d'enfants : /_/_/

Nombre d'accouchements : /_/_/

Occupation :

Statut matrimonial :

Date d'accouchement prévue
.../...../.....

Lieu d'accouchement prévu :

Adresse :

.....

Supplémentation

Combien de fois la femme a-t-elle été bénéficiaire de l'aliment de supplément ? /_/_/

Observations :

.....

Evaluation de l'impact du PNC sur la composition corporelle et la production lactée des mères ayant reçu l'aliment de complément durant la grossesse et durant l'allaitement.

Fiche d'identification des femmes témoins

MOC :
 CNC :
 Quartier :
 Ville :

Date:...../...../.....

IDENTIFICATION	
Nom :	
Age : /__/_/ ans	Ethnie :
Nombre d'enfants : /__/_/	Nombre d'accouchements : /__/_/
Occupation :	
Statut matrimonial :	Date d'accouchement...../...../.....
Lieu d'accouchement :	
L'enfant est –il né à terme ? Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	
Poids de naissance /__/_/___/___ gr	Allaitement maternel Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
Nombre de tétées par jour : /__/_/	
La femme sera – t-elle présente dans le quartier dans la période de Février – Mai 99 : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	

Adresse :

.....

<i>Supplémentation</i>	
La femme est-elle été bénéficiaire du Projet de Nutrition Communautaire ? Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	
Si non indiquez le motif de non-participation :	
La femme a t-elle été bénéficiaire dans un programme de supplémentation alimentaire ? Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	
Si oui indiquez :	
<ul style="list-style-type: none"> • Le nom du programme : • La période (mois et année) : • La durée de la supplémentation : 	

OBSERVATIONS :

.....

ANNEXE 3

Université Cheikh Anta Diop de Dakar – Sénégal
Faculté des Sciences et Techniques

Aiea sen 7/ 003 : Evaluation du pnc

Date -----

FEUILLE D'OBSERVATION CLINIQUE

I IDENTITE

N° d'identification :

1. Prénoms et Nom :
2. Age : ans
3. Ethnie :
4. Nombre d'enfants vivants :
5. Nombre d'enfants décédés :
6. Groupe :
7. Quartier :

II INTERROGATOIRE

1. Fièvre au long cours -----
2. Diarrhée intermittente -----
3. Anorexie -----
4. Asthénie -----
5. Amaigrissement -----
6. Toux -----
7. Oedème -----
8. Polyurie -----
9. Autre symptômes -----

III ANTECEDENTS

1- médicaux

diabète -----

HTA -----

Autre -----

2- Chirurgicaux

intervention chirurgicale -----

nature -----

3- Gynéco-obstétricaux

durée de la grossesse -----

maladie durant la grossesse -----

voie d'accouchement -----

suites de couche -----

IV EXAMEN CLINIQUE

1 - Etat général -----

Constantes

tension artérielle -----

température -----

pouls -----

2 - Examen Physique

2-1 Examen des seins

2-2 Examen cutané-phanérien

2-3 Appareil digestif

2-4 Appareil cardio-pulmonaire

2-5 Appareil splénoganglionnaire

2-6 Autres appareils

Conclusion

--