

N°d'ordre :

MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE,
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
(MESSRS)

SECRETARIAT GENERAL

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-
DIOULASSO

INSTITUT DE DEVELOPPEMENT RURAL (IDR)



INSTITUT DE RECHERCHE EN SCIENCE DE LA
SANTÉ-DIRECTION REGIONALE DE L'OUEST



Année Universitaire : 2008-2009

MEMOIRE

Présenté par

Nadine Mireille Yempoaka Dafra COULIBALY

Sur le thème :

*Technique des isotopes stables pour l'évaluation de la pratique de
l'allaitement maternel pendant les 6 premiers mois de vie du
nourrisson au Burkina*

Pour l'obtention du

Diplôme d'Etudes Approfondies en

Biologie Appliquée et Modélisation des Systèmes Biologiques

Jury:

Directeur de mémoire

-Pr Jean Bosco OUEDRAOGO

Président

-Pr Aboubacar Nacro

Membres

Pr Jean-Bosco Ouedraogo

Pr georges Anicet Ouedraogo

**A mes bébés
Sidney, Ina,
Stone et Divine**

Je vous adore

Remerciements

Ce travail est le fruit de la collaboration entre l'Institut de Recherche en Science de la Santé-Direction Régional de l'Ouest et l'Agence international de l'Energie Atomique

Je prie le **Professeur Jean-Bosco Ouedraogo**, Directeur Régional de l'IRSS-Bobo, Directeur General du centre Muraz de trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.

Vous m'avez permise d'exprimer mes capacités en me laissant prendre des initiatives. Merci pour votre confiance et vos encouragements. Que Dieu vous bénisse d'avantage

Je remercie le Professeur **George Anicet Ouedraogo**, pour avoir accepté d'examiner ce travail et d'être membre du jury malgré sa charge de travail.

Merci au **Professeur Boubacar Nacro**, pour avoir accepté d'examiner ce travail et de présider le jury malgré sa charge de travail.

Toute ma reconnaissance au **Docteur Augustin Zeba**. Sans votre confiance et vos encouragements, Césaire et moi ne pourrions pas mener à bien cette étude à la suite de laquelle d'autres responsabilités nous ont été confié. Merci pour le soutien pendant les moments de détresse. Que Dieu vous bénisse.

Au **Professeur Najat Moktar** et son époux **Pr Hassan Aguentaou** et à toute leur équipe du Centre National de l'Energie des Sciences et des Techniques Nucléaires du Maroc, merci pour la formation sur le FTIR qui continue de porter ses fruits.

Au **Docteur Hermann Sorgho**, toute ma gratitude. Merci pour le suivi rigoureux à mes débuts au laboratoire de l'IRSS. Sans votre aide et vos encouragements, ce document ne saurait voir le jour maintenant. Que Dieu vous accorde au delà de vos souhaits. Merci Hermann

Je prie le **Docteur Césaire Ouedraogo** de trouver ici toute mon amitié. La collaboration franche que nous avons eue pendant deux ans et surtout ta grande humilité ont permis cette réussite. Merci pour ton aide continuelle. Que Dieu t'accorde au delà de tes souhaits.

Merci au **Docteur Luc Joseph Baradandikanya**. Ce n'est toujours facile de se faire comprendre. Je n'oublie pas que tu as été au départ de cette grande aventure. Que Dieu te bénisse.

A **toutes les mères et bébés de la Vallée du Kou** qui ont participé à ce travail, merci pour leur disponibilité.

Aux « compagnons de lutte » **David Ouedraogo, Somé Fabrice et Yves Compaoré** et tous les étudiants de l'IRSS mes sincères remerciement pour leur collaboration.

Merci à tout le personnel de l'IRSS pour sa contribution.

A mes frères et sœurs, à ma mère, infiniment merci pour le soutien sans relâche

TABLES DES MATIERES

Listes des Tableaux et Figures	vi
Sigles et Abréviations	vii
I. Introduction	1
II. Généralités	4
2.1. Le lait et l'allaitement maternel.....	4
2.1.1. Définitions	4
2.1.2. Composition du lait maternel et besoins du nourrisson	4
2.1.3. Pourquoi recommander l'allaitement maternel exclusif ?.....	6
2.1.3.1. Bienfaits pour la santé du nourrisson.....	6
2.1.3.2. Avantages pour les mères	7
2.1.3.3. Avantages à long terme pour l'enfant	7
2.1.3.4. Pratique de l'allaitement maternel dans le monde	7
2.2. Utilisation des isotopes stables en nutrition : cas du deutérium	7
2.2.1. Quelques définitions	7
2.2.2. Méthode d'analyse de la quantité de deutérium.....	8
2.2.3. Sécurité liée à l'utilisation du deutérium	8
2.2.4. Phénomènes physiques liées à l'utilisation du deutérium.....	9
2.2.4.1. L'échange isotopique non aqueux.....	9
2.2.4.2. Le fractionnement isotopique.....	9
2.2.5. Utilisation de la dilution isotopique du deutérium pour la mesure de la quantité de lait consommé par les bébés.....	9
2.2.6. Utilisation de la dilution isotopique pour la mesure de la composition corporelle	10
2.2.6.1. Méthode d'évaluation à l'équilibre	10
2.2.6.2. Méthode d'extrapolation	11
2.3. La technique de deutérium « dose à la mère » [31]	11
2.4. La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier	13
2.4.1. Principe d'analyse par FTIR.....	13
2.4.2. Fonctionnement du FTIR.....	13
2.4.3. Analyse FTIR.....	15
III. Objectifs	17
3.1. Objectif général.....	17
3.2. Objectifs spécifiques	17
IV. Matériels et méthodes	18
4.1. Type et description de l'étude.....	18
4.2. Site et population d'étude.....	18
4.3. Considération éthiques	19
4.4. Procédure d'obtention de la quantité de lait maternel consommée par les bébés : technique de l'oxyde de deutérium dose-à-la-mère	19
4.4.1. Mesures anthropométriques chez la mère et le bébé.....	19
4.4.2. Préparation des doses d'oxyde de deutérium	19
4.4.3. Administration de l'oxyde de deutérium	20

4.4.4. Collecte et stockage d'échantillons de salive	20
4.4.5. Mesure de l'enrichissement des échantillons de salive par FTIR.....	22
4.4.5.1. Standard et courbe de calibration.....	22
4.4.5.2. Dosage du deutérium dans les échantillons de salive	23
4.5. Calcul, traitement et analyse des données	23
4.5.1. Paramètres anthropométriques	23
4.5.2. Pratique de l'allaitement maternel.....	24
4.5.3. Composition corporelle des mères.....	25
4.5.4. Analyses statistiques.....	26
V. Résultats	28
5.1. Caractéristique de la population	28
5.2. Etat nutritionnel des mères	28
5.2.1. Le taux d'hémoglobine	28
5.2.2. La composition corporelle des mères.....	29
5.3. Variabilité de la pratique de l'allaitement maternel.....	30
5.3.1. Evolution de la pratique de l'allaitement au cours du suivi	30
5.3.2. Allaitement maternel en fonction de l'âge des mères.....	31
5.3.3. En fonction du nombre d'enfants	32
5.4. Analyse de la croissance des enfants.....	33
5.4.1. Evolution générale du poids des enfants	33
5.4.2. Etat nutritionnel des enfants en fonction du mode d'allaitement.....	34
5.5. Analyse de la consommation de lait.....	35
5.5.1. Evolution générale de la consommation de lait.....	35
5.5.2. Analyse de la consommation de lait en fonction du mode d'allaitement.....	35
5.5.3. Production de lait en fonction de l'état nutritionnel des mères.....	36
VI. Discussion.....	38
6.1. De l'état nutritionnel des mères.....	38
6.1.1. Taux d'hémoglobine	38
6.1.2. Composition corporelle des mères.....	38
6.2. De la pratique de l'allaitement maternel	39
6.2.1. Evolution de la pratique de l'allaitement maternel.....	39
6.2.2. Pratique de l'allaitement maternel en fonction des caractéristiques de la population	40
6.3. De la croissance des enfants	41
6.3.1. En fonction des caractéristiques de naissance des enfants.....	41
6.3.2. En fonction du mode d'allaitement.....	42
6.4. De la quantité de lait consommée par les bébés	42
6.4.1. En fonction des caractéristiques de naissance	43
6.4.2. En fonction du mode d'allaitement.....	43
6.4.3. En fonction de l'état nutritionnel des mères	44
VII. Conclusion	46
VIII. References bibliographiques.....	48

LISTES DES TABLEAUX ET FIGURES

Liste des Tableaux

Tableau I : Composition du lait de femme, de vache et des préparations lactées pour nourrisson	6
Tableau II : bases de calcul des différents paramètres du modèle mère-bébé	24
Tableau III : Evolution du taux d'hémoglobine au cours du suivi	28
Tableau IV : Evolution de l'IMC pendant le suivi.....	29
Tableau V : Composition corporelle moyenne des mères allaitantes.....	29
Tableau VI: Variabilité du mode d'allaitement au cours du suivi	31
Tableau VII : Evolution du poids moyen (kg) des bébés durant le suivi.....	34
Tableau VIII : Proportion de malnutris en fonction du mode d'allaitement	34
Tableau IX : Evolution de la consommation lactée en fonction du poids de naissance	35
Tableau X : Evolution de la consommation lactée en fonction du mode d'allaitement.....	36
Tableau XI : Evolution de la consommation lactée en fonction de la masse grasse des mères	36

Liste des Figures

Figure 1 : Schéma du modèle à deux compartiments appliqué à la paire maman-bébé	10
Figure 2: logarithme d'élimination du deutérium dans le corps de la maman en fonction du temps	11
Figure 3 : Evolution de l'enrichissement en deutérium chez le couple mère-bébé.....	12
Figure 4: Spectre d'absorption de l'eau	13
Figure 5: Schéma de fonctionnement du système FTIR	14
Figure 6 : Etapes de la transformation de Fourier	15
Figure 7: Spectre FTIR d'une solution enrichie après correction avec le background et pic positif de CO ₂ (a) ou pic négatif de CO ₂ (b).....	15
Figure 8: Consommation d'une dose de D ₂ O.....	20
Figure 9: Recueil de coton imbibé de salive chez la mère et le bébé	22
Figure 10: Courbe de calibration avec le standard 1097 ppm.....	23

Figure 11: Répartition des mères en fonction de leur composition corporelle	30
Figure 12: Evolution des proportions d'allaitement maternel exclusif en fonction de l'âge	32
Figure 13: évolution de la pratique de l'allaitement maternel exclusif en fonction du nombre d'enfants	33

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

OMS : Organisation mondiale de la santé

UNICEF : United Nation of International Children's Emergency Fund (Fond des Nations Unies pour l'Enfance)

CSPS : Centre de Santé et de Promotion Sociale

FTIR: Fourier Transformed InfraRed Spectrometer

IRMS: Infra Red Mass Spectrometer

PFN: poids faible à la naissance

PNN: poids normal à la naissance

INTRODUCTION

I. INTRODUCTION

Une bonne pratique alimentaire joue un rôle important dans la croissance et permet d'assurer un bon développement et une meilleure santé durant les premières années de vie. Le lait maternel demeure le meilleur aliment pour l'alimentation du nourrisson car fournit l'énergie et les nutriments dont le bébé a besoin pour la première année de vie et, la pratique de l'allaitement maternel présente un grand intérêt tant sur le plan socio-économique que sanitaire.

L'organisation mondiale de la santé (OMS) recommande l'allaitement maternel exclusif durant les 6 premiers mois de la vie, suivi de l'introduction de compléments alimentaires appropriés sans toutefois arrêter l'allaitement maternel jusqu'à l'âge de 2 ans ou plus [1-3]. Le Burkina Faso, comme bien d'autres pays en développement, a adopté cette recommandation et en a fait un programme national de promotion de l'allaitement.

L'allaitement maternel exclusif signifie que l'enfant reçoit uniquement du lait maternel comme aliment, sans addition d'autres aliments ou boissons, ni même de l'eau. Même si la pratique de l'allaitement maternel est très répandue dans plusieurs pays, très peu de bébés sont nourris exclusivement au sein. En effet, bien que l'OMS recommande l'allaitement maternel exclusif jusqu'à 6 mois, plusieurs questions demeurent encore :

1. les mères sont-elles réellement préparées pour l'application de cette recommandation ?
2. toutes les mères qui acceptent et prétendent pratiquer l'allaitement maternel exclusif le font-elles réellement ?
3. la production de lait maternel, chez les femmes africaines, surtout celles qui sont issues des milieux défavorisés, est-elle réellement suffisante en quantité et en qualité pour couvrir totalement les besoins des nourrissons durant tous les 6 mois?
4. pourquoi les mères ont-elles tendance à ne plus allaiter exclusivement au-delà de 4 mois ?

Les informations disponibles concernant la pratique de l'allaitement, les quantités de lait maternel consommées et le temps d'introduction d'autres aliments dans l'alimentation des bébés sont limitées, en particulier dans les pays en développement. Ce manque d'informations est dû - du moins en partie - à la difficulté de mesurer l'absorption de lait humain.

La méthode conventionnelle pour mesurer la quantité de lait consommée par les bébés consiste à les peser avant et après chaque tétée ; ceci est appelé «test de pesée». Cette technique est longue et peut déranger la procédure normale de l'alimentation du bébé [5]. La plupart du temps, comme le recommandent d'ailleurs l'OMS et l'UNICEF, les bébés sont nourris «à la demande», quand l'enfant le veut, jour et nuit. Ceci montre clairement les limites pratiques de l'utilisation du «test de pesée».

Cependant, il est nécessaire d'obtenir plus de données utilisant des techniques performantes pour générer des données d'intérêt régional ou global. Les problèmes pratiques rencontrés avec le test de pesée peuvent être surmontés en utilisant la technique des isotopes stables.

