



Guerdita Djimngang

Développement d'une nouvelle cible d'éducation nutritionnelle pour lutter contre l'anémie ferriprive chez les femmes enceintes du Tchad

Mémoire présenté

À l'université internationale de langue française au service
du développement africain

Université Senghor

Pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Professionnelles Approfondies (DEPA)

Sous la direction de : Pr. Olivier Receveur, Université de Montréal (Canada)

Devant le jury composé de : - Dr Christian Mésenge

- M. Alain Grynberg
- M. Mohamed Helmi Gad

**DÉPARTEMENT GESTION DE SYSTEMES DE SANTÉ ET POLITIQUES
ALIMENTAIRES**

Alexandrie
Egypte
Avril 2005

Table de matières

Résumé	IV
Abstract	V
DÉDICACE	IX
REMERCIEMENTS	X
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LE FER, LES STRATÉGIES DE LUTTE CONTRE L'ANÉMIE FERRIPRIVE ET L'ÉDUCATION NUTRITIONNELLE	4
I. LE FER	4
1. <i>Historique</i>	4
2. <i>Métabolisme du fer</i>	5
3. <i>Fonction biologique du fer</i>	9
4. <i>Importance des vitamines dans la prévention et le contrôle de l'anémie ferriprive</i>	11
5. <i>Anémie ferriprive chez la femme enceinte</i>	12
5.1. <i>Définition</i>	12
5.2. <i>Physiologie de l'érythropoïèse pendant la grossesse et dans la phase du post-partum</i>	13
5.3. <i>Conséquences de l'anémie ferriprive</i>	14
II. LES STRATÉGIES DE LUTTE CONTRE L'ANÉMIE FERRIPRIVE	16
1. <i>Supplémentation en fer</i>	16
2. <i>Enrichissement en fer des aliments</i>	18
3. <i>Diversification alimentaire</i>	20
4. <i>Actions de santé publique</i>	22
5. <i>Nouvelles approches pour augmenter les sources de fer bio disponible dans les aliments naturels</i>	23
III. EDUCATION NUTRITIONNELLE ET STRATÉGIES DE COMMUNICATION EN NUTRITION	24
1. <i>Éducation nutritionnelle</i>	24
2. <i>Éducation nutritionnelle et marketing social</i>	26
3. <i>Communication pour un changement de comportement</i>	28
4. <i>Concept de la stratégie information éducation Communication (IEC) en nutrition</i>	30
CHAPITRE II : PROBLÉMATIQUE	31
1- <i>Objectifs</i>	34
2- <i>Cadre conceptuel</i>	34
3- <i>Hypothèse d'étude</i>	35
CHAPITRE III : MATÉRIEL ET MÉTHODES	36
I. MATÉRIEL	36
1. <i>Matériel biologique</i>	36
2. <i>Matériel technique</i>	36
II. MÉTHODES	37
1. <i>Préparation des plats</i>	37
1.1. <i>Plats avec une masse d'alliage de fer</i>	37

1.2. Plats avec masse de fer pur	38
1.3. Plat témoin.....	38
2. <i>Dosage du fer</i>	38
2.1. Principe	39
2.2. Préparation des échantillons pour le dosage.....	39
CHAPITRE IV : RÉSULTATS	41
CHAPITRE V : DISCUSSION	43
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	48
BIBLIOGRAPHIE	50
ANNEXE I : RAPPORT DE STAGE	58
I. CADRE DU STAGE	58
II. ACTIVITÉS	59
1. <i>Recherche bibliographique</i>	59
1.1. Recherche en ligne.....	59
1.3. Élaboration d'une table de composition de quelques aliments consommés au Tchad	61
2. <i>Participation au colloque, atelier et formation</i>	62
3. <i>Recherche en laboratoire</i>	62
ANNEXE II : Table de composition de quelques aliments consommés au Tchad	63

Résumé

L'objectif de ce travail est de tester si une source additionnelle de fer métallique pourrait être facilement promue à moindre coût en étant ajoutée durant la préparation des aliments afin de lutter contre l'anémie ferriprive au Tchad, chez les femmes enceintes. L'évaluation de la contribution que pourrait constituer cette source de fer, ainsi que d'autres recommandations de choix alimentaires, dans l'amélioration des apports en fer ont été faites. Outre la viande et le poisson, certains produits végétaux consommés au Tchad, tels la patate douce semblent être un excellent facilitateur de l'absorption du fer non héminique car très riche en vitamines A (1467RE/100 g), C (25 mg/100 g) et en folates (36 µg/100 g) ; elle contient en outre très peu de phytate (10 mg/100 g). Elle est suivie du manioc sec fermenté qui est une bonne source de fer (1,8 mg/100 g) et de folates (36 mg/100 g) et contient très peu de phytate (9 mg/100 g).

La possibilité d'ajouter une source de fer fut étudiée par l'évaluation de l'enrichissement en fer obtenu par l'ajout d'une masse de 25 grammes d'alliage de fer ou de fer pur dans la préparation d'un plat national : le Gombo. Les résultats de l'étude montrent que la consommation de 200 g d'une sauce de gombo préparée en présence d'un alliage de fer fournira à la diète, en moyenne 2,27 mg de fer par jour soit respectivement 28,37%; 5,67% et 3,78% des besoins quotidiens en fer au cours du premier, deuxième et troisième trimestre de grossesse. Elle fournira en moyenne 5,57 mg de fer par jour soit respectivement 69,62%; 13,92% et 9,28% des besoins quotidiens en fer au cours du premier, deuxième et troisième trimestre de grossesse, lorsqu'elle est préparée en présence d'une masse de fer pur. Avec cette dernière technique, une décoloration du plat apparut. Davantage de tests sont nécessaires pour trouver la quantité et composition idéales de la masse de fer qui pourrait être utilisée.

Faire la promotion d'aliments riches en fer et d'une source additionnelle de fer dans la préparation des aliments ne semble pas suffisant pour éradiquer l'anémie ferriprive durant la grossesse mais pourrait la minimiser dans ce groupe à haut risque et ce d'autant plus dans les autres groupes de la population qui ont tous des besoins en fer plus réduits.

Mots clés : anémie ferriprive, alliage, fer pur, Gombo, grossesse.

Abstract

The aim of this work is to find out if an additional source of metallic iron could be easily promoted at a lower cost by being added during the preparation of food to control iron deficiency anaemia in Chadian pregnant women. Evaluation of contribution that could establish this iron source, as well as other recommendations of food choices, to improve the iron dietary allowance were made. Besides meat and fish, certain plant products eaten in Chad, such sweet potato seem to be an excellent stimulant of nonheme iron absorption because very rich in vitamins A (1467RE / 100 g), C (25 mg / 100 g) and in folates (36 µg / 100 g); It also contains little part of phytate (10 mg / 100 g). It is followed by some fermented dry manioc which is a good iron source (1.8 mg / 100 g) and folates source (36 mg / 100 g) and contains few phytate (9 mg / 100 g).

The possibility of adding an iron source was studied by the evaluation of iron enrichment obtained by addition of a mass of 25 grams of alloy iron or pure iron in the preparation of a national dish: Okra (*Hibiscus esculenta*). The results of this study show that consumption of 200 g of okra sauce prepared with an iron alloy will bring in the diet, on average 2.27 mg of iron a day or respectively 28.37 %; 5.67 % and 3.78 % of iron daily needs during first one, second and third quarter of pregnancy. It will bring on average 5.57 mg with iron a day or respectively 69.62 %; 13.92 % and 9.28 % of iron daily needs during first one, second and third quarter of pregnancy, when it is prepared with a mass of pure iron. With this last strategy, a discoloration of the dish appeared. Other experiments needed to find the ideal quantity and the composition of the iron mass which should be used.

To promote iron rich food and an additional iron source in the preparation of food does not seem sufficient to eradicate iron deficiency anaemia during the pregnancy but could minimize it in this group at high risk and it all the more in the other population groups which have all more reduced iron needs.

Keywords: Iron deficiency anaemia, alloy, pure iron, Okra, pregnant women

Liste des figures et tableaux

Figure 1: Rôles des vitamines dans le métabolisme du fer et dans l'érythropoïèse (Christian et <i>al.</i> , 2000).....	12
Figure 2: Quantité de fer (mg/100g) total en poids humide des différents types d'échantillon de sauce.....	42

Liste des tableaux

Tableau 1: Variation typique du volume sanguin et des érythrocytes au cours de la grossesse (selon Götner cité par Huch, 1999).....	14
Tableau 2: Quelques aliments consommés au Tchad, sources de fer, vitamines A, C, folates et pauvres en phytate	33
Tableau 3: Teneur en fer (poids humide) des différents échantillons de sauce en mg/100g.....	41

Liste des abréviations et sigles

ACFAS : Association Francophone pour le Savoir
AOAC : Association Of Analytical Chemistry
AVCI : Années de vie corrigées d'incapacité
CCC : Communication pour un changement de comportement
CHUM : Centre Hospitalier Universitaire de Montréal
CST: Coefficient de Saturation de la Transferrine
FAO: Food and Agriculture Organisation
FNUAP: Fonds des Nations Unies pour les Actions en Faveur de la Population
Hb : Taux d'hémoglobine
HEC : Hautes Études Commerciales
ICP : Inductively Couple Plasma
IEC : Information Éducation et Communication
IML : International Mini List
IDPAS: Iron Deficiency Project Advisory Service
INACG: International Nutritional Anemia Consultative Group
MCH : Hémoglobine Corpusculaire Moyenne
MCHC : Concentration Moyenne Corpusculaire d'Hémoglobine
MCV : Volume Corpusculaire Moyen
NADH : Nicotinamide Déshydrogénase
NaFeEDTA: Fer-EDTA (ethylene diamine tetracetic acid)
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
PED : Pays En Développement
PIB : Produit Intérieur Brut
PPE : Protoporphyrine érythrocytaire
RE : Rétinol Équivalent
TRANSNUT : Centre Collaborateur OMS sur la transition nutritionnelle et le développement
UNICEF : Fond des Nations Unies pour l'Éducation et l'Enfance
UQAM : Université de Québec à Montréal
USA : United States of America

VGM : Volume Globulaire Moyen
WHO : World Health Organisation

DÉDICACE

A L'Éternel mon **Dieu**, mon **Berger** qui veille inlassablement sur mes pas. Que son nom soit loué.

A mes parents **DJIMNGANG Thomas** et **KORBEGUE Marceline** pour leurs innombrables sacrifices.

A mon épouse **Solkem Chanel** pour son amour, son soutien et ses encouragements.

A mon frère **Octave**, mes sœurs **Honorine** et **Estelle** pour leurs affections.

A tous mes **amis** pour une amitié éternelle.

A la mémoire de mon regretté ami le docteur **Alladoum SEGOTO**. Que ton âme trouve repos auprès de l'Éternel.

A tous mes **maîtres** pour l'enseignement reçu.

A toute la **promotion 2003-2005** de l'Université Senghor d'Alexandrie. Franche collaboration.

REMERCIEMENTS

Je prie mon directeur de stage et de mémoire, le Professeur **Olivier Receveur**, de bien vouloir accepter ma profonde reconnaissance pour l'encadrement reçu lors de mon stage de mise en situation professionnelle à l'Université de Montréal et pour avoir dirigé ce travail. Vos qualités humaine et intellectuelle, votre disponibilité et votre amour pour un travail bien fait nous ont réellement marqué. Éternelle reconnaissance et profonde gratitude.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit de Monsieur **Christian Mésenge**, directeur du département santé de l'Université Senghor pour ses précieux conseils et orientations.

Je tiens également à remercier Messieurs **Francis Deulpeuch** et **Pierre Traissac** de l'I.R.D. de Montpellier pour leurs critiques et suggestions.

Toute ma profonde gratitude à **Ismael Ngnié Teta**, **Mamadou Ndiaye** et **Nudelle Pierre** de l'équipe de recherche sur le fer à l'Université de Montréal.

Mes remerciements vont également à l'endroit de mes frères et amis **Neloumbaye Naltana**, **Kostoingué Bogueyena**, **Ngarkodje Ngarhasta**, **Seldji Nouba**, **Yamassoum Dobingar**, **Masrangué**, **Nambatingar Ngaram**, **Banyam Philippe**, **Madjimbé** et **Mogota Anatole**. Votre soutien a été déterminant.

Toute ma reconnaissance à Mesdames **Alice Mounir** et **Omnéya Shaker** de l'Université Senghor pour toutes leurs contributions.

Mes remerciements à **Alain Grynberg** et **Mohamed Helmi Gad** pour avoir accepté de juger ce travail.

INTRODUCTION

La carence en fer est la plus répandue des carences nutritionnelles dans le monde. Quatre à cinq milliards de personnes sont concernées, soit 66 à 80% de la population mondiale (O.M.S. citée par United Nations System, Standing Committee on Nutrition, 2004). Elle touche près de 60% des femmes et des enfants dans les pays en développement et près de la moitié souffre d'une anémie patente (Latham, 2001). L'anémie est définie comme une diminution de la quantité d'hémoglobine totale. L'anémie ferriprive correspond au troisième stade de la carence en fer; à ce stade le taux d'hémoglobine est inférieur au seuil normal. Elle survient après une déplétion en fer (stade 1) et une déficience de l'érythropoïèse (stade 2). On estime que 500 à 600 millions d'êtres humains souffrent d'une anémie ferriprive (Huch, 1999).

L'étude de la prévalence de l'anémie ferriprive dans le monde, montre que : 41% de femmes allaitantes, 53% de femmes enceintes et 40% de femmes non enceintes sont anémiques (DeMaeyer et Adiels-Tegman, 1985). Dans les pays industrialisés d'Amérique du Nord, d'Europe et d'Asie, 12 à 18% des femmes sont anémiques (Latham, 2001). La prévalence de l'anémie ferriprive chez les enfants de 6 à 59 mois est d'environ 22% pour l'anémie légère, 51% pour l'anémie modérée et, 9% pour l'anémie sévère au Bénin. Elle est d'environ 18% pour l'anémie légère, 53% pour l'anémie modérée et 12% pour l'anémie sévère au Mali (O.M.S. citée par United Nations System, Standing Committee on Nutrition, 2004).