En effet la quantité de lait consommée par les bébés pendant une période de 2 semaines peut être déterminée en utilisant la technique de « l'oxyde de deutérium dose à la mère » [6-9]. Cette technique permet également de mesurer :

- la quantité d'eau provenant d'autres sources que le lait maternel ingéré par le bébé afin de savoir si l'allaitement a été exclusif ou pas [10-11],
- la composition corporelle de la mère [12-13].

Très peu d'études ont fait usage de cette technique pour explorer l'adéquation de l'allaitement maternel dans les pays en voie de développement [12, 14-15].

Notre étude consiste à suivre la pratique de l'allaitement chez des mères ayant accepté l'allaitement exclusif pendant les 6 premiers mois de vie de leurs bébés. La quantité de lait consommée par les bébés ainsi que la composition corporelle des mères sont mesurées par analyse FTIR (Fourier Transformed Infrared Spectrometer) d'échantillons de salive en utilisant la technique de « l'oxyde de deutérium-dose-à-la-mère ».

Cette étude permettra de disposer des informations précises sur la pratique de l'allaitement maternel pour une promotion de l'allaitement maternel basée sur des évidences.

GENERALITES

II. GÉNÉRALITÉS

2.1. Le lait et l'allaitement maternel

2.1.1. Définitions

- **Allaitement** : l'enfant reçoit du lait maternel (directement du sein ou après qu'il ait été exprimé et recueilli dans un récipient). C'est une manière inégalée d'apporter l'alimentation idéale au nourrisson.
- **L'allaitement maternel exclusif** : le nourrisson a reçu uniquement du lait maternel de sa mère ou d'une nourrice, ou du lait maternel exprimé et pas d'autres liquides ou solides, à l'exception de gouttes ou de sirops composés de vitamines, de suppléments minéraux ou de médicaments ; un enfant doit être exclusivement allaité au lait provenant de sa mère.
- **Allaitement partiel** : c'est donner à la fois au bébé du lait maternel, et certains aliments artificiels, soit du lait de substitution ou des céréales.
- **Allaitement maternel prédominant** : la source principale d'alimentation du nourrisson a été le lait maternel. Cependant, le nourrisson doit également avoir reçu de l'eau ou des boissons à base d'eau (eau sucrée ou l'eau aromatisée, thé, infusions, etc.); jus de fruits, sels de réhydratation orale (SRO); d'un sirop de vitamines, de minéraux, et des médicaments; et les fluides laxatifs et digestifs (en quantités limitées). A l'exception des jus de fruits et de l'eau sucrée, les aliments liquides ne rentrent pas dans cette définition. L'allaitement est considéré prédominant s'il assure 80% des besoins du bébé [16].

2.1.2. Composition du lait maternel et besoins du nourrisson

Durant les trois premiers jours de l'allaitement, le lait de femme, alors appelé colostrum, a une composition différente du lait mature. Moins riche en lipides et en lactose, il a une densité énergétique moindre (450-480 contre 650-700 kcal/l) ; il est par contre plus riche en cellules immuno-compétentes (10 fois plus), en oligosaccharides (22 à 24 contre 12 à 13 g/l), et en protéines (22 contre 11 g/l) dont les IGA-S, les lactoferrines, différents facteurs de croissance, les différentes cytokines [17-18].

Tous ces éléments contribuent à protéger le nouveau-né qui est particulièrement vulnérable aux infections. En quelques jours, la composition rejoint celle du lait mature. Le Tableau I compare les valeurs moyennes de la composition du lait maternel, du lait de vache et des substituts du lait.

Les caséines du lait de femme forment avec les protéines dites « protéines solubles » (60%) une coagulation plus fine du lait de femme dans l'estomac du nourrisson, contribuant à une vidange gastrique plus rapide.

Parmi ces protéines solubles, certaines ont un rôle fonctionnel essentiel comme les immunoglobulines [19-21].

Le lait de femme contient des acides gras poly-insaturés (AGPI), acides gras essentiels mais aussi leurs homologues supérieurs, acide arachidonique dans la série linoléique (n-6) et acide docosahexaénoïque dans la série -linoléique (n-3) qui ont un rôle démontré dans les processus de maturation cérébrale et rétinienne. Leur teneur dépend des apports alimentaires en acides gras n-6 et n-3 de la femme allaitante [22].

Les oligosaccharides constituent une originalité majeure du lait de femme car ils jouent un rôle essentiel dans la mise en place de l'écosystème bactérien colique dominé chez l'enfant au sein, par les bifidobactéries, en particulier *Bifidobacterium bifidum*. Ces oligosaccharides (quasiment absents du lait de vache) jouent un rôle important dans la protection vis-à-vis des infections digestives, mais aussi extra-digestives [23].

Tableau I : Composition du lait de femme, de vache et des préparations lactées pour nourrisson

Pour 100 ml	Lait de vache	Préparations pour nourrissons	Lait de femme mature (après J4 - J5)
Poudre (g)		12,6 - 15	
Calories (kcal)	65	66 - 73	67
Protides (g)	3,7	1,5 - 1,9	1
- Caséines (%)	80	60 - 80* 44 - 50**	40
Lipides (g)	3,5	2,6 - 1,9	3,5
- Acide linoléique (mg)	90	350 - 740	350
- Acide a-linoléique (mg)	Traces	30 - 100	37
Glucides (g)	4,5	6,7 - 9,5	7,5
- Lactose (%)	100	47 - 100	85
- Dextrine-lactose (g)	0	1,1 - 6 2,6	0
- Autres sucres	Aucun	Amidon, Glucose, fructose, saccharose	Oligosaccharides
Sels minéraux (mg)	900	250 - 500	210
- Sodium (mg)	48	16 - 28	16
- Calcium (mg)	125	43 - 93	33
- Calcium/phosphore	1,25	1,2 - 1,9	2
- Fer (mg)	0,03	0,7 - 1	0,05

*Préparations à protéines non modifiées

**préparations à protéines adaptées

2.1.3. Pourquoi recommander l'allaitement maternel exclusif ?

2.1.3.1. Bienfaits pour la santé du nourrisson

Le lait maternel est l'aliment idéal pour les nouveau-nés et les nourrissons. En effet, il apporte tous les nutriments nécessaires à leur développement et contient des anticorps qui les protègent de maladies courantes telles que la diarrhée et la pneumonie qui sont les deux premières causes de mortalité de l'enfant dans le monde [24]. Le lait maternel étant immédiatement disponible, les nourrissons allaités au sein reçoivent une alimentation suffisante.

2.1.3.2. Avantages pour les mères

L'allaitement au sein présente également des avantages pour la mère. Lorsqu'il est exclusif, il retarde souvent le retour de la fécondité [25], ce qui constitue une méthode naturelle, mais pas infaillible, de contrôle des naissances. L'allaitement atténue le risque de cancer du sein et de l'ovaire [26-27] à un âge plus avancé, aide les femmes à retrouver plus vite leur poids d'avant la grossesse et permet de lutter contre l'obésité.

2.1.3.3. Avantages à long terme pour l'enfant

Au-delà de ses bienfaits immédiats, l'allaitement maternel aide à rester en bonne santé tout au long de la vie. Une fois adultes, les personnes qui ont été allaitées au sein ont souvent une tension artérielle et une cholestérolémie plus basses et souffrent plus rarement de surpoids, d'obésité ou de diabète [28]. Des données montrent que les personnes allaitées au sein obtiennent de meilleurs résultats aux tests d'intelligence.

2.1.3.4. Pratique de l'allaitement maternel dans le monde

D'après les données de 37 pays [29] mettant en évidence les tendances en matière d'allaitement maternel (couvrant 60% de la population des pays en voie de développement), le taux d'allaitement maternel exclusif pendant les six premiers mois suivant la naissance est passé de 34 à 41% dans les pays en voie de développement entre 1990 et 2004. Des avancées significatives ont été réalisées en Afrique subsaharienne où ces taux ont plus que doublé sur cette période, passant de 15 à 32%.

L'Afrique de l'ouest et l'Afrique centrale, en particulier, ont enregistré des améliorations significatives, avec des taux passant de 4 à 22%.

2.2. Utilisation des isotopes stables en nutrition : cas du deutérium

2.2.1. Quelques définitions

Un **isotope** est l'un des deux ou plus des formes d'un élément qui a le même nombre de protons (nombre atomique) mais avec un nombre de neutrons différent (nombre de masse). Ceci signifie que les poids moléculaires des molécules du même composant contiennent des

isotopes stables variés. Les isotopes stables sont non radioactifs. Ils sont présents naturellement dans l'environnement, y compris notre corps, en quantités connues sous le nom «d'abondance naturelle» de l'isotope :

- **L'hydrogène** est constitué d'un noyau avec un seul proton et un seul électron. Un proton représente une masse, et donc la masse de l'hydrogène est 1. Cet isotope stable est appelé aussi **protium**. Dans le deutérium, un isotope stable de l'hydrogène plus lourd, le noyau contient un proton et un neutron. Ainsi, la masse du deutérium est 2. Le troisième isotope est le tritium qui est de masse 3 et radioactif.
- **L'oxyde de deutérium** est de l'eau ($^2\text{H}_2\text{O}$ ou D_2O) dans laquelle 99,9% des atomes d'hydrogène sont sous forme de deutérium. Quand l'oxyde de deutérium est mélangé avec l'eau corporelle, trois formes isotopiques sont trouvées : HOH, HOD et DOD. Ces isotopologues ont au moins un atome avec un nombre de neutrons différents.

L'**enrichissement** au deutérium de l'eau corporelle est la concentration du deutérium au-dessus de son niveau de départ. L'enrichissement est calculé par soustraction de la concentration du deutérium dans les échantillons de départ de celle des échantillons collectés après administration de la dose.

2.2.2. Méthode d'analyse de la quantité de deutérium

Les mesures les plus sensibles et précises du deutérium sont faites par le **spectromètre de masse à fraction isotopique (IRMS)**, mais ces instruments sont chers et nécessitent des équipements de spécialiste et de l'expertise.

La concentration du deutérium peut être aussi mesurée par spectroscopie Infrarouge Transformée de Fourier (FTIR). Ces instruments sont plus faciles à utiliser et à maintenir que l'IRMS, sont moins chers et le coût des analyses est plus faible. Le FTIR est ainsi appropriée dans un contexte de ressources limitées.

2.2.3. Sécurité liée à l'utilisation du deutérium

Le deutérium a été utilisé dans les études du métabolisme chez l'humain pendant un demi-siècle sans qu'il y ait des effets nuisibles documentés [30]. Quand des concentrations de deutérium excédant 15% sont utilisées dans l'eau corporelle des mammifères, les différences de masse entre l'isotope stable mineur (^2H) et la forme prédominante de l'isotope stable (^1H)

peuvent causer «l'effet isotope». Aucun effet nocif n'a été détecté pour une concentration inférieure à 15% dans l'eau corporelle. Le seuil de la toxicité du deutérium (15%) est largement supérieur aux concentrations utilisées chez l'humain.

Dans les études d'évaluation de lait maternel et de composition corporelle, la quantité de deutérium consommée enrichie l'eau corporelle de la mère à 0,1% et moins que la moitié cette quantité chez son bébé. A ce niveau aucun effet secondaire n'a été rapporté. La totalité de deutérium sera éliminée du corps au bout de 6 semaines.

2.2.4. Phénomènes physiques liées à l'utilisation du deutérium

2.2.4.1. L'échange isotopique non aqueux

L'échange isotopique non aqueux est le processus par lequel les isotopes de l'eau corporelle intègrent d'autres composés du corps que l'eau, le plus souvent les protéines.



2.2.4.2. Le fractionnement isotopique

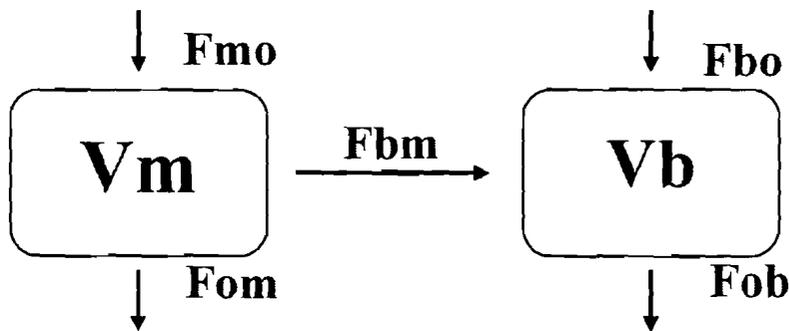
Le fractionnement isotopique de l'eau se produit lorsque l'eau liquide devient vapeur (gaz). Il y a moins de deutérium dans la vapeur d'eau que dans le volume principal de l'eau liquide à partir duquel la vapeur s'évapore. Les facteurs de fractionnement dépendent de la température. Il y a un fractionnement dans l'eau corporelle surtout quand il le corps sous forme de vapeur par la respiration et l'évaporation transdermique. Il y a aussi un fractionnement dans les échantillons de salives contenus dans les tubes.

2.2.5. Utilisation de la dilution isotopique du deutérium pour la mesure de la quantité de lait consommé par les bébés

Pour mesurer la quantité de lait absorbée par les bébés, on applique le modèle à deux compartiments à l'état d'équilibre des flux d'eau chez le couple mère-bébé [31].

Dans le **modèle à deux compartiments**, l'eau corporelle de la mère (vm) constitue le premier compartiment et l'eau corporelle du bébé (vb) le second. Ces deux compartiments communiquent entre eux par le flux du lait de la mère au bébé (fbm).

À l'état d'équilibre, l'eau totale entrante est égale à l'eau totale sortante. Dans ce cas, l'eau corporelle totale de la mère ne change pas durant la période d'étude. Cependant, l'eau corporelle totale du bébé a tendance à changer linéairement avec les valeurs initiale et finale déterminées à partir du poids du bébé.