En Afrique Centrale, 50% des femmes et 48% des enfants de 0-5 ans souffrent d'anémie ferriprive (DeMaeyer et Adiels-Tegman, 1985).

En 2004, la prévalence de l'anémie ferriprive au Tchad, chez les femmes âgées de 15 à 49 ans est estimée à 56%¹ alors qu'en 2002, elle variait de façon homogène quels que soient l'âge et le caractère sociodémographique entre 25% à 38%, sauf chez les femmes de niveau d'instruction coranique où ce taux atteint 43,8% (Hamza *et al.*, 2002).

¹ Confère le site de Micronutrient Initiative : www.micronutrient.org

Il apparaît clairement que la prévalence de l'anémie ferriprive au Tchad, va croissante, malgré la mise en place dans ce pays de certaines stratégies de lutte comme la supplémentation et l'éducation nutritionnelle.

En milieu tropical, la carence en fer est principalement liée au fait que, dans ces régions, l'alimentation locale, essentiellement à base de produits végétaux contient des facteurs inhibiteurs de l'absorption intestinale du fer végétal déjà peu biodisponible, de sorte que les quantités de fer absorbées disponibles pour les besoins métaboliques sont insuffisantes, surtout pour couvrir ceux élevés de l'enfant en croissance, de la femme en âge de procréer et ceux de la femme enceinte (Dillon, 2000). Dans ces conditions défavorables, l'épuisement total des réserves en fer maternelles peut survenir. A la fin de la grossesse, environ 40% des femmes présentent un déficit prélatent en fer, leur taux de ferritine est encore normal, l'absorption du fer et les réserves en fer dans les macrophages de la moelle osseuse sont diminuées; 20 à 30% ont un manque de fer manifeste (ferritine, fer sérique et taux d'hémoglobine diminués). Les autres causes peuvent être les hémorragies, l'allaitement, une infection (Huch., 1999). Cependant, le fer peut être apporté dans la ration alimentaire par des sources autres que celles intrinsèques aux aliments de base. Des travaux effectués en Éthiopie, au Malawi et au Brésil ont montré que l'utilisation de pots en fer lors de la préparation de repas augmente l'apport en fer ainsi que sa biodisponibilité dans les aliments préparés (Berti et al., 2004).

Au Tchad, les céréales constituent la base de l'alimentation et de ce fait les repas consommés sont riches en fer peu biodisponible. Ce qui explique en partie le fort taux d'anémie ferriprive chez les groupes cibles. Or peu de travaux ont été faits afin de promouvoir d'autres sources de fer telles que le fer métallique, facilement accessibles.

Fort de ce qui précède, le but de ce travail est de contribuer au développement d'une approche éducationnelle basée sur le marketing social afin de promouvoir l'utilisation d'une source métallique de fer dans la préparation des aliments et la consommation de quelques aliments dépourvus (ou contenant peu) de phytates mais riches en fer, vitamine A, vitamine C, folates. Après une revue bibliographique (décrivant la physiologie du fer, les stratégies de lutte contre la carence en fer et l'approche

éducation nutritionnelle) et la problématique, un travail de laboratoire effectué lors de notre stage sera présenté.

Ce travail de laboratoire vise tout particulièrement à évaluer le niveau d'enrichissement en fer pouvant être atteint par l'ajout d'une source métallique durant la préparation d'un plat typiquement consommé au Tchad, c'est-à-dire à tester ce qui pourrait être une cible pour une stratégie d'intervention nutritionnelle chez les femmes enceintes au Tchad.

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LE FER, LES STRATÉGIES DE LUTTE CONTRE L'ANÉMIE FERRIPRIVE ET L'ÉDUCATION NUTRITIONNELLE

I. Le fer

1. Historique

Le fer est le quatrième élément chimique le plus abondant de la Terre. Il constitue environ 4,7% de la croûte terrestre où il existe sous forme de minéraux d'hématite, de magnétite et de sidérite. Il est un élément essentiel chez tous les organismes vivants, à l'exception de certaines bactéries du genre *Lactobacillus* et *Bacillus* chez lesquelles, ses fonctions sont remplies par d'autres métaux de transition, spécialement le manganèse et le cobalt qui suivent le fer dans le tableau périodique. Chez les autres formes de vie, le fer est un élément essentiel ou un cofacteur des centaines de protéines et enzymes (Beard et *al.*, 1996).

Depuis la préhistoire, les Hommes avaient déjà un apport en fer adéquat; les anciens Arabes, Grecs, Chinois, Égyptiens et Romains attribuaient des vertus thérapeutiques au fer tout en ignorant son importance dans la nutrition. Les anciens Grecs administraient le fer à leurs soldats blessés pour soigner leur faiblesse musculaire, due probablement à une anémie provenant de l'hémorragie (Beard et *al.*, 1996). Il y a 3000 ans, Mélémos guérissait le fils du roi d'Argos en lui faisant boire une potion à base du vin dans laquelle l'épée rituelle du sacrifice avait été plongée pour y déposer sa rouille. Hippocrate et Dioscorides prescrivaient également à leurs patients du vin dans lequel avaient été placées des pièces de fer. Les légionnaires romains avaient l'habitude de boire régulièrement l'eau servant à rafraîchir leur armure afin d'y puiser force et vigueur (Hercberg, 1988).

Au XVI^e siècle, alchimistes et médecins prescrivaient le fer à leurs patients. Les sels de fer étaient utilisés pour soigner la chlorose chez les jeunes femmes.

Le fer a été identifié comme un constituant du foie et du sang chez les animaux, dès le XVIII^e siècle, grâce aux travaux de Lémery et Geoffroy. En 1825, la quantité de fer dans l'hémoglobine a été déterminée (0,355%). Cette valeur est très proche de celle calculée grâce aux méthodes modernes (0,347%). Entre 1832 et 1843 la chlorose était définie par un faible niveau de fer sanguin et, par une réduction du nombre de globules rouges. Boussingault a été le premier, à montrer l'importance du fer dans la nutrition (Beard et *al.*, 1996).

2. Métabolisme du fer

La carence martiale est généralement due à une ration en fer insuffisante pour couvrir les besoins physiologiques. L'organisme humain gère méticuleusement son potentiel en fer. Ainsi, le fer contenu dans l'hémoglobine d'un globule rouge " hors d'usage", est récupéré et recyclé (FAO/WHO, 2000).

Le statut en fer d'un individu est largement fonction de la quantité de fer ingérée au cours de l'alimentation, de la biodisponibilité de ce fer et des pertes. La plupart des aliments consommés sont malheureusement riches en fer de faible biodisponibilité. La biodisponibilité du fer dépend de sa forme chimique et des habitudes alimentaires qui peuvent promouvoir ou inhiber son absorption (FAO/WHO, 2000).