Notation

	F = Flux	m = mère	b = bébé	o = extérieur	V = volume ECT
V_m	=	Volume de l'eau corporelle totale de la mère			
V_b	=	Volume de l'eau corporelle totale du bébé			
F_{mo}	=	de l'extérieur vers la mère			
F_{bo}	=	de l'extérieur vers le bébé (absorption de liquide en dehors de l'allaitement maternel)			
F_{bm}	=	de la mère vers le bébé (absorption de lait maternel)			
F_{om}	=	de la mère vers l'extérieur (urine, matière fécale, sueur et respiration)			
F_{ob}	=	du bébé vers l'extérieur (urine, matière fécale, sueur et respiration)			

Figure 1 : Schéma du modèle à deux compartiments appliqué à la paire maman-bébé

2.2.6 Utilisation de la dilution isotopique pour la mesure de la composition corporelle

2.2.6.1. Méthode d'évaluation à l'équilibre

Une dose de deutérium (30 g chez l'adulte) est administrée au sujet après avoir prélevé un échantillon de base. La dose est distribuée dans tout l'organisme et l'équilibre, période à laquelle la concentration du deutérium est identique dans tous les fluides corporels, est atteint généralement au bout de 3 à 4 heures. A l'équilibre, deux échantillons post-doses sont prélevés à une heure d'intervalle. La moyenne de la mesure de l'enrichissement en deutérium de ces échantillons permet de déterminer l'eau corporelle totale et donc la masse maigre et d'en déduire la masse grasse.

2.2.6.2. Méthode d'extrapolation

Les échantillons de salives post-dose sont prélevés pendant deux semaines après administration de la dose. Ce processus suit le mode d'élimination du deutérium dans le corps. L'eau corporelle totale est déterminée par extrapolation à partir du logarithme au temps zéro de l'enrichissement en deutérium.

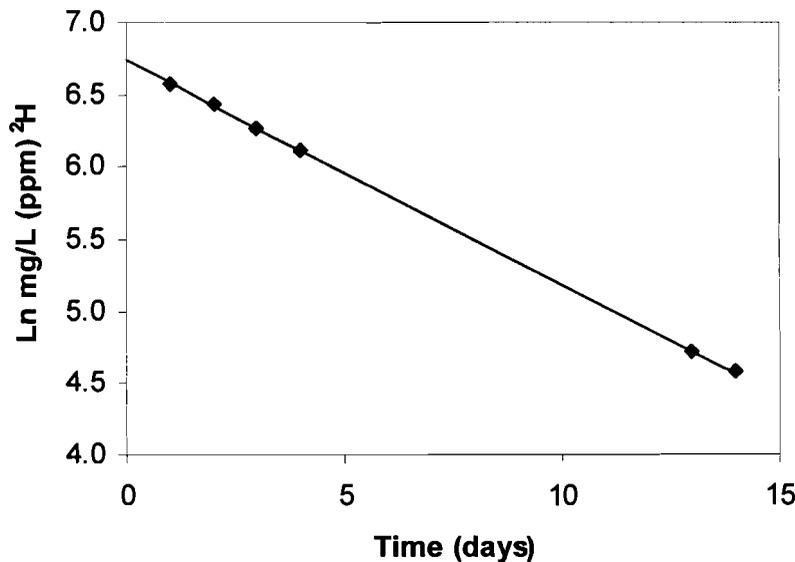


Figure 2: logarithme d'élimination du deutérium dans le corps de la maman en fonction du temps

2.3. La technique de deutérium « dose à la mère » [31]

La technique est précise, non invasive et n'interfère pas avec la procédure normale de l'alimentation du bébé.

La mère boit une quantité d'eau contenant une dose connue d'oxyde de deutérium ($^2\text{H}_2\text{O}$).

Le deutérium (^2H) est distribué à travers le corps et l'équilibre avec la réserve d'eau corporelle est atteint dans quelques heures.

L'oxyde de deutérium quitte ensuite graduellement le corps de la mère comme eau ($^2\text{HO}^1\text{H}$) dans l'urine, les matières fécales, la sueur, la vapeur d'eau durant la respiration et le lait maternel.

L'oxyde de deutérium est transféré de la mère vers le bébé via le lait. Comme chez la mère, le deutérium est distribué à travers la réserve d'eau du corps du bébé et quitte

graduellement le bébé comme eau ($^2\text{HO}^1\text{H}$) dans l'urine, les matières fécales, la sueur, la vapeur d'eau durant la respiration.

L'apparition et la disparition subséquente du deutérium chez la mère et le bébé est suivie par l'analyse des fluides du corps, comme la salive pendant 14 jours (Figure 3)

Les échantillons de salive peuvent être analysés par la Spectroscopie Infrarouge Transformée de Fourier (FTIR).

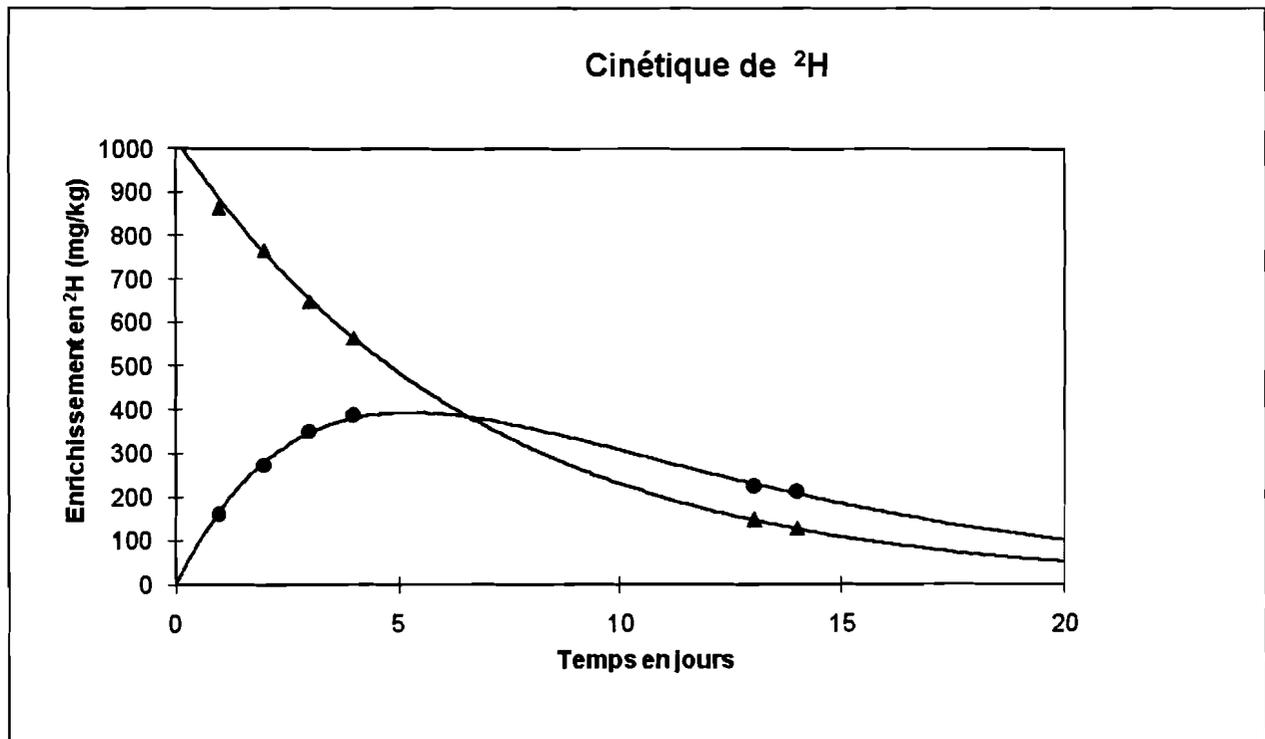


Figure 3 : Evolution de l'enrichissement en deutérium chez le couple mère-bébé

L'enrichissement à l'oxyde de deutérium dans l'eau corporelle de la mère et du bébé peut être utilisé pour calculer :

- La **quantité du lait maternel** ingérée par le bébé,
- Si le bébé a ingéré de l'eau issue d'**autres sources que le lait maternel**, et
- L'**eau corporelle totale de la mère**.

2.4. La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier

2.4.1. Principe d'analyse par FTIR

Le FTIR est un genre de spectroscopie dans lequel la quantité de lumière infrarouge absorbée par un échantillon est liée à la concentration d'un composant de l'échantillon. L'absorption de la molécule d'eau est liée à l'intensité de la vibration de la liaison OH.

La substitution du deutérium à l'hydrogène ne changera pas la force de la liaison mais la masse plus importante du deutérium changera la fréquence de la vibration. C'est l'effet isotope.

Le fait que l'intensité de la ligne d'absorption de l'O-D peut être employée pour mesurer la quantité de la présence de cette espèce, est un exemple de la loi de Beer-Lambert qui se définit comme suit : **absorbance = ϵdc**

ϵ est le coefficient molaire d'extinction pour les espèces étudiées ;

d est la distance que la lumière doit parcourir à travers le milieu d'absorption (en cm) ;

c la concentration des espèces absorbantes.

Pour l'O-D, le coefficient d'extinction à 2504 cm^{-1} , $\epsilon_{2504} = 7150 \text{ m}^{-1}$, et pour la quantification on utilise une cellule d'épaisseur 10^{-4} m ($\mu\text{m } 100$).

Diagramme schématique du spectre infrarouge dû aux liaisons O-H et O-D

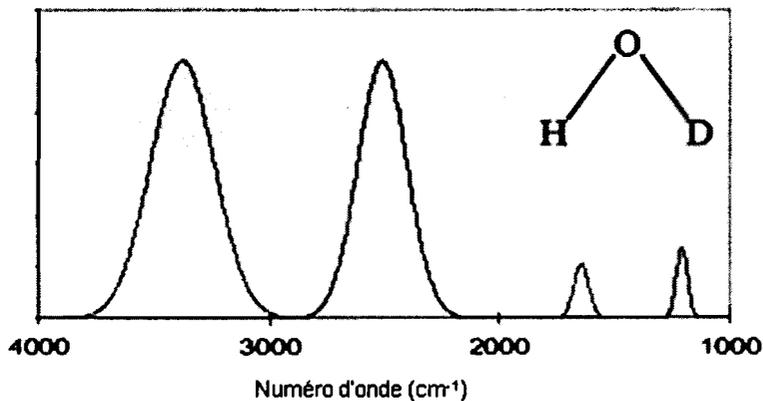


Figure 4: Spectre d'absorption de l'eau

2.4.2. Fonctionnement du FTIR

Un FTIR est composé d'une source de lumière infrarouge, d'un miroir semi-réfléchissant, de deux miroirs (un fixe et un mobile) et d'un détecteur.

Le miroir semi-réfléchissant et les deux miroirs composent l'interféromètre. Un des miroirs est fixe, alors que l'autre, le miroir mobile, est monté sur un ensemble, qui est conçu pour se déplacer dans deux sens (avant-arrière) à une vitesse constante (le miroir mobile).

La lumière de la source est orientée sur le miroir semi-réfléchissant. C'est un matériel de semi-transparent / semi-réfléctif, qui reflète la moitié de la lumière incidente vers le miroir fixe et transmet la seconde moitié vers le miroir mobile. Après avoir été réfléchis par les miroirs, les deux faisceaux sont recombinaés au niveau du miroir semi-réfléchissant et quand les faisceaux sont recombinaés après leur passage à travers l'échantillon, ils interfèrent et sont orientés sur le détecteur.

Quand les miroirs bougent, la forme des interférences change de constructive à destructive et vice versa, de manière cyclique.

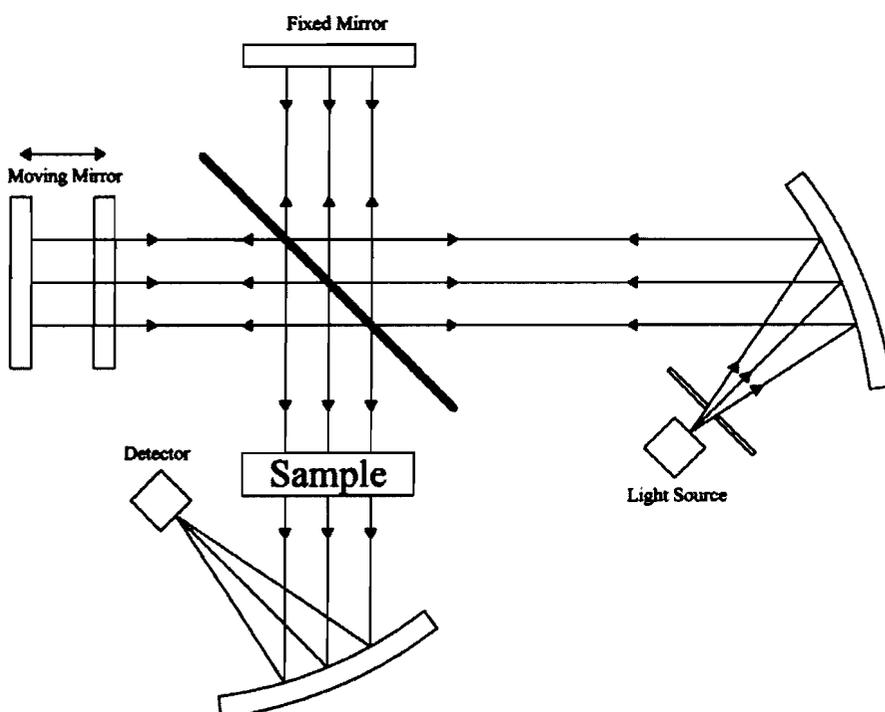


Figure 5: Schéma de fonctionnement du système FTIR

Des courbes cosinoïdales sont produites simultanément pour toutes les différentes longueurs d'onde de lumière. Celles-ci sont additionnées pour donner un interférogramme.