Le fer héminique qui représente seulement 2 à 20 % de l'apport alimentaire quotidien en fer est mieux absorbé dans l'organisme que le fer non héminique. Le fer non héminique constitue 60 à 90 % du fer issu des produits d'origine animale et pratiquement la totalité du fer d'origine végétale (Layrisse, 1969). Le fer héminique sert essentiellement au transport d'oxygène et au transfert d'électrons. On le trouve dans l'hémoglobine, la myoglobine, les cytochromes, la catalase et le tryptophane pyrrolase. Le fer non héminique se retrouve dans les enzymes affectés à la respiration mitochondriale, au transport d'électrons et au métabolisme des neurotransmetteurs telles la dopamine (Beard et *al.*, 1996).

2.1. Absorption et Stockage

Le processus d'absorption de fer peut être scindé en trois étapes : absorption intestinale – transport intraérythrocytaire – stockage et transport extraérythrocytaire (Beard et *al.*, 1996). Il n'y a pas d'absorption de fer au niveau de la bouche, ni de l'œsophage ou de l'estomac. Cependant la solubilisation de fer (passage de l'état ferrique à l'état ferreux) se fait dans l'estomac. Et donc, une baisse de l'acidité stomacale due à une consommation excessive d'antiacide ou de base, va entraîner une baisse d'absorption de fer (Beard et *al.*, 1996). L'absorption du fer héminique est négativement affectée par le calcium (Hallberg, 1993). Par contre, plusieurs autres facteurs affectent l'absorption du fer non héminique, notamment : les dérivés hémicellulosiques, la pectine, l'acide phytique (abondant dans le soja et le blé), les cations bivalents et les composés polyphénoliques (Demeayer, 1991).

La concentration sérique de fer varie entre 30 et 40 mg/kg en fonction de l'âge et du sexe; le fer stocké varie entre 0 et 15 mg/kg en fonction du sexe et du statut en fer (Beard et *al.*, 1996). 60% du fer absorbé est stocké dans le foie et 40% dans les muscles et les réticulocytes. En moyenne 95% du fer hépatique se retrouve dans les hépatocytes sous forme de ferritine et 5% sous forme d'hémosidérine dans les cellules de Kuffer. Le fer stocké est libéré en cas de besoin grâce à l'action combinée de l'acide ascorbique et de la flavine mononucléotide (Carol, 1984).

2.2. Redistribution et pertes

Les pertes basales de fer par l'organisme sont estimées à 14 µg/kg de poids corporel/jour (Green, 1968). Cette estimation est faite par mesure de la demi-vie du radio-isotope ⁵⁵Fe administré par voie intraveineuse (Layrisse, 1969). Les pertes de fer par la transpiration sont négligeables. Une femme non en règle perd environ 0,8 mg de fer par jour. Chez la femme en âge de procréer, le besoin moyen en fer est de 1,46 mg/jour. (FAO/WHO, 2000). Ce besoin pourrait être entièrement couvert par une

absorption moyenne de 2,2 mg (0,8+1,4) de fer par jour (INACG, 1977). Chez la femme enceinte un supplément total de 500 mg à 600 mg est nécessaire (INACG, 1977). Dans l'organisme, il existe un équilibre dynamique entre l'absorption et les pertes martiales. Toutefois certaines perturbations physiologiques (menstruations, hémorragie interne...) contribuent à des pertes en fer importantes. Pendant la grossesse, les besoins en fer sont plus importants (Beard et *al.*, 1996). Le recyclage du fer se fait par destruction des érythrocytes (qui contiennent 80% du fer fonctionnel) par les macrophages. En moyenne 85% du fer libéré est redistribué à l'organisme sous forme de ferritine ou liée à la transferrine. Les pertes de fer se font par les fécès, les urines, les pertes menstruelles, le tractus gastro-intestinal et les sécrétions vaginales (Demeayer, 1991).

2.3. Biodisponibilité du fer alimentaire

Les premières études sur l'absorption du fer portaient sur l'évaluation des paramètres sériques tels la ferritine ou la transferrine. Un peu plus tard, avec la disponibilité des radio-isotopes, l'absorption du fer était suivie *in vitro* et *in vivo* par marquage isotopique (Hallberg, 2002). La découverte de l'existence de deux types de fer alimentaire (héminique et non héminique) aux vitesses d'absorption différentes va permettre une meilleure estimation de la biodisponibilité du fer (Hallberg, 2000). Aujourd'hui, il est établi que le fer héminique, que l'on retrouve essentiellement dans les produits d'origine animale, a une meilleure absorption par rapport au fer non héminique qui du reste représente la plus importante proportion de fer alimentaire. Le calcul de la proportion de fer absorbée dans la diète peut se faire au moyen des algorithmes développés par Hallberg (2000). On assume généralement que 25% du fer héminique est absorbé et ce, indépendamment de la nature de l'aliment dans lequel il se trouve (FAO/OMS, 2000). Environ 40% du fer provenant de la viande, de la volaille et des produits de mer est de type héminique (Hallberg et Rossander, 1984). L'absorption du fer non héminique dépend de l'alimentation. Le comité conjoint FAO/OMS (2000) identifie trois niveaux de biodisponibilité (5%, 10% et 15%), basés sur la proportion des produits d'origine animale dans l'alimentation. Plusieurs autres facteurs sont identifiés comme pouvant influencer la biodisponibilité du fer non héminique. On peut citer parmi les facteurs qui

améliorent l'absorption du fer, les protéines animales et l'acide ascorbique. La consommation de thé, de café et de phytates inhibe cette absorption.

- Acidité gastrique. L'absorption du fer est affectée par une baisse de l'acidité stomacale qui peut être due à une forte consommation d'antiacides ou de produits alcalins (Gillepsie, 1991). Les situations pathologiques telles l'achlorydrie et les gastrectomies inhibent également l'absorption du fer (Conrad, 1968).
- Acide ascorbique. L'acide ascorbique favorise la réduction dans l'estomac, du fer ferrique en fer ferreux qui forme un complexe soluble fer-acide ascorbique. Ce chélate de fer soluble formé à pH bas, reste soluble au pH de l'intestin grêle (Chappuis, 1991). L'absorption du fer double lorsque environ 25 mg d'acide ascorbique sont additionnés au repas; elle est de 3 à 6 fois plus grande, si on ajoute 50 mg d'acide ascorbique (Hallberg, 2000).
- Protéines animales. La viande et les produits de mer favorisent la biodisponibilité du fer en pourvoyant l'organisme en fer héminique et en favorisant l'absorption du fer non héminique. L'absorption du fer non héminique est multipliée par 2 ou 3, quand on ajoute au repas des protéines d'origine animale (viandes et poissons exclusivement) (Chappuis, 1991).
- Phytates. L'inositol pentaphosphate ou acide phytique est un puissant inhibiteur de l'absorption intestinale du fer. L'absorption du fer augmente de 4 à 5 fois lorsque la proportion d'acide phytique passe de 5 mg/g de repas à 0,1 mg/g (Hurrell, 1992). Les phytates sont présents en grande proportion dans les aliments tels les légumes, les céréales.
- Polyphénols. En 1975, Disler et *al.* découvraient que la consommation de café inhibait l'absorption du fer. C'est à partir de cette étude que l'on a commencé à soupçonner l'implication des dérivés polyphénoliques dans la biodisponibilité du fer alimentaire. Dans la lumière intestinale, le fer se lie à l'acide tannique, formant un composé insoluble. L'effet des tannins est dose-dépendante et elle est réduite par l'absorption d'acide ascorbique (Siegenberg, 1991). Cela est également vrai pour le thé vert. Dans un essai randomisé, Dewey et *al.* (1997) notent que les

femmes guatémaltèques en âge de procréer qui ne consomment pas de café répondent mieux à la supplémentation.