La transformation de fourier est un processus mathématique qui convertit la courbe complexe (interférogramme) en ses courbes composantes (spectre infrarouge). Le spectre montre le pourcentage de transmittance (%T) contre l'énergie (cm^{-1}).

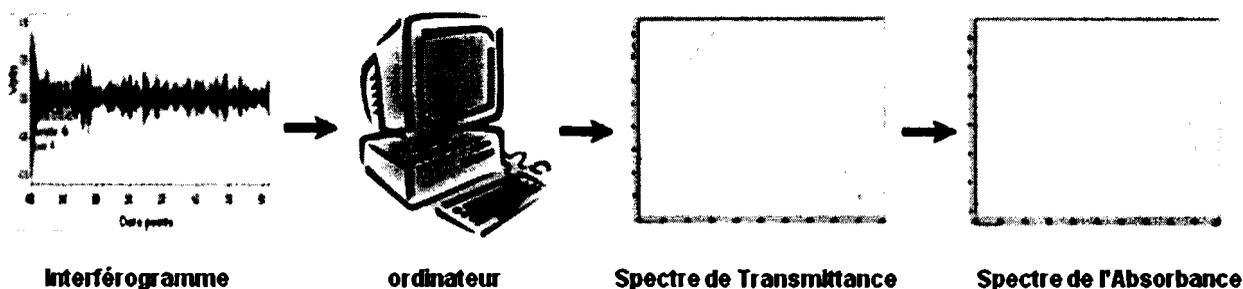


Figure 6 : Etapes de la transformation de Fourier

2.4.3. Analyse FTIR

L'environnement dans lequel l'analyse s'effectue doit être très pauvre en CO_2 car le pic du CO_2 apparaît dans le spectre de fréquence et pris en compte dans le calcul de l'enrichissement.

La solution à analyser est injectée dans une cellule FTIR qui est ensuite placée dans l'appareil pour les analyses. C'est de la prime importance qu'après le remplissage :

- l'eau dans la cellule ne contienne aucune bulle d'air, et
- qu'aucune partie des échantillons ne soit renversée sur la partie extérieure de la cellule.

On utilise une nouvelle seringue pour chaque échantillon pour éviter une contamination croisée.

L'enrichissement de l'échantillon est mesuré en comparaison avec un standard préparé par dilution de deutérium dans de l'eau potable et validé par une courbe de calibration.

Le résultat fourni par IR-solution sous forme de spectre d'absorbance accompagné d'un fichier de données de 32 scannage. Ce fichier est transporté vers le programme 'isotope-exe' qui calcule l'enrichissement en ppm en utilisant le spectre du standard comme référence.

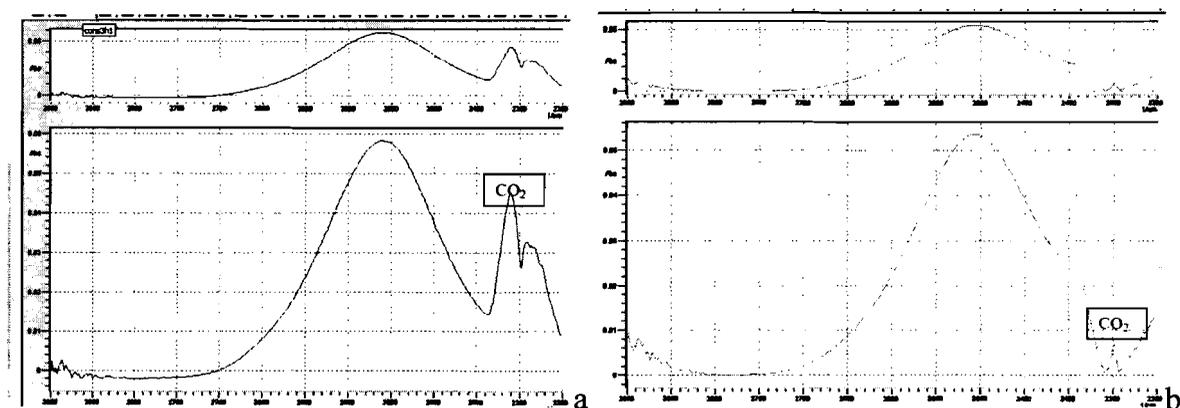


Figure 7: Spectre FTIR d'une solution enrichie après correction avec le background et pic positif de CO_2 (a) ou pic négatif de CO_2 (b)

OBJECTIFS

III. OBJECTIFS

3.1. Objectif général

Utiliser la technique des isotopes stables pour l'évaluation la pratique de l'allaitement maternel au Burkina Faso.

3.2. Objectifs spécifiques

1. Déterminer la quantité de lait consommée par les bébés pendant l'allaitement maternel.
2. Mesurer la composition corporelle des mères pendant la période d'allaitement maternel.
3. Déterminer le type d'allaitement maternel pratiqué par les mères pendant les 6 premiers mois de vie du bébé.
4. Déterminer l'état nutritionnel des bébés en fonction du mode d'allaitement pendant les six premiers mois de vie.

IV. MATÉRIELS ET MÉTHODES

4.1. Type et description de l'étude

Il s'agit d'une étude longitudinale descriptive au cours de laquelle des couples mères-enfants sont suivis pendant six mois à partir de la naissance. L'évaluation des paramètres s'est effectuée au cours de 4 passages :

- S2 (2 semaines de la naissance),
- M2 (2 deux mois après naissance),
- M4 (4 mois),
- M6 (6 mois).

L'étude s'est déroulée du 1^{er} Août 2008 au 30 Avril 2010. A chaque passage, les participants sont suivis pendant 15 jours de contrôle au cours desquels on évalue les paramètres suivants

- Jour 0 (J0) : mesure anthropométrique de la mère et du bébé, détermination du taux d'hémoglobine, prélèvement de salive pré-dose chez la mère et le bébé, administration du deutérium à la mère
- J1, J2, J3, J4 et J13 : prélèvement de salive post-dose de la mère et du bébé
- J14 : mesures anthropométriques et prélèvement de salive post-dose de la mère et du bébé.

4.2. Site et population d'étude

L'étude s'est déroulée au CSPS de la Vallée du Kou, localité située à 25 km de Bobo-Dioulasso dans l'aire du district de Dandé. La population d'étude était constituée par 46 paires mères-bébés issues de l'aire de couverture du CSPS.

Les sujets inclus dans notre étude devaient répondre aux critères suivant :

- ✓ Femmes âgées de 17 à 40 ans,
- ✓ Mère d'un enfant de moins de 2 semaines né à 9 mois
- ✓ Couple mère-enfant santé apparente
- ✓ Mère ayant choisi l'allaitement maternel exclusif
- ✓ Résider sur le site pendant toute la période de suivi

A l'opposé les critères d'exclusion à la présente étude étaient :

- ✓ Mère de jumeaux
- ✓ Quitter le site pendant le suivi
- ✓ Femme enceinte

- ✓ Maladie grave chez la mère ou l'enfant
- ✓ Interrompre l'allaitement maternel.

4.3. Considération éthiques

Le protocole de recherche a été soumis Comité d'Ethique Institutionnel et a reçu son approbation avant le démarrage de l'étude.

Les mères ont été informées sur les objectifs, les avantages et les contraintes liés à la mise en œuvre de l'étude. L'adhésion a été volontaire et matérialisée par la signature d'un formulaire de consentement éclairé.

4.4. Procédure d'obtention de la quantité de lait maternel consommée par les bébés : technique de l'oxyde de deutérium dose-à-la-mère

La technique de l'oxyde de deutérium dose-à-la-mère consiste à mesurer le poids et la taille des mères et bébés, administrer une dose de 30g d'oxyde de deutérium à la mère, prélever des échantillons de salives de la mère et du bébé pour déterminer leur enrichissement en deutérium

4.4.1. Mesures anthropométriques chez la mère et le bébé

Le poids des mères est mesuré avec une précision de 0,1 kg à l'aide d'une balance électronique (SECA 813). La mère est invitée à monter sur la balance avec le minimum de vêtements possible. A l'instar des mères, le poids des bébés est déterminé à l'aide de la balance électronique pour nourrisson (SECA 383) de précision 0,001 kg. Les bébés sont pesés sans vêtements.

La taille des mères est mesurée uniquement au début de l'étude avec une toise verticale de précision 0,1 cm (SECA 203). Quant aux enfants leur taille est mesurée à l'aide d'un infantomètre (SECA 417) de précision de 0,1 cm.

4.4.2. Préparation des doses d'oxyde de deutérium

Les doses sont préparées progressivement par lot et en fonction des besoins du terrain.

Les doses de 30 g d'oxyde de deutérium (99,9% $^2\text{H}_2\text{O}$ pur, Aldrich) sont préparées dans des bouteilles propres et sèches de 60 ml en polypropylène (Nalgène™). La dose est pesée sur

une balance électronique de précision (0,001) (OHAUS Pro) en renversant 28 ml d'oxyde de deutérium dans le flacon à l'aide d'une éprouvette graduée. Le poids exact et le numéro de la dose sont notés sur une fiche et sur le flacon. Les doses aliquotés sont stockées à 4°C au réfrigérateur jusqu'à l'administration.

4.4.3. Administration de l'oxyde de deutérium

Avant administration de la dose d'oxyde de deutérium, on s'assure que les échantillons de salive « pré-dose » de la mère et du bébé ont été prélevés.

Les solutions d'oxyde de deutérium sont mixés par retournement successifs des bouteilles afin d'éviter toute condensation au niveau du couvercle et la dose est immédiatement consommée.

La dose est prise par la maman à l'aide d'une paille avec laquelle elle aspire le D₂O contenu dans le flacon (Figure 8). Une fois le flacon vidé, il faut rajouter environ 30 ml d'eau potable dans le flacon, pour récupérer le deutérium restant et faire aspirer de nouveau par la maman. On répète une fois l'opération afin de récupérer tout le deutérium contenu dans le flacon.

Après administration, la date et l'heure sont marquées sur la fiche de suivi et sur le flacon qui sera conservé jusqu'à l'analyse des échantillons de salives.



Figure 8: Consommation d'une dose de D₂O

4.4.4. Collecte et stockage d'échantillons de salive

La collecte de la salive chez les mères s'effectue de la façon suivante (Figure 9) :

- Deux boules de coton hydrophile, non compressés d'environ 3 cm de diamètre chacune sont introduites dans la bouche de la mère pour humidification (Figure 9a).
- Il est demandé à la maman de retourner les boules de coton dans la bouche pour faciliter l'humidification.
- Lorsque le coton est bien humecté, il est directement transféré de la bouche dans une seringue de 20 CC dont on aura retiré le piston.
- La salive est recueillie dans un tube de 4,5 ml (avec bouchon à vis interne) par pression du piston sur les boules de coton. Une quantité de 4 ml est nécessaire pour les analyses. Le tube est refermé hermétiquement, la date, l'heure de prélèvement de l'échantillon, le numéro d'identification et les initiales du participant sont marqué sur le tube et sur la fiche de suivi.

Tout comme chez les mères, la collecte de la salive chez les bébés se réalise avec l'aide de boules de coton de la façon suivante :

Deux boules de coton de 1,5 cm sont introduites dans la bouche de l'enfant et amené dans le creux des joues manuellement en portant un gant en vinyle de préférence (ne pas introduire plus de 2 boules à la fois). Ne pas quitté des yeux le bébé, jusqu'au retrait des boules de coton qui se fait aussi manuellement. Les boules de coton bien humectées sont introduites dans une seringue de 10 CC dont on aura retiré le piston. La salive est recueillie dans un tube par pression du piston sur les boules de coton. L'opération est répétée jusqu'à obtention de 2 ml de salive pour les analyses.

Chaque tube est introduit dans un sachet de protection zip sur lequel la date, l'heure de prélèvement et le numéro d'identification sont marqués.

Les échantillons sont enfin placés sur des portoirs et introduits dans une glacière dont la température est maintenue à 4°C avant d'être transportés au laboratoire où ils sont conservés à -20°C jusqu'à l'analyse.



FIGURE 9A



FIGURE 9B

Figure 9: Recueil de coton imbibé de salive chez la mère et le bébé

4.4.5. Mesure de l'enrichissement des échantillons de salive par FTIR

4.4.5.1. Standard et courbe de calibration

Un standard de 1000 ppm (1000 mg/kg) est préparé en diluant 1 g de D_2O à 99,9% pur dans de l'eau de robinet. Le D_2O est pesé dans une petite fiole de 10 ml contenant déjà de l'eau sur la balance de précision 0,0001 g en prélevant 900 μ l de D_2O pur à l'aide d'une micropipette. Le poids exact du D_2O est noté. On transfère ensuite le D_2O dans une grande fiole de 1l déjà tarée sur une balance, en rinçant le flacon deux fois de suite avec de l'eau pour récupérer tout le D_2O et on complète la bouteille avec de l'eau jusqu'au trait de jauge de 1L. Puis, on note le poids ($D_2O + H_2O$).

De même la gamme de solution de 100 à 2000 ppm est préparée selon le même procédé.

L'enrichissement de la gamme est mesuré par FTIR en utilisant comme référence le standard 1097 ppm préparé. On établit alors une courbe de calibration qui permet de valider le standard. La Figure 10 donne la courbe de calibration obtenue pour le standard 1097 ppm.