- Géophagie. Dans les pays en développement, la géophagie constitue une source non négligeable de fer non alimentaire (Harvey *et al.*, 2000). Les enfants absorbent du fer soit en jouant dans la poussière, soit par consommation directe de latérite (très riche en fer ferrique). La biodisponibilité du fer non alimentaire est naturellement fonction des denrées alimentaires consommées par l'individu au cours de la même journée, lesquelles denrées peuvent stimuler ou inhiber l'absorption intestinale du fer.
- Calcium/phosphate. Chez l'Homme, des études ont mis en évidence la réduction considérable de l'absorption du fer non hémérique par le jaune d'œuf. Ce fait a été attribué au vitellin, principal complexe phosphoprotéique dans le jaune d'œuf. Les composés phosphatés contenus dans un repas constitueraient des inhibiteurs de l'absorption du fer par la formation de phosphate ferrique insoluble. Cet effet serait majoré par la présence simultanée de calcium dans le repas; le fer serait co-précipité par un complexe insoluble calcium-phosphate (Chappuis, 1991).

3. Fonction biologique du fer

Le fer, métal le plus abondant dans l'organisme, est considéré comme un élément vital jouant un rôle capital dans de multiples phénomènes biologiques. Le fer hémérique est présent (Dupin, 1992) : au niveau cérébral, où il est impliqué dans la synthèse des lipides et d'un certain nombre de neurotransmetteurs, ainsi que dans l'interaction des neurotransmetteurs avec leurs récepteurs. Il est important pour le maintien d'une fonction neurologique normale. Cependant, il peut être également toxique en catalysant la formation des radicaux libres oxydants (Dupin, 1992). Au niveau des enzymes et protéines suivants: hémoglobine, myoglobine où il joue un rôle de transport d'oxygène ; cytochromes a-a₃ des mitochondries, des muscles squelettiques, du cœur, du foie et du cerveau où il joue le rôle d'oxydase terminale de la chaîne de transport d'électrons; microsomes où il transporte les électrons de la

chaîne microsomale du cerveau et du foie sous forme de cytochrome c; cytochromes P₄₅₀ des microsomes du foie et de la muqueuse intestinale et surrénale où il joue un rôle d'hydroxylation des stéroïdes, d'oxydation des composés étrangers. En outre, le fer héminique joue un rôle de catalase (qui catalyse la décomposition du peroxyde d'hydrogène) dans les peroxysomes du cerveau, du foie et des globules rouges, un rôle de lacto-peroxydase qui catalyse l'oxydation du lait, des sécrétions externes et des neutrophiles et enfin celui de tryptophane pyrrolase du foie et de L-tryptophane-formylkynurénine. Le fer non héminique quant à lui est présent au niveau enzymatique dans (Dupin, 1992) : les mitochondries du cœur et du foie sous forme NADH, cytochrome c réductase et de succinate déshydrogénase, de NADH ferricyanure oxydoréductase où il joue un rôle dans le système respiratoire mitochondriale; les mitochondries du cerveau sous forme d'aldéhyde oxydase jouant un rôle dans le métabolisme de la sérotonine; la Fe-S protéine III, Fe-S protéine succinate déshydrogénase, flavoprotéine succinate déshydrogénase des mitochondries du cœur où il joue un rôle de transport d'électrons; la ferritine de tous les tissus, l'hémosidérine du foie, de la rate et de la moelle osseuse où il joue un rôle de stockage; le ribonucléotide réductase des ribosomes et du noyau des lymphocytes des tissus hématopoïétiques où il joue un rôle dans la synthèse de l'ADN.

Chez la femme en grossesse, le fer participe avec les autres oligoéléments à toutes les adaptations biologiques, directement en tant que facteur de structures ou comme cofacteur enzymatique des nouveaux tissus, mais surtout par l'intermédiaire des changements hormonaux responsables des adaptations biologiques (Dupin, 1992).

4. Importance des vitamines dans la prévention et le contrôle de l'anémie ferriprive

Les vitamines telles que la vitamine A, l'acide folique, la vitamine B₁₂, la riboflavine et la vitamine B₆ sont nécessaires à la production normale des globules rouges (Christian, 2000). L'acide folique, vitamine abondante dans les feuilles des plantes, la levure et le foie, est nécessaire à la synthèse de la thymine, une pyrimidine. Il est donc nécessaire à la formation de l'ADN et par conséquent, à la division cellulaire normale. Une déficience en acide folique entraîne une détérioration des divisions cellulaires dans tout l'organisme, mais touche principalement les cellules qui prolifèrent rapidement, comme les précurseurs des érythrocytes. Par conséquent, moins d'érythrocytes sont produites quand l'acide folique est déficient (Vander et *al.*, 1995). La production d'un nombre suffisant d'érythrocytes exige aussi des quantités infimes (1 µg par jour) de vitamine B₁₂ ou cyanocobalamine. L'action de l'acide folique exige cette vitamine. La vitamine B₁₂ se trouve dans les produits animaux. Elle est nécessaire à la formation de la myéline, de telle sorte que divers symptômes neurologiques peuvent accompagner une production érythrocytaire médiocre en cas de carence en vitamine B₁₂ (Vander et *al.*, 1995). Les autres vitamines telles que les vitamines C et E protègent ceux-ci contre une destruction prématurée par oxydation des radicaux libres. La riboflavine, la vitamine A et la vitamine C peuvent améliorer l'absorption intestinale du fer, ou favoriser sa mobilisation à partir du stock organique (Christian, 2000).