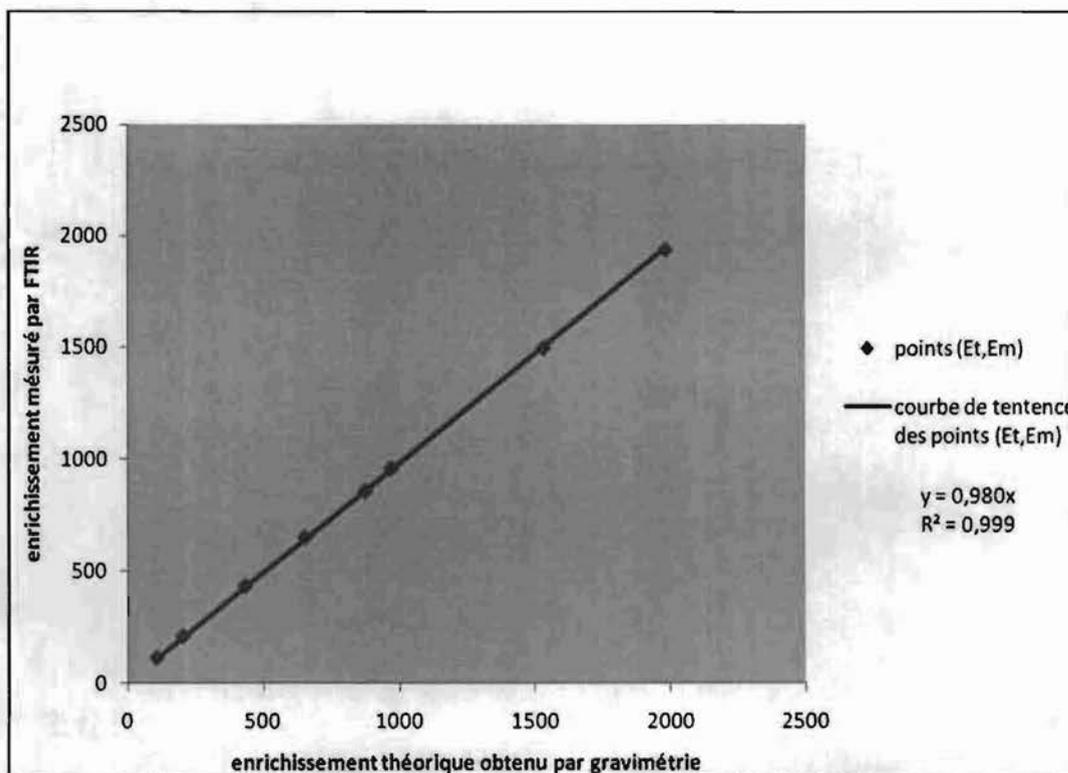


Figure 10: Courbe de calibration avec le standard 1097 ppm

4.4.5.2 Dosage du deutérium dans les échantillons de salive

Les échantillons sont décongelés et centrifugés à 2000 RPM pendant 15 mn. Ils sont analysés par couple. Les injections se font en trois étapes, en allant des plus faibles concentrations aux plus fortes comme suit :

1. Background du standard ensuite standard
2. Background-mère (J0) ensuite J14, J13, J4, J3, J2, J1
3. Background-bébé (J0) ensuite J14, J13, J1, J2, J3, J4

4.5. Calcul, traitement et analyse des données

4.5.1. Paramètres anthropométriques

L'indice de masse corporelle (IMC) de la mère est calculé en utilisant EXCEL à partir de la formule :

$$\text{IMC (kg/m}^2\text{)} = \frac{\text{Poids (kg)}}{\text{Taille}^2 \text{ (m)}}$$

puis classés selon les valeurs suivantes :

IMC < 18,5 = maigre

$18,5 \leq \text{IMC} \leq 24,9$ = normal

IMC ≥ 25 = surpoids

IMC ≥ 30 = obésité

Les z-scores des indices poids/âge, poids/taille et taille/âge ont été obtenus à partir des poids, tailles et âges des bébés au J0 de chaque passage grâce au logiciel « WHO ANTHRO V3.1.0. ». Un z-score < -2 correspond à un état de malnutrition qui est fonction de l'indice utilisé :

- indice poids/taille : malnutrition aigüe (émaciation)
- indice taille/âge : retard de croissance
- indice poids/âge : insuffisance pondérale

4.5.2. Pratique de l'allaitement maternel

Les calculs sont effectués en utilisant le Tableur EXCEL « human milk calcs » conçu pour l'allaitement.

Le calcul de la quantité de lait consommée et d'eau provenant d'autres sources est effectué à partir de formules basées sur le modèle à deux compartiments à l'état d'équilibre [32]. Le Tableau II résume le mode de calcul des différents flux chez le bébé

Tableau II : bases de calcul des différents paramètres du modèle mère-bébé

Paramètres	Formules	Bases
Consommation de lait (M)	$M = F_{bm}/0,871$	Le lait maternel contient 87,1% d'eau [33]
Eau totale provenant du lait maternel (F_m)	$F_m = F_{bm} + 0,09M$	L'eau contenue dans le lait et l'eau provenant de l'oxydation des éléments solides du lait (protéines, glucides, lipides) (9% du lait)

L'eau de croissance du bébé durant la période expérimentale (F_g)	$F_g = (V_{b, jour14} - V_{b, jour0}) / 14$	Variation de V_b
Eau totale éliminée par le bébé	$F_{ob} = F_{bb} / 0,9919$	Une correction faite pour le fractionnement isotopique 15% de l'eau perdue était fractionnée
Absorption non orale d'eau (f_a)	$F_a = 0,063M$	L'échange d'eau atmosphérique et alvéolaire est estimé à 6,3% du lait consommé [34]
Absorption orale d'eau provenant de sources autres que le lait maternel (F_s)	$F_s = F_{ob} - F_m - F_a + F_g$	L'eau entrant ($F_s + F_m + F_a$) est égal à l'eau sortant plus l'eau pour la croissance $F_{ob} + F_g$

Il existe une erreur associée à l'estimation de l'absorption d'eau provenant de sources autres que le lait maternel chez le bébé, à cause des hypothèses émises dans ce calcul. Cette erreur (25 ± 62 ml par jour) résulte d'une faible absorption d'eau provenant d'autres sources que le lait maternel chez les bébés déclarés exclusivement allaités au sein [35]. Nous avons donc admis que si l'enfant absorbe par jour moins de 87 ml d'eau provenant d'autres sources que le lait maternel alors l'allaitement maternel est exclusif.

4.5.3. Composition corporelle des mères

La composition corporelle maternelle est calculée à partir du volume de distribution du deutérium dans son corps, en utilisant le modèle à deux compartiments appliqué à la mère.

Le **volume de distribution**, ou **espace de dilution**, N_D est estimé par une extrapolation régressive à l'ordonnée de l'origine, c'est-à-dire au temps zéro, du segment du logarithme népérien de la concentration du deutérium au niveau du corps de la mère en fonction du temps.

La valeur de l'ordonnée à l'origine est notée, $C_{m(0)}$ (concentration au niveau de l'eau corporelle de la mère au temps zéro).

$$N_D \text{ (kg)} = \text{dose de l'oxyde de deutérium (g)} \times 1000 / (C_{m(0)})$$

N_D est ensuite corrigé pour l'échange isotopique non aqueux. L'espace de dilution du deutérium est supposé être de 4,1% plus grand que le stock de l'eau corporelle totale (ECT).

$$ECT \text{ (kg)} = N_D / 1,041$$

Comme, la **masse non grasse** est supposée contenir 73,2% d'eau alors,

$$\text{Masse Non Grasse (kg)} = \text{ECT (kg)} / 0,732$$

La **masse grasse** est calculée par différence entre le poids corporel et la masse non grasse;

$$\text{Masse grasse (kg)} = \text{poids corporel (kg)} - \text{masse non grasse (kg)}$$

$$\text{Masse grasse (\%)} = \text{masse grasse (kg)} / \text{poids corporel (kg)} \times 100$$

Les résultats obtenus pour le calcul de la composition corporelle ont été validée par la méthode de Bland et Altman [36] en utilisant l'équation de prédiction de composition corporelle $\text{ECT}=7,4*T^3$ qui a été établie pour le contrôle de qualité dans les études de dilution isotopique chez les sujets de 3 à 84 ans [37].

4.5.4. Analyses statistiques

Les données ont été saisie sur EXCEL et analysées en utilisant le logiciel STATA version 9.0. Les moyennes et les proportions ont été comparées en utilisant le test de Student. La différence était considérée comme significative pour une valeur de $p \leq 0,05$.

RESULTATS

V. RÉSULTATS

5.1. Caractéristique de la population

Nous avons recruté 46 mères dont l'âge des mères variait de 17 à 40 ans avec une moyenne de 24,3 ans. L'ethnie mossi était majoritaire (67,4%) suivi du groupe Dioula-Dafin (17,4%), puis les Bobos (10,9%) et les samos (4,3%). Toutes les mères étaient ménagères mais elles pratiquaient elles toutes la culture de rente du riz à longueur d'année. Cinq femmes sur les 46 avaient le niveau CEP. La parité moyenne était de 3. Quant au nombre d'enfant vivants qu'elles avaient y compris le bébé, il était de 2 en moyenne.

L'âge moyen des enfants était de 6 jours à l'inclusion. La taille moyenne à la naissance était 48,77 cm. Le poids de naissance était en moyenne 2,9 kg. 15,22% (7/46) des bébés avaient un faible poids à la naissance.

5.2. Etat nutritionnel des mères

5.2.1. Le taux d'hémoglobine

L'analyse des résultats biologiques montre que l'ensemble des mères incluses dans l'étude Les mères avaient des taux d'hémoglobine inférieur à la normale durant toute la période du suivi (Tableau). Les valeurs les plus basses sont rencontrées à S2 puis on observe une hausse très significative pendant le suivi, même si on constate une légère baisse de M4 à M6 avec un taux d'hémoglobine sensiblement égale à celle du M2.

Tableau III : Evolution du taux d'hémoglobine au cours du suivi

Passage	Semaine 2 (n = 46)	Mois 2 (n = 46)	Mois 4 (n = 45)	Mois 6 (n = 44)
Hemocue	10,17 ± 2,19	11,65 ± 1,18	12,28 ± 1,42	11,67 ± 1,25
<i>P</i>		0,0005*	0,0*	0,0006*
Hb < 12	75	59	47	61
<i>p</i>		0,18	0,02*	0,24

5.2.2. La composition corporelle des mères

L'IMC varie peu de S2 (21,9) à M6 (21,7) la proportion des mères présentant une maigreur a augmenté au cours du suivi pour passer de 2% à S2 à 11,3% à M6 mais sans différence significative entre les différentes périodes. La proportion de celles qui présentaient un surpoids n'a pratiquement pas changé au cours du suivi (15%). Aucun cas d'obésité n'a été identifié mais il y avait à chaque passage, plus de cas de surpoids (IMC > 25) que de maigreur (IMC < 18,5) avec une différence significative à S2 ($p = 0,03$).

Tableau IV : Evolution de l'IMC pendant le suivi

Passage	Semaine 2 (n = 46)	Mois 2 (n = 46)	Mois 4 (n = 45)	Mois 6 (n = 44)
% IMC < 18,5	2,17	4,35	8,88	11,36
% IMC > 25	15,22	13,04	17,77	15,90
<i>p</i>	0,03*	0,14	0,21	0,52

L'eau corporelle totale, voir la masse maigre, comme l'indique le Tableau VII était maximum à S2 sans différence significative avec les périodes M2, M4 et M6 qui présentaient entre elles un volume d'eau corporelle quasiment identique ($p=1$).

Tableau V : Composition corporelle moyenne des mères allaitantes

Passage	Semaine 2 (n = 46)	Mois 2 (n = 46)	Mois 4 (n = 45)	Mois 6 (n = 44)
Eau corporelle totale (l)	32,48 ± 3,24	31,63 ± 3,4	31,58 ± 3,2	31,60 ± 3,5
Masse maigre (kg)	44,37 ± 4,43	43,2 ± 4,7	43,12 ± 4,38	43,2 ± 4,8
<i>p</i>	-	0,23	0,19	0,23
% de masse grasse	22,26	23,1	24,6	23,96
<i>p</i>	-	0,92	0,80	0,85

La proportion de masse grasse variait aussi peu. La Figure 20 repartie les mères allaitantes en fonction de leur composition corporelle. Pendant toute la période du suivi la proportion de mères dénutries est restée élevée.

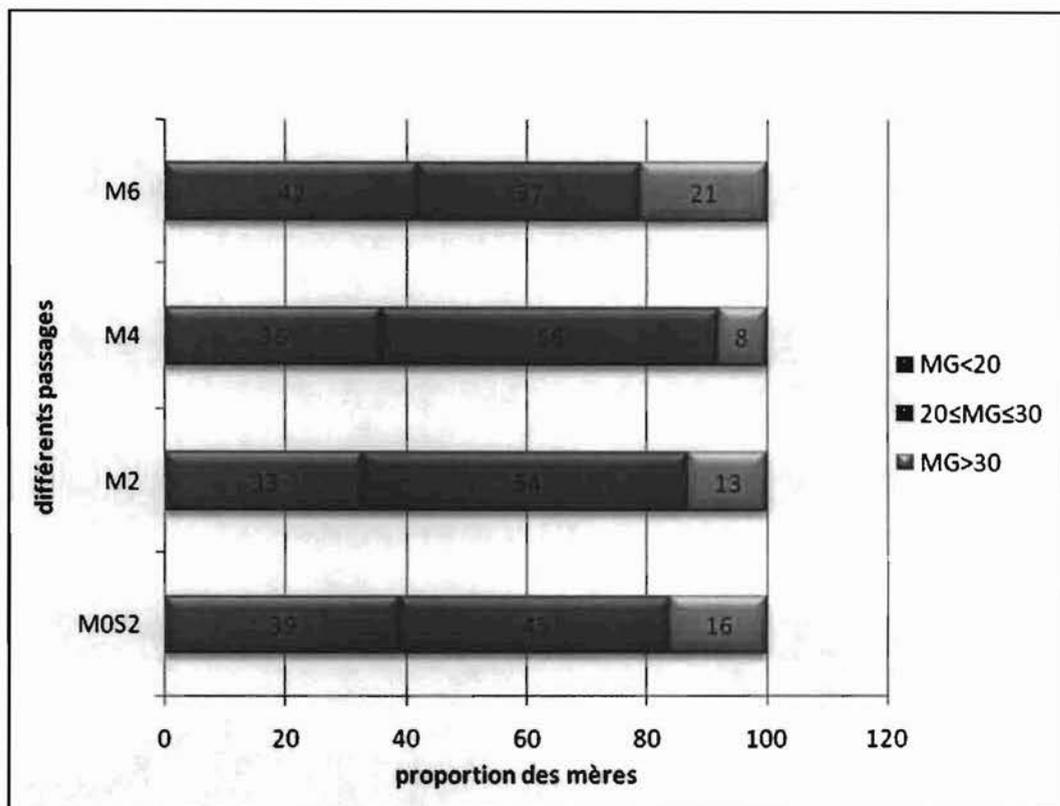


Figure 11: Répartition des mères en fonction de leur composition corporelle

5.3. Variabilité de la pratique de l'allaitement maternel

5.3.1. Evolution de la pratique de l'allaitement au cours du suivi

Au cours des évaluations périodiques nous avons enregistré que l'allaitement exclusif était de 81,4% (35/43) à S2 et 73,9% (34/46) à M2. A M4 on trouvait 86,7% d'exclusivité (39/45) contre 34,9% (15/43) à M6. Se rapportant sur la continuité du mode d'allaitement, ces valeurs étaient nettement en baisse par rapport aux résultats périodiques :

- La proportion d'allaitement exclusif sur les 2 premiers passages cumulés était inférieure à celle de M2 sans différence significative.
- La différence était statistiquement significative entre la proportion de femmes ayant pratiqué l'allaitement exclusif au M4 et celles qui l'ont réellement pratiqué de M2 à M4 ($p = 0,01$) ou, mieux encore, de la naissance à M4 ($p = 0,001$)
- Comme au M4 la proportion d'allaitement exclusif sur les 6 mois était nettement inférieure à celle obtenue pour la période spécifique de M6 avec une différence statistiquement significative ($p = 0,03$)

Tableau VI: Variabilité du mode d'allaitement au cours du suivi

Passage M0	M0S2			
	81,4 (n = 43)			
Passage M2	M2 (n = 46)	M1 à M2 (n = 43)		
% d'exclusif	73,9	58,1		
<i>p</i>		0,11		
Passage M4	M4 (n = 45)	M2 à M4 (n = 45)	M1 à M4 (n = 42)	
% d'exclusif	86,7	62,2	50	
<i>p</i>		0,01*	0,0001*	
Passage	M6 (n = 43)	M4 à M6 (n = 42)	M2 à M6 (n = 43)	M1 à M6 (n = 41)
% d'exclusif	34,9	33,3	20,9	14,6
<i>p</i>		0,82	0,13	0,03*

SI l'on considère l'ensemble de la population de mères de notre étude, on note que la proportion d'allaitement exclusif décroît graduellement. Elle passe de 81,4% à deux semaines après la naissance à 58,1% au deuxième mois de suivi puis à 50% à M4 pour terminer à 14,6% après 6 mois.

5.3.2. Allaitement maternel en fonction de l'âge des mères

Jusqu'au M6, l'allaitement maternel exclusif était plus le fait des mères jeunes mais il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les différents groupes.

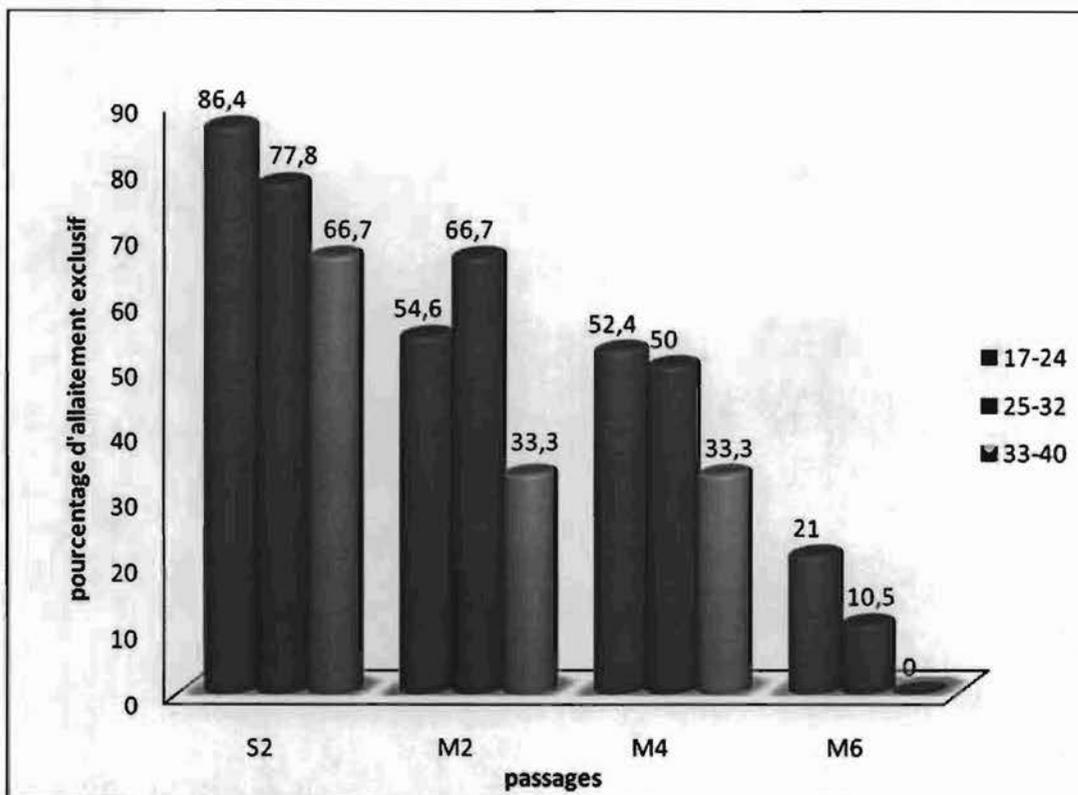


Figure 12: Evolution des proportions d'allaitement maternel exclusif en fonction de l'âge

5.3.3. En fonction du nombre d'enfants

Jusqu'au 4^{ème} mois, l'allaitement exclusif était plus le fait des mères qui n'avaient qu'un seul enfant vivant en l'occurrence le bébé qu'elles nourrissaient au sein. Toutes les mères de ce groupe avaient allaitée exclusivement au premier moi. La proportion d'allaitement exclusif dans ce groupe était descendue à 66% de M2 à M4 mais resté tout de même un peu plus élevée que les proportions d'allaitement exclusif dans les 2 autres groupes.

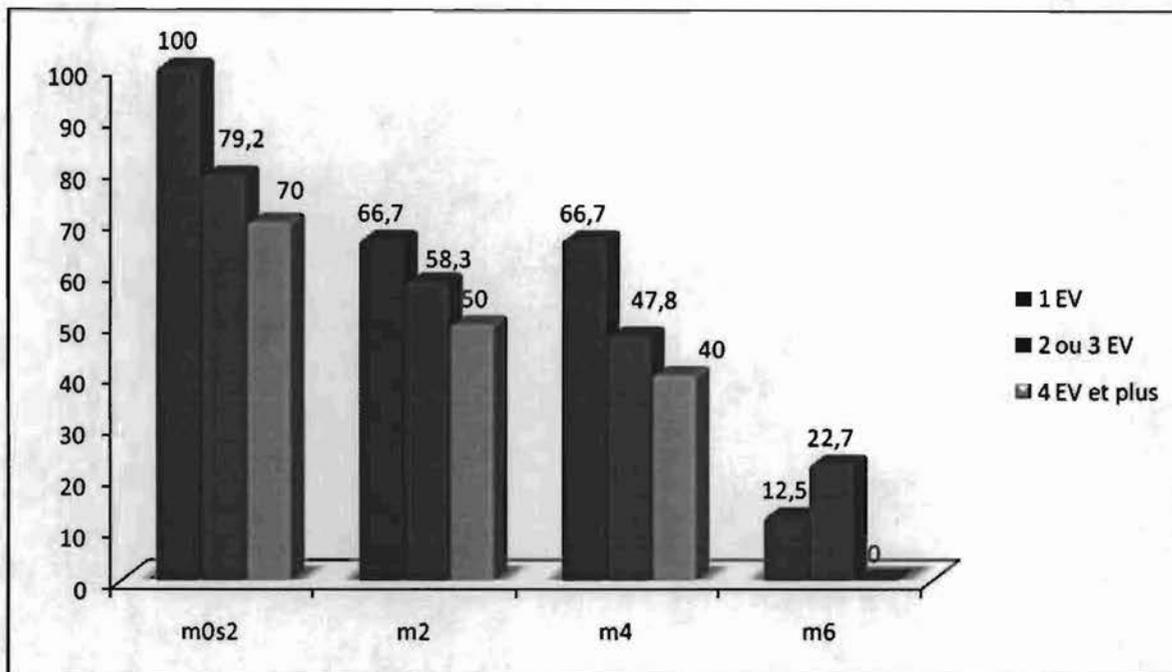


Figure 13: évolution de la pratique de l'allaitement maternel exclusif en fonction du nombre d'enfants

5.4. Analyse de la croissance des enfants

5.4.1. Evolution générale du poids des enfants

Le poids moyen des enfants est passé de 2,98 kg (S2) à 5,44kg (M2). Au mois 4 il était de 6,72 kg et au M6 on avait en moyenne 6,85 kg. En dehors de l'inclusion, le poids des garçons était supérieur à celui des filles sans différence statistiquement significative. Pendant toute la période de suivi, la différence de poids était très significative entre les enfants PFN et les enfants PNN.

Tableau VII : Evolution du poids moyen (kg) des bébés durant le suivi

Passage	S2	M2	M4	M6
Poids des bébés	2,98 ± 0,5	5,44 ± 0,8	6,57 ± 0,9	6,85 ± 1
Filles	3,06 ± 0,52 (n=22)	5,31 ± 0,83 (n=22)	6,60 ± 1,85 (n=21)	6,57 ± 1,04 (n=20)
Garçons	2,90 ± 0,5 (n=24)	5,57 ± 0,72 (n=24)	6,81 ± 0,79 (n=24)	7,09 ± 0,89 (n=24)
p	0,29	0,26	0,61	0,08
Poids normal à naissance	3,13 ± 0,36 (n=39)	5,60 ± 0,64 (n=39)	6,97 ± 1,35 (n=38)	6,99 ± 0,98 (n=38)
Poids faible à la naissance	2,12 ± 0,43 (n=7)	4,54 ± 0,97 (n=7)	5,36 ± 0,61 (n=7)	5,94 ± 0,71 (n=6)
p	0,0001*	0,001*	0,004*	0,02*

* p < 0,05

5.4.2. Etat nutritionnel des enfants en fonction du mode d'allaitement

La proportion de malnutris chez les enfants de poids de naissance normal était plus élevée à M6 qu'à M4. En observant les z-scores en fonction du mode d'allaitement, on constate que la malnutrition était plus le fait d'allaitement non exclusif (Tableau VIII).

Tableau VIII : Proportion de malnutris en fonction du mode d'allaitement

Type d'allaitement	Pourcentage de z-score < -2		
	Poids/taille	Taille/âge	Poids/âge
M4			
Exclusif (18)	5,5	0	0
Non exclusif (18)	5,5	5,5	0
p	1	0,31	1
M6			
Exclusif(5)	0	0	0
Non exclusif(32)	28	3	16
p	0,17	0,69	0,34

5.5. Analyse de la consommation de lait

5.5.1. Evolution générale de la consommation de lait

La quantité moyenne de lait consommée par les bébés par jour, était de 569,2 ml [120 - 1035] à S2 (n=42). Ces valeurs ne prennent pas en compte la quantité de lait consommé par un bébé qui était très bas 94 ml et l'évaluation n'a pu se faire pour 3 autres bébés pour difficulté de prélèvement de salive. L'absorption de lait augmentait pour atteindre 852 ml [399 - 1302] à M2 puis 916 ml [471 - 1365] au M4 avant de connaître une légère baisse à M6 où on se retrouve avec 894,8 ml [440 - 1203] de lait absorbé par les bébés.

De la naissance au 6^{ème} mois, la consommation de lait est restée toujours plus élevée chez les bébés PNN et les différences étaient statistiquement significative ($p < 0,004$) jusqu'au M4.

Tableau IX : Evolution de la consommation lactée en fonction du poids de naissance

Bébés	Quantité de lait consommé par les bébés par jour			
	Semaine 2	Mois 2	Mois 4	Mois 6
PFN	328,8 ± 150,6 (n=5)	664,3 ± 159,5 (n=7)	712,1 ± 117,1 (n=7)	773,3 ± 158,1 (n=6)
PNN	601,6 ± 192 (n=37)	885,6 ± 151,5 (n=39)	953,7 ± 179,1 (n=38)	914,5 ± 188,1 (n=37)
<i>p</i>	0,004*	0,001*	0,001*	0,09

PFN : Poids faible à la naissance

PNN : Poids normal à naissance

* $p < 0,05$

5.5.2. Analyse de la consommation de lait en fonction du mode d'allaitement

Hormis S2, les enfants allaités exclusivement au sein consommaient plus de lait que ceux qui étaient partiellement allaités, et la différence de consommation entre les 2 groupes était significative au M6.

Tableau X : Evolution de la consommation lactée en fonction du mode d'allaitement

Mode d'allaitement	Quantité de lait consommé par jour			
	Semaine 2	Mois 2	Mois 4	Mois 6
Exclusif	594,9 ± 189,2 (n=30)	897,3 ± 139,5 (n=30)	958,3 ± 181,8 (n=33)	1058,4 ± 96,9 (n=12)
Non exclusif	630,7 ± 201 (n=7)	846,9 ± 180,6 (n=9)	923,6 ± 157,4 (n=5)	845,5 ± 182,1 (n=25)
p	0,66	0,38	0,68	0,0006*

5.5.3. Production de lait en fonction de l'état nutritionnel des mères

Les mamans dont la masse grasse étaient supérieure à la normale (MG>30) donnaient à leurs bébés un peu plus de lait que celles qui étaient dénutries (MG<20) depuis la naissance jusqu'à M4 mais sans différence statistiquement significative.