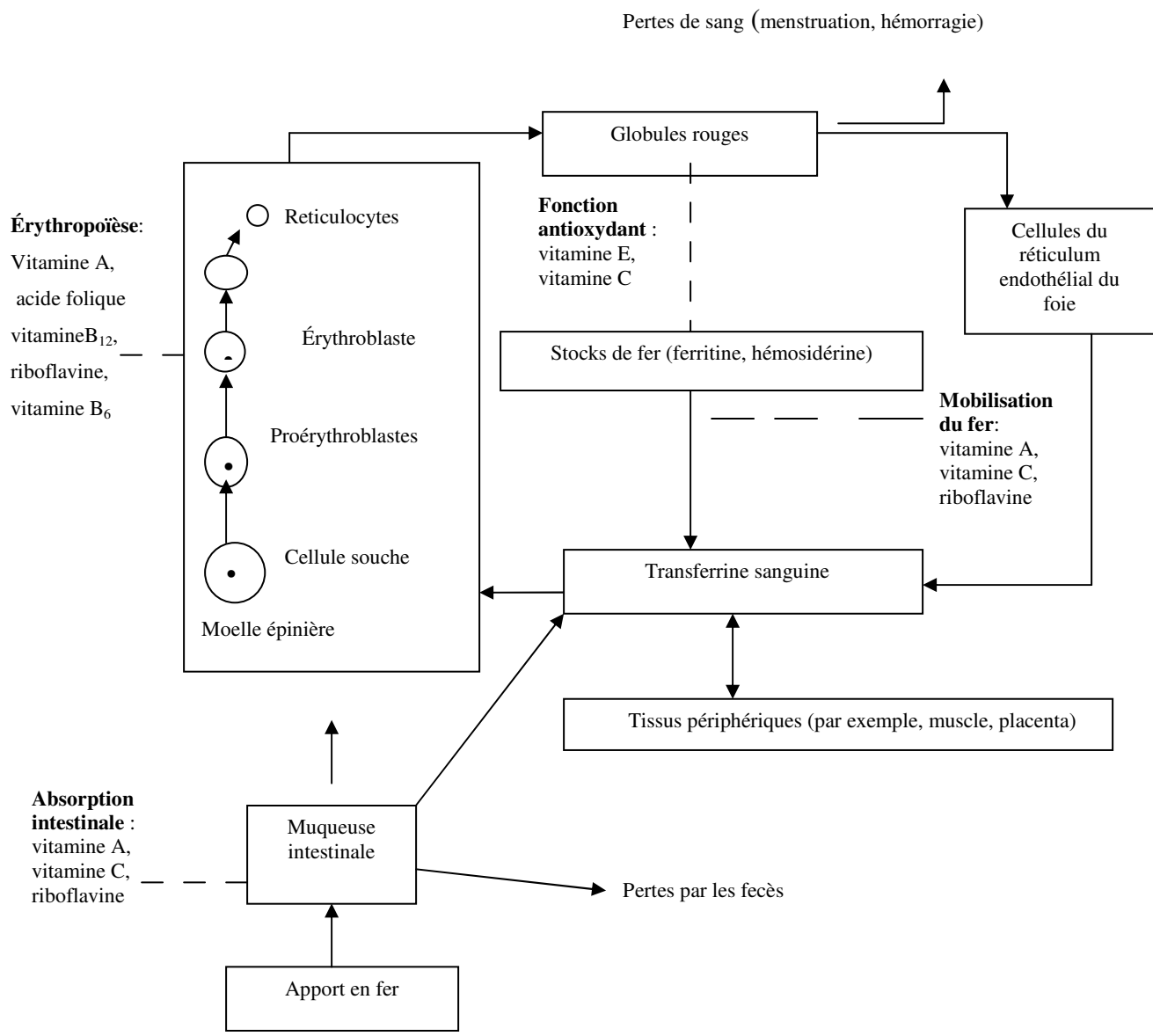


Figure 1: Rôles des vitamines dans le métabolisme du fer et dans l'érythropoïèse (Christian et al., 2000).

5. Anémie ferriprive chez la femme enceinte

5.1. Définition

Pendant la grossesse, l'anémie est définie selon l'O.M.S. par un taux d'hémoglobine inférieur à 110 g/l lors de grossesse et à 100 g/l dans la phase post-partum. Une nouvelle définition, tenant compte des recommandations du "Center of Disease Control", dit qu'on parle de l'anémie de la grossesse, lorsque le taux de l'hémoglobine est

inférieur à 110 g/l pendant les semaines 1-12 et 29-40 et lorsqu'il est inférieur à 105 g/l pendant les semaines 13-28 (Huch, 1999).

On parle d'anémie ferriprive lorsqu'il n'existe pas de réserves de fer (taux sérique de ferritine $<12 \mu\text{g/L}$) et/ou le transport de fer est diminué (Nestel et Davidsson, 2003). L'absence ou l'insuffisance de réserves de fer provoque une perturbation des fonctions fer-dépendantes, entraînant notamment une diminution de l'érythropoïèse, suivie d'une baisse de la concentration de l'hémoglobine (Berger et Dillon, 2002). Le taux d'hémoglobine tombe en dessous de la valeur limite fixée et les globules rouges deviennent hypochromes et microcytaires (Dillon, 2000). L'anémie ferriprive provient donc de réserves insuffisantes de fer pour la synthèse de l'hémoglobine. Son diagnostic est établi à l'aide de mesures de la carence en fer (le taux sérique de ferritine $<12 \mu\text{g/L}$, le volume globulaire moyen (VGM), la protoporphyrine érythrocytaire (PPE) $> 3 \mu\text{g/g}$ d'hémoglobine et la saturation de la transferrine $< 16 \%$) et des taux d'hémoglobine (Nestel et Davidsson, 2003; Dillon, 2000).

5. 2. Physiologie de l'érythropoïèse pendant la grossesse et dans la phase du post-partum

Les changements métaboliques et hormonaux de la grossesse sont associés à une synthèse tissulaire importante : fœtus (3,5 kg), placenta (600 g), hypertrophie utérine (1 kg). L'augmentation de la masse sanguine (40%) permet d'irriguer le placenta et d'assurer les échanges avec le fœtus (Chappuis, 1995). Le fœtus augmente ses réserves de 1,8 mg/kg/jour entre la 24^e et la 36^e semaine de gestation; son stock passe de 64 mg pour un poids de 1 kg à $90 \pm 25 \text{ mg/kg}$ à terme (Chappuis, 1991). Hercberg (1990) a estimé le besoin total supplémentaire en fer chez la femme enceinte à 1055 mg. Les valeurs inférieures limites de l'hématocrite et de l'hémoglobine sont très basses chez la femme en état de grossesse (inférieures à 105 mg/l) qu'à l'état normal. On constate une diminution du taux d'hémoglobine, d'hématocrite et du nombre d'érythrocytes bien que la masse érythrocytaire augmente (augmentation due à celle de l'activité de la moelle osseuse) lors de la 10^e semaine de grossesse. Cela est dû à une augmentation disproportionnée du volume plasmatique : c'est " l'anémie par dilution"

souvent désigné à tort comme étant une anémie physiologique de la grossesse. Le volume corpusculaire moyen (MCV), l'hémoglobine corpusculaire moyenne (MCH) et la concentration moyenne corpusculaire de l'hémoglobine sont très peu influencés par la grossesse. Après l'accouchement, il y a une diminution caractéristique de l'hémoglobine (Jusqu'au 3^e – 4^e jour), puis un retour rapide aux valeurs précédant l'accouchement. Cette correction est probablement due à une érythropoïèse stimulée par une augmentation de la sécrétion de l'érythropoïétine suite aux pertes de sang, et aussi à la diminution du volume (Huch, 1999).

Tableau 1: Variation typique du volume sanguin et des érythrocytes au cours de la grossesse (selon Götner cité par Huch, 1999).

Valeurs normales moyennes du volume sanguin et des érythrocytes		
plasmatique lorsque la circulation utéro-placentaire est terminée (Huch, 1999).	Femmes non enceintes	Femmes enceintes 36 ^e -40 ^e semaine
Volume sanguin total (ml)	4000	5200
Volume plasmatique (ml)	2600	3500
Volume érythrocytaire (ml)	1400	1700
Érythrocytes (10 ¹² /l)	4,2-4,8	3,5-4,5
Hémoglobine (g/dl)	12-16	11,5-13,5
Hématocrite (vol. %)	37-44	34-41
Indices érythrocytaires		
Volume corpusculaire moyen	86-96	84-95
MVC ($\mu\text{m}^3 = \text{fl.}$)	28-32	27-32
Hb corpusculaire MCH (pg)	32-34	32-30
Concentration corpusculaire moyenne d'Hb MCHC (g/dl)		

5.3. Conséquences de l'anémie ferriprive

Chez les femmes enceintes, les anémies sévères sont responsables de 20% des décès maternels. Elles augmentent les risques de morbidité et de mortalité fœtales et néonatales, le risque de prématurité et de faible poids à la naissance (Berger et Dillon, 2002). Des corrélations ont été mises en évidence entre anémie maternelle,

hypertrophie placentaire et réduction de l'excrétion urinaire d'oestriol. Des anomalies placentaires (troubles circulatoires, inflammations, infiltrations, nécroses) ont été observées chez des femmes déficientes en fer (Chappuis, 1991). Chez la mère, il y a le stress cardiovasculaire, la diminution de la résistance aux infections et une moindre tolérance à une perte sanguine au moment de l'accouchement. (Population Center for Communication Programme, The Johns Hopkins School of Public Health, 1997). La carence en fer serait responsable de 500 000 décès annuels au cours de la grossesse et lors de l'accouchement (Dillon, 2000). Au Tchad, le taux de la mortalité maternelle est très élevé. La plupart de ces décès sont attribués à l'anémie ferriprive. Chez les nourrissons et l'enfant, on constate un retard du développement psychomoteur, une faible intelligence entraînant des difficultés scolaires, une inattention, de la fatigue et une diminution des activités physiques. La résistance aux infections et l'immunocompétence sont diminuées (Berger et Dillon, 2002). En cas d'anémie maternelle grave, les défaillances observées chez le nouveau-né ressemblent à d'autres situations d'hypoxie, comme celles dues aux maladies cardiaques de la mère ou encore à l'abus de nicotine pendant la grossesse. Dans la phase post-partum, une anémie peut rendre plus difficile ou impossible les tâches maternelles telles que l'allaitement du nouveau-né (Huch, 1999). Chez les adultes anémiques des deux sexes, on remarque une diminution des aptitudes professionnelles, une diminution de la résistance à la fatigue (Yomadji, 2003).

D'une manière générale, la Banque Mondiale estime que la contribution directe de la carence en fer au poids global de la malnutrition en Afrique Subsaharienne, est de 20 millions d'années de vie corrigées pour invalidité (AVCI) (FNUAP, 1996). Au Mali, les coûts économiques de l'anémie ferriprive sont estimés à 4,2% du Produit Intérieur Brut (PIB) (United Nations System, Standing Committee on Nutrition, 2004). Le coût global de l'anémie serait même supérieur à celui de toute autre pathologie, à l'exception de la tuberculose (Berger et Dillon, 2002).

II. Les stratégies de lutte contre l'anémie ferriprive

1. Supplémentation en fer

La supplémentation en fer est la meilleure option disponible pour combattre efficacement la carence en fer chez les femmes enceintes et chez les enfants car elle peut être orientée spécialement sur ces groupes cibles (Mora, 2002). L'effet biologique de la carence en fer sur la capacité au travail est suffisant pour justifier l'apport au statut en fer chez la femme par supplémentation (Cogswell, Kettel-Khan et Ramakrishnan, 2003). Cette dernière réduit de manière significative la prévalence de la carence en fer chez les femmes âgées de 19 à 50 ans (Cogswell, Kettel-Khan et Ramakrishnan, 2003). Chez la femme enceinte, l'efficacité de la supplémentation à faible dose a été démontrée par une augmentation de la concentration en hémoglobine durant la deuxième moitié de la grossesse (Makride et al., 2003). En outre Makride et al. (2003) ont montré dans la même étude que pendant la période post-partum (6 mois après l'accouchement), peu de femmes ayant subi une supplémentation ont une carence en fer. Aux USA, la dose supplémentaire en fer apportée aux femmes en âge de procréer est respectivement de : 11 mg/j chez les adolescentes, 17 mg/j chez les femmes non enceintes, 58 mg/j chez celles enceintes et enfin de 57 mg chez celles allaitantes (Cogswell, Kettel-Khan et Ramakrishnan, 2003). Néanmoins les groupes à risque élevé, comme par exemple celui des femmes à faible revenu, consomment moins la supplémentation (Cogswell, Kettel-Khan et Ramakrishnan, 2003).

Dans la plupart des pays, cette stratégie est confrontée à de nombreux obstacles. L'inadéquation de la distribution des comprimés, les difficultés d'accès et la faible fréquentation des services de soins de santé sont une contrainte majeure (Galloway et al., 2002). Les données relatives à la contribution de la carence en fer dans l'anémie sont insuffisantes (Prinsen Geerligts, Brabin et Omari, 2003). La supplémentation journalière en fer était calculée en utilisant la méthode indirecte; cela suppose donc, que la quantité de fer nécessaire pour couvrir les besoins pendant un mois pourrait être utiliser en 24 heures (Cogswell, Kettel-Khan et Ramakrishnan, 2003). Les

connaissances sur les relations entre l'absorption de fer et celle des autres minéraux, vitamines et autres composants diététiques sont limitées (Cogswell, Kettel-Khan et Ramakrishnan, 2003). On note également, l'absence d'une maîtrise des effets secondaires tels que, les troubles gastro-intestinaux (nausées, douleurs abdominales, vomissements, palpitation...), liés à la supplémentation à forte dose (Makride et *al.*, 2003). Les croyances à l'encontre de l'utilisation des médicaments pendant la grossesse et, la peur d'une délivrance difficile, attribuable à la supplémentation qui rendrait le futur bébé gros sont un frein non négligeable à la supplémentation (Galloway et *al.*, 2002). Il en est de même, du manque de connaissances sur l'anémie et les effets positifs des comprimés de fer chez les consommateurs et, du faible niveau de consommation des comprimés de fer (Prinsen Geerligs, Brabin et Omari, 2003). Ceci pourrait être comblé par les programmes d'information, d'éducation et de communication. Mais cette stratégie requiert un certain niveau de connaissances et de compétences qui manquent dans les pays en voie de développement. En plus, dans beaucoup de pays, le milieu physique, la diversité des langues et la taille de la population peuvent faire augmenter le coût des programmes IEC (Mora, 2002). Enfin la durabilité, clé de la réussite d'un programme de supplémentation, exige une production de comprimés à bas prix, de distribution et d'administration facile et sans beaucoup d'effets secondaires (Mora, 2002).