Tableau XI : Evolution de la consommation lactée en fonction de la masse grasse des mères

Mode d'allaitement	Quantité moyenne de lait produit par jour			
	Semaine 2	Mois 2	Mois 4	Mois 6
MG<20	529 ± 220 (n=16)	805 ± 218 (n=15)	942 ± 177 (n=16)	944 ± 96,9 (n=12)
MG>30	655 ± 184 (n=7)	863 ± 162 (n=6)	982 ± 206 (n=8)	913 ± 183 (n=9)
p	0,20	0,56	0,63	0,70

DISCUSSION

VI. DISCUSSION

6.1. De l'état nutritionnel des mères

6.1.1. Taux d'hémoglobine

Le taux d'hémoglobine est un indicateur important de l'état nutritionnel et de santé des mères. Pendant tout le suivi les proportions des femmes ayant un taux d'hémoglobine bas étaient très élevée. Ce qui est alarmant La très forte proportion d'anémie (75%) au premier passage pourrait s'expliquer par la suite de couche. En effet, les grandes pertes de sang suite à l'accouchement contribuent énormément à affaiblir l'organisme en favorisant l'anémie.

En principe pendant la grossesse les mères reçoivent une supplémentation en fer et en folates qui est à la fois bénéfique pour elles et pour leurs bébés et cette supplémentation est supposée continuer pendant l'allaitement. Mais il est difficile d'évaluer la prise réelle de ces compléments nutritionnels par les mamans tant pendant la grossesse qu'après l'accouchement; d'où la présence fréquente d'anémie.

En outre une simple supplémentation en fer ne suffit pas pour réduire l'anémie sans tenir compte de la biodisponibilité de ce fer. Certaines pratiques alimentaires, comme la consommation de thé, réduisent l'absorption du fer et ces facteurs ne sont pas toujours pris en compte. De plus, une pléthore de fer n'est pas toujours la solution à l'amélioration de l'état nutritionnel global surtout dans les milieux défavorisés ou les carences sont multiples.

6.1.2. Composition corporelle des mères

Dans une population de femmes qui allaitent, il s'avère assez normal que la proportion des femmes qui présentent un surpoids (IMC>25) soit supérieure à celle des maigres (IMC<18,5) surtout dans les premières semaines suivant l'accouchement. En effet, pendant la grossesse, les femmes prennent généralement du poids et accumulent des graisse. Ce surpoids se remarque chez beaucoup de femmes après l'accouchement. C'est le cas à S2 où la proportion des femmes en surpoids était beaucoup plus élevée ($p=0,03$).

Pendant l'allaitement, les femmes perdent progressivement du poids pour retrouver les poids d'avant grossesse et cette perte de poids est imputable à la grande production de lait. Chez les mères des milieux défavorisés qui généralement sont dénutries pendant la grossesse, les réserves corporelles sont minimales. Si l'état nutritionnel au départ n'était pas l'un des meilleurs et que la dépense énergétique occasionnée par l'allaitement n'est pas compensée par une bonne alimentation les femmes auront tendance à beaucoup maigrir pendant toute la période de

l'allaitement. D'où une augmentation des proportions des femmes maigres de S2 à M6 dans notre étude.

Quand on observe la composition corporelle réelle des mères, le fait que le volume d'eau corporelle totale soit supérieur à S2 s'explique par le fait que les mères de manière générale présentent une certaine rétention d'eau après l'accouchement. Pendant la grossesse, les échanges sont très accrus entre le bébé et la mère. Cette dernière est pour son bébé, à la fois, le centre de ravitaillement en nutriment et d'épuration des déchets d'où une augmentation de son volume liquidien et cela reste les premières semaines suivant l'accouchement. Sinon, de manière générale, sauf en cas de maladie grave entraînant un état œdémateux (augmentation de l'ECT) ou une déshydratation importante (réduction de l'ECT), l'eau corporelle totale (voir la masse maigre) ne varie pas chez l'adulte. Ce qui est prouvé ici par le volume moyen d'eau corporelle maternelle quasi identique de M2 à M6. Le seul compartiment qui varie et ce, assez rapidement est la masse grasse. La production de lait représente un coût énergétique pour la mère. Ces besoins en énergie correspondant à l'allaitement peuvent être couverts en partie par une mobilisation des graisses accumulées lors de la grossesse. Ce qui entraîne souvent une perte de poids. La perte de poids est en fait très variable d'une femme à l'autre, et est généralement limitée aux trois premiers mois de l'allaitement [16].

Mais dans notre étude, la composition corporelle des mères, en termes de masse maigre ou de masse grasse n'a quasiment pas variée.

6.2. De la pratique de l'allaitement maternel

6.2.1. Evolution de la pratique de l'allaitement maternel

Les résultats de S2 (87% d'allaitement maternel exclusif) montrent que très tôt, dès les premières semaines suivant la naissance, certaines mamans introduisent dans l'alimentation de leurs bébés d'autres sources d'eau que le lait maternel. Pourtant elles avaient toutes prétendues donner uniquement leur lait aux bébés.

On constate en outre que la pratique de l'allaitement exclusif est discontinuée. En effet, comparant les valeurs périodiques on se rend compte par exemple que les proportions d'allaitement exclusifs de M4 sont supérieures à ceux trouvés en M2 ; Certaines allaitent exclusivement jusqu'à une période donnée où elles introduisent d'autres sources d'eau (M2) ensuite, elles reprennent l'allaitement maternel exclusif (M4).

Aussi, les résultats obtenus pour des évaluations continues jusqu'à une période donnée (50% d'exclusivité de la naissance jusqu'à M4) présentent toujours des proportions d'allaitement

exclusifs inférieure à celles obtenues spécifiquement pour cette période (86,7% à M4) avec des différences très significatives ($p=0,0001$).

Tout cela suggère qu'une simple évaluation à période donnée ne suffira pas pour affirmer que les mamans ont réellement observé la pratique de l'allaitement maternel exclusif jusqu'à cette période. Cette évaluation ne sera qu'une surestimation souvent très grossière, des proportions réelles d'allaitement maternel exclusif.

Le fait que les proportions d'allaitement exclusif baissent considérablement jusqu'au M6 montrent le non-respect réel de cette pratique par ces mères qui l'avaient accepté et qui prétendaient l'avoir fait.

L'introduction précoce d'autres aliments pour nourrir le bébé se retrouve chez des mères qui pensent qu'elles n'ont pas encore assez de lait car elles ignorent que seule l'augmentation de la fréquence des tétées favorisera une grande production. D'autres mamans, jusqu'à présent convaincues que le premier lait (colostrum) est impropre à l'alimentation du nourrisson, elles le tire et le jette. Pourtant, il faudrait bien nourrir le bébé en attendant que ce lait passe, elles introduisent alors d'autres aliment comme l'eau sucrée, le miel dilué et les bouillies légères pour subvenir aux besoins du nourrisson.

L'introduction d'autres sources d'eau que le lait maternel n'est pas toujours due à un besoin alimentaire mais souvent juste par souci de respecter des pratiques qui se révèlent aujourd'hui être dangereuses et injustifiées (gavages avec des potions et décoctions sensées donner force et vitalité au bébé).

Nous retrouvons ici toute la difficulté d'application de cette recommandation sur l'allaitement. Pourtant elle devait être la bienvenue dans les milieux ruraux où les conditions de vie sont assez précaires (revenu bas et manque d'hygiène) quand on sait que le lait maternel est gratuit, directement disponible et réduit les risques d'infection.

Cet état de fait pourrait s'expliquer par le fait que les mères n'ont pas compris l'importance de la pratique ou que malgré toute la volonté qu'elles ont, elles ne sont pas assez accompagnée dans leurs projets d'allaiter exclusivement et se retrouvent souvent désarmées face aux pressions d'ordre socioculturel.

6.2.2. Pratique de l'allaitement maternel en fonction des caractéristiques de la population

Nos résultats suggèrent que l'âge de la mère et le nombre d'enfant vivants pourraient être assez déterminants pour la pratique de l'allaitement exclusif.

En effet on constate que cette pratique était plus le fait de mères jeunes et ayant moins d'enfants.

La pratique de l'allaitement exclusif par les jeunes mères pourrait s'expliquer par le fait qu'elles soient plus favorables au changement car elles ne sont pas habituées aux pratiques ancestrales comme celles qui sont plus âgées. Elles sont alors plus réceptives aux conseils d'où l'importance de mettre l'accent sur la sensibilisation de ces jeunes femmes afin de les amener à prendre conscience assez tôt de la nécessité de la pratique d'allaitement exclusif, car l'augmentation des "counselling" favoriserait la prolongation de la durée de l'allaitement exclusif [38].

On constate que la proportion d'allaitement exclusif baisse quand le nombre d'enfants vivants que possèdent les mères est élevé. Pourtant l'expérience de la conception devrait amener à mieux prendre en charge les enfants qui viennent après plusieurs accouchements car la maman étant déjà habituée à s'occuper de nouveaux nés est supposé éviter les erreurs du passé.

En réalité, l'augmentation du nombre d'enfants constitue une grande difficulté pour les mamans car, il faut s'occuper à la fois du bébé et de ses autres frères et sœurs. Dans un contexte rural où la maman a rarement de l'aide pour les travaux domestiques quotidiens, il lui sera difficile d'être entièrement disponible pour le nouveau-né et de lui donner à téter à la demande. Pour pallier à cette difficulté certaines mères gavent leur bébé avec d'autres aliments afin d'être libre d'assurer leur tâches ménagères quotidiennes. Quand bien même cette aide existe elle est souvent apportée par une personne plus âgée et ayant une certaine influence sur la mère. C'est généralement la grand-mère ou tante du bébé qui est plus focalisée sur le bébé que sur les tâches ménagères. Ces personnes avec leurs pratiques ancestrales constituent un autre facteur de risque d'introduction précoce d'autres aliments.

6.3. De la croissance des enfants

6.3.1. En fonction des caractéristiques de naissance des enfants

Tous les bébés ont doublé leur poids entre le deuxième et le 4ème mois. Ce qui reflète une bonne évolution de la croissance des bébés même si ce poids semble stagner entre le 4^{ème} et le 6^{ème} mois.

Le fait que le poids des garçons soit resté toujours un peu plus élevé que celui des filles, de M2 à M6 est normal. Pour un même âge, les besoins énergétiques des garçons sont toujours plus élevés que celui des filles [39]. Cela entraîne une plus grande consommation alimentaire d'où un gain de poids plus important quand ils sont en bas âge.

S'agissant de l'évolution en fonction du poids de naissance, les poids de naissance trop faibles constituent un facteur limitant de la croissance des bébés. Le gain de poids est liée à la consommation alimentaire qui est elle même dépendante des besoins énergétiques du nourrissons qui sont définis par rapport à son poids initial [39]. Un enfant de très faible poids a un métabolisme de base aussi faible. Les enfants nourris au sein régulent leur propre consommation alimentaire de telle sorte que si une alimentation particulière n'est pas imposée à l'enfant pour combler le déficit de poids du départ, il trainera toujours ce retard par rapport aux autres enfants.

Donc, un avantage certain se présente chez les bébés qui sont nées avec un poids assez élevé et ne se limite pas seulement au gain de poids ou de taille mais concerne aussi le développement cérébral de l'enfant[16].

6.3.2. En fonction du mode d'allaitement

Aussi, comme le suggère nos résultats, un avantage de bonne croissance existe chez les enfants qui ont été allaité exclusivement. Les bébés allaités exclusivement ont pris plus de poids que les autres. En fonction des indicateurs de croissance, on remarque qu'il ya plus de malnutris (émaciation, retard de croissance) chez les enfants qui n'étaient pas allaité exclusivement. Cela s'explique par le fait que les enfants nourris au sein reçoivent non seulement l'alimentation idéale à leur croissance mais aussi ils sont moins exposés aux différentes maladies liées à l'alimentation. Par contre, les bébés chez qui il ya eu une introduction d'autres substances que le lait maternel dans l'alimentation n'ont pas toujours les nutriments adéquats pour subvenir à leur besoins. Le fait même de leur donner d'autres aliments les exposent à des infections dues au manque d'hygiène Cela entraine ainsi un ralentissement de la croissance car ils sont très souvent malades.

6.4. De la quantité de lait consommée par les bébés

L'augmentation progressive de la consommation de lait de la naissance au M4 reflètent la croissance rapide des nourrissons à cette période qui se traduit par une augmentation des besoins d'où une absorption de lait plus importante. Le fait que cette consommation n'augmente plus et même qu'elle diminue de M4 à M6 montre qu'après le 4^{ème} mois, toutes les mères ont tendance à réduire l'alimentation au sein de leur bébé. Aussi, si cette réduction de l'allaitement n'est pas compensée par une alimentation adéquate, cela entraînera un ralentissement de la croissance d'où un gain de poids généralement moins important au 6^{ème} mois.

Très peu d'étude ont fait usage de la technique de deutérium pour mesurer la quantité de lait consommée par les bébés surtout dans les pays en développement et aucune d'entre elle n'a fait un suivi continu de la naissance à 6 mois. Néanmoins, des évaluations faites à 4 mois donnent 892ml en moyenne au Sénégal [15] contre 885ml (n=15) au Mexique [14]. Ce qui ne diffère pas des 916ml (n=45) au Burkina.

Cependant, il faut noter que, la consommation lactée des enfants pourra dépendre d'un certain nombre de facteurs qui sont le sexe, le poids de naissance des enfants, le mode d'allaitement pratiqué et l'état nutritionnel de la mère.

6.4.1. En fonction des caractéristiques de naissance

Pour grandir, il est nécessaire pour le bébé d'adapter sa consommation alimentaire à ses besoins nutritionnels. Ces besoins nutritionnels de l'enfant sont fonctions de son poids de départ, de sa dépense énergétique et de l'énergie qu'il doit accumuler pour lui permettre de faire des réserves et grandir [40, 41]. Les enfants allaités au sein régulent eux même leur consommation de telle sorte qu'elle sera liée à la capacité de l'enfant d'emmagasiner des réserves. Le poids à la naissance sera alors déterminant pour la consommation lactée chez les bébés nourris au sein. Un enfant de très faible poids a un métabolisme de base aussi faible, donc une consommation moins importante. Le fait même de téter demande de l'énergie et si l'enfant est trop petit il se fatiguera plus vite pendant les tétées et consommera moins qu'un bébé qui a plus de réserve énergétique au départ d'où le constat que les enfants PFN ont toujours consommé moins de lait maternel que ceux de PNN avec des différences très significatives ($p < 0,05$) à M2 et M4. Ainsi, chez les enfants nourris au sein, ceux qui ont un très petit poids au départ traineront ce retard sur plusieurs mois à moins d'introduire des suppléments nutritionnels dans leur alimentation.

6.4.2. En fonction du mode d'allaitement

Les résultats S2 sont affectés par les conditions de mise au sein des enfants et le délai d'inclusion à l'étude ; elles ne sauraient être directement imputables au type d'allaitement pratiqué. A partir de M2 les enfants allaités exclusivement au sein consommaient un peu plus de lait que ceux soumis à un allaitement non exclusif. Les mères introduisaient d'autres sources d'eau même si cette introduction n'est peut être pas directement à but alimentaire. L'augmentation d'autres aliments que le lait maternel entraîne la réduction de la consommation

de lait maternel par les bébés et cela est très remarquable au M6 avec une différence significative entre les enfants exclusivement nourris au sein et ceux qui ne le sont pas.

6.4.3. En fonction de l'état nutritionnel des mères

Si, dans notre étude, les femmes qui ont une masse grasse supérieure à la normal ($MG > 30$) donnent un peu plus de lait à leurs enfants il semblerait alors que compte tenu de leurs réserves corporelles, elles arrivent à produire plus de lait que celles qui sont dénutries. Néanmoins le fait qu'il n'y ait pas une différence de production significative entre les deux groupes montre que malgré leur état déficient, les mères dénutries arrivaient à produire la quantité de lait nécessaire à l'alimentation de leurs enfants. En effet il est prouvé que la production de lait à travers le monde est très semblable dans les différentes populations, quels que soient le niveau de vie et l'état nutritionnel des mères [42]. Dans les conditions normales, la glande mammaire a une surcapacité à produire le lait nécessaire à la croissance de l'enfant. Les mères de jumeaux peuvent avoir une production de lait proche du double de celle observée en cas de grossesse unique [16]. L'apport d'un supplément significatif en énergie au cours de l'allaitement n'a pas d'effet patent sur la production de lait, même dans les populations ayant des apports en énergie limités [41].

L'amélioration de l'état nutritionnel de la mère allaitante est très importante et doit commencer depuis la période de la grossesse par une alimentation adéquate qui permettra à la fois à la mère d'être en bonne santé mais aussi au fœtus de bien grandir. Il ya mois de risque d'avoir un bébé malade et de faible poids à la naissance quand la mère reçoit une alimentation adéquate pendant toute la grossesse.

CONCLUSION

VII. CONCLUSION

L'OMS recommande l'allaitement maternel exclusif pendant les 6 premiers mois de vie et la poursuite de l'allaitement maternel jusqu'à deux ans. Plusieurs pays ont adopté cette recommandation comme programme nationale de promotion de l'allaitement maternel.

Cependant, il est difficile d'évaluer la proportion réelle des mères qui pratiquent l'allaitement maternel tel que recommandé par l'OMS. Cette étude avait pour objectif principal d'utiliser la technique des isotopes stables pour évaluer la pratique de l'allaitement maternel chez des mamans qui avaient accepté l'allaitement maternel exclusif. Grâce à la technique de l'oxyde de deutérium-dose-à la mère, nous avons pu déterminer :

- la quantité de lait consommé par les bébés de 0 à 6 mois
- si l'allaitement maternel a été exclusif ou pas
- la composition corporelle des mères allaitantes au cours du suivi en termes d'eau corporelle totale, masse non grasse et masse grasse.

Nous nous sommes rendu compte que dès les toutes premières semaines de vie de leurs bébés certaines mères commençaient à introduire dans l'alimentation de leurs bébés d'autres sources d'eau que le lait maternel. En plus, la proportion d'allaitement maternel baissait considérablement au cours du suivi pour atteindre 50% au 4^{ème} mois et 14,6% au 6^{ème} mois. En ce qui concerne la quantité de lait consommé par les enfants, elle était de 569 ml de la 2^{ème} à la 4^{ème} semaine après la naissance et passait à 852 ml au M2. Elle variait très peu entre le 4^{ème} et le 6^{ème} mois mais était un peu réduite de 916 ml à 895 ml. Quant à la composition corporelle des mères, elle variait peu en moyenne au cours du suivi :

- l'eau corporelle totale passait de 32,5ml à S2 à 31,5ml à M2 et restait à ce niveau jusqu'au M6
- la masse grasse passait de 22 à 24%

Pour la première fois nous obtenons des données précises sur la consommation de lait maternel au Burkina et sur la pratique de l'allaitement maternel telle que recommandée par l'OMS.

La technique des isotopes stables s'avère être un outil important et indispensable pour l'évaluation des programmes nationaux de promotion de l'allaitement maternel. Elle viendrait en soutien aux enquêtes sur la pratique de l'allaitement car elle permettrait de vérifier les propos des mamans sur leur méthode d'allaitement. L'obtention de données fiables sur les pratiques des mamans permettra d'améliorer les actions pour la promotion de l'allaitement maternel.



**REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

VIII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **WHO**, Optimal Duration of Exclusif Breastfeeding. 2002, World Health Organization: Geneva.
2. **WHO**, The Optimal Duration of Exclusif Breastfeeding, A systematic review. 2002, World Health Organization: Geneva.
3. **WHO**, Global Strategy for Infant and Young Child Feeding. 2003, Whorld Health Organization: Geneva.
5. **Savenije, O.E.M., Brand,P.L.P.**, Accuracy and precision of test weighing to assess milk in new born infants. Arch. Dis. Child. Fetal Neonatal Ed, 2006. **91**: p. F330-332.
6. **Butte, N.F., et al.**, Human -milk intake measure by administrationof deuterium oxide to the mother: acomparison with the test-weighting technique. Am.J. Clin. NUtr. , 1988. **47**: p. 815-821.
7. **Coward, A.W., Sawyer, M., Whitehead, R., Prentice, A.M., Evans, J.** , New method for measuring milk intakes in breast-fed babies. Lancet 1979. **2**:13-4.
8. **Butte, N.F., Garza, C., Smith, E.O., Nichols, B.L.**, Evaluation of the deuterium dilution technique against the test-weighting procedure for the determination of breast milk intake. Am J Clin Nutr, 1983. **37(6):996-1003**.
9. **Coward, A.W., et al** Breast-milk intake measurment in mixed fed infants by administration of deuterium oxide to their mothers. Hum Nutr Clin Nutr, 1982. **36C**: p. 141-148.
10. **Fjeld, C., R., Brown K., H., Schoeller D., A.**, Validation of the deuterium oxide method for measuring average daily milk intake in infants. Am J Clin Nutr 1988. **48(3):671-9**.
11. **Haisma, H., Coward ,W.A., Albernaz, E. and Al,** $^2\text{H}_2\text{O}$ turnover method as a means to detect bias in estimations of intake of nonbreast milk liquids in breast-fed infants. Eur. J. Clin. Nutr., 2005. **59**: p. 93-100.
12. **Caire, G., Calderon de la Barca, A.M., Bolanos, A.V., Valencia, M.E., Coward A.,W., Salazar, G., et al.** . 2002, Measurement of deuterium oxide by infrared spectroscopy and isotope ratio mass spectrometry for quantifying daily milk intake in breastfed infants and maternal body fat. Food Nutr Bull 2002. **23(3 Suppl):38-41**.
13. **Ettyang, G.A., et al.**, Assessment of body composition and breastmilk volume inlactating mothers in pastoral communities in Pokot, Kenya, using deuterium oxide Ann. Nutr. Metabol. , 2003. **49:110-117**.

14. **Butte, N.F., et Al**, Human milk intake and growth faltering of rural Mesoamerindian infants. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1992. **55:1109–1116**.
15. **Cissé, A., R., et al.**, Use of Fourier transformed infrared spectrophotometer (FTIR) for determination of breast milk output by the deuterium dilution among Senegalise women. *Food Nutr. Bull*, 2002. **23(3)**: p. 138-141.
16. **ANAES**, Allaitement maternel: les bénéfices pour la santé de l'enfant et de sa mère, ed. P.N.N. Santé. 2005, Paris: Agence national d'accréditation et d'évaluation en santé
17. **Neville, M.C., Morton, J., Umemura, S., Lactogenesis.**, The transition from pregnancy to lactation. . *Pediatr Clin North Am*, 2001. **48 : 35-52** .
18. **Salle, B.L.**, Le lait de femme. In : C Ricour, J Ghisolfi, G Putet, O Goulet,. *Traité de Nutrition Pédiatrique*, Maloine ed. 1993, Paris.
19. **Hamosh, M.**, Bioactive factors in human milk. *Pediatr Clin North Am*, 2001. **48 : 69-86**.
20. **Jensen, R.G.**, Handbook of milk composition. . Acad Press, New-York 1995: p. 920
21. **Picciano, M.F.**, Nutrient composition of human milk. . *Pediatr Clin North Am* 2001. **48 : 53-67** .
22. **Heird, W.C.**, The role of polyunsaturated fatty acids in term and preterm infants and breastfeeding mothers. . *Pediatr Clin North Am* 2001. **48 : 173-188**.
23. **Kunz , C., Rudloff, S., Baier, W., Klein, N., Strobel, S. ,** Oligosaccharides in human milk : structural, functional and metabolic aspects. *Annu Rev Nutr* 2000. **20 : 699-722** .
24. **WHO**, Study team on the Role of Breastfeeding on the Prevention of Infant Mortality. Effect of breastfeeding on infant and child mortality due to infectious diseases in less developed countries: a pooled analysis. . *Lancet*, 2000. **355:451-5**.
25. **WHO**, Medical eligibility criteria for contraceptive use. 2004, World Health Organization: Geneva.
26. **Harder, T., Bergmann, R., Kallischnigg, G., Plagemann, A.**, Duration of breastfeeding and risk of overweight: a meta-analysis. . *Am J Epidemiol.*, 2006. **163(9):870-2**.
27. **Tryggvadottir, L., Tulinius, H., Eyfjord, J.E., Sigurvinsson, T. ,** Breastfeeding and reduced risk of breast cancer in an Icelandic cohort study. *Am J Epidemiol.*, 2001. **.154:37-42**.
28. **Owen, G., C., Martin, P., M., Whincup, P., H., Smith, G., D., Cook, D., G. ,** Effect of infant feeding on the risk of obesity across the life course: a quantitative review of published evidence. *Pediatrics*, 2005. **115:1367-77**.

29. **Sguassero, Y.**, Durée optimale de l'allaitement maternel exclusif : Commentaire de la BSG in Bibliothèque de Santé Génésique de l'OMS. 2008, Organisation mondiale de la Santé: Genève.
30. **Jones, P.J., Leatherdale, S.T.**, Stable isotopes in clinical research: safety reaffirmed Clin. Sci., 1991. **80**: p. 277-280.
31. **IAEA**, Stable Isotopes Technique to Assess Intake of Human Milk in Breastfed Infant. 2010, International Atomic Energy Agency: Vienna.
32. **Shipley, R.A., Clark, R.E.**, Tracer Methods for in Vivo kinetics. Theory and Applications, in Academic Press. 1972: New York and London
33. **Holland, B., Welch, A.A., McCance and Widdowson's**, The composition of foods, 5th edn. 1991, The Royal Society of Chemistry: Cambridge.
34. **Wells, J.C., Davies, P.S.**, Correction for environmental water influx in measurement of milk volume intake by deuterium turnover in infants. Early Human Develop., 1995. **41**: p. 177-182.
35. **Moore, S.E., Prentice, A.M., Coward, W.A.**, Use of stable techniques to validate infant feeding practice reported by Bangladeshi women receiving breastfeeding counselling. Am.J. Clin. Nutr., 2007. **85**: p. 1075-1082.
36. **Bland, J.M., Altman, D.G.**, Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet, 1986. **1**: p. 307–310
37. **Slater, C., Preston, T.**, A simple prediction of total body water to aid quality control in isotope dilution studies in subjects 3–87 years of age. Isotopes in Environmental and Health Studies, 2005. **41**(2): p. 99-107.
38. **Albernaz, E., et al.**, lactating counselling increases breast-feeding duration but not breastmilk intake as measured by isotopic methods. Journal: J. Nutr, 2003. **133**: p. 205-210.
39. **WHO**, Nutrient Adequacy of exclusif breastfeeding for the term infant during the first six months of life. 2002, Geneva: World Health Organization. 57.
40. **Butte, N.F., et al.**, Energy requirements derived from total energy expenditure and energy deposition during the first 2 years of life. American Journal of Clinical Nutrition, 2000. **72**:1558–1569.
41. **Prentice, A.M., Spaaij, C.J., Goldberg, G.R., et al.**, Energy requirements of pregnant and lactating women. Eur J Clin Nutr 1996. **50 Suppl 1**: p. 82-110.

42. **Brown, K., Dewey, K.G., Allen, L.,** Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge. 1998, World Health Organization: Geneva.