L'impact de la supplémentation en fer sur une population dépend de la compétence des services de santé et de l'agrément du patient (Mandishona et *al.*, 1999). Dans la plupart des cas, cette supplémentation, délivrée par les services de santé publique des pays n'a pas d'impact du fait des problèmes mentionnés ci-dessus (Berger et Dillon, 2002). La plupart du temps, le programme se limite à fournir du fer aux femmes enceintes, parfois aux femmes allaitantes, mais seulement lors de la première visite qui suit l'accouchement. Ce type de programme exclut les femmes enceintes qui ne vont pas aux consultations prénatales, la majorité des femmes allaitantes, les femmes vulnérables avant leur première grossesse et entre deux grossesses et tous les autres, notamment les enfants et les hommes adultes (Latham, 2001).

Au Canada, la supplémentation en fer est l'une des approches efficaces dans la prévention de l'anémie (Zlotkin, 2003). Elle se fait par traitement individuel lorsque l'anémie est avérée chez l'individu. Ce dernier ingère une dose appropriée de fer sous forme soluble (sulfate de fer, fumarate de fer) (Zlotkin, 2003). La supplémentation au niveau collectif est faite lorsque des facteurs de risque sont identifiés dans une zone géographique donnée (Zlotkin, 2003). Chez la femme en âge de procréer, il est conseillé la constitution d'une réserve en fer avant la grossesse et des habitudes alimentaires saines. Cependant, une supplémentation en fer est recommandée durant les 2^e et 3^e trimestres de grossesse car l'apport nutritionnel recommandé doit passer de 13 à 18 mg (2^e trimestre de grossesse) à 23 mg (3^e trimestre de grossesse) (Santé Canada, 2000).

Au Tchad, la faiblesse du système de santé est notable. La supplémentation des femmes enceintes est faite à travers le programme de planification familial. Or en 1993, seulement 11 sur 400 formations sanitaires publiques offraient des services et des informations sur la planification familiale (The World Bank Group, 2000).

2. Enrichissement en fer des aliments

Dans les pays en voie de développement, le fer contenu dans la plus grande majorité des aliments consommés n'est que faiblement biodisponible. La plupart des céréales, légumes et des aliments de base contiennent du phytate en grande quantité, lequel est un important inhibiteur de l'absorption du fer (Hurrell, 1997). Les céréales comme le sorgho, contiennent en plus, des composés phénoliques qui gênent largement l'absorption du fer au niveau intestinal par formation de complexes peu absorbables (Hurrell, 1997). La consommation des fruits riches en vitamines C ou de la viande est limitée dans ces pays (Hurrell, 1997).

L'enrichissement en fer des aliments consommés par plusieurs groupes tels que les céréales, le lait et les condiments est l'une des stratégies les plus courantes pour réduire la carence en fer. Cependant des limites à la fortification sont constatées. Il s'agit de : trouver un type de fer facilement absorbable et qui n'apporte pas de

modifications sensibles de l'aliment véhicule (Hurrell, 2002). Les composés de fer solubles dans l'eau (sulfate, gluconate, lactate et citrate de fer) sont aisément absorbables, mais produisent le plus de problèmes organoleptiques indésirables tels que le changement de couleur et de saveur, oxydation des lipides et rancissement (Berger et Dillon, 2002). Ceux peu solubles dans l'eau, mais solubles en milieu acide (fumarate, succinate et saccharate de fer) présentent une bonne absorption avec l'avantage d'avoir moins d'effets organoleptiques (Berger et Dillon, 2002). Les composés insolubles dans l'eau et peu solubles en milieu acide (orthophosphate, fer élémentaire) ne provoquent pas de modifications organoleptiques mais leur absorption est très variable, du fait de leur faible solubilité dans le suc gastrique (Berger et Dillon, 2002); surmonter l'effet inhibiteur des composés phénoliques, du phytate et du calcium sur l'absorption du fer (Hurrell, 2002). Les inhibiteurs et les activateurs de l'absorption exercent le même impact sur le fer ajouté que sur le fer de régime (Berger et Dillon, 2002). L'utilisation de composés (NaFeEDTA, bisglycinate ferreux et hémoglobine) où le fer est protégé des inhibiteurs est une alternative (Berger et Dillon, 2002). Il est difficile de focaliser l'enrichissement des aliments uniquement sur les groupes à risque. Or l'excès de fer chez des hommes adultes et les femmes en ménopause est préjudiciable et pourrait conduire à l'augmentation de l'incidence d'artériosclérose et du cancer due au stress oxydatif dans les pays développés (Hurrell, 1997). Le manque d'engagement politique, le faible soutien des industries locales et des multinationales, le faible réseau de distribution et le manque de programme d'éducation nutritionnelle.

Au Canada, on distingue trois types d'enrichissement (Zlotkin, 2003) : l'enrichissement des aliments de base tels que la farine; ces aliments de base ne sont pas consommés en quantité suffisante par les enfants. L'enrichissement des aliments spécifiques comme les céréales pour enfants. L'enrichissement des céréales pour petit déjeuner (ces céréales fortifiées peuvent contenir 4 à 8 mg de fer par portion) est un excellent moyen de prévention contre l'anémie surtout chez les adolescentes végétariennes. Ces céréales fournissent le fer, les folates, la vitamine C, la vitamine A et le zinc.

L'enrichissement de la farine de blé est pratiqué dans les pays industrialisés et dans plusieurs PED où son impact est en cours d'évaluation (Berger et Dillon, 2002). Et puis, l'enrichissement des céréales est réalisé avec du fer réduit, car les céréales sont très sensibles à l'oxydation des lipides au cours du stockage ; ce qui conduit à s'interroger sur l'enrichissement des farines de céréales avec du fer élémentaire du fait de sa faible biodisponibilité du fer ajouté, encore diminuée par les phytates des céréales (Berger et Dillon, 2002).

Au Tchad, il n'y a pas de grands moulins qui fonctionnent et la farine de blé est importée des pays voisins comme le Nigeria et le Cameroun et donc, cette solution est peu envisageable.

3. Diversification alimentaire

La diversification alimentaire recouvre l'ensemble des approches d'amélioration de l'alimentation, centrées sur l'éducation nutritionnelle et les circuits ou systèmes alimentaires (Delisle et *al.*, 2003). Cette approche implique un changement dans les pratiques de production, le choix des aliments, les méthodes traditionnelles de conservation et de préparation d'aliments, et le traitement des aliments (Gibson et *al.*, 2000). L'amélioration des pratiques alimentaires et des styles de vie a pour but d'augmenter la consommation et la biodisponibilité du fer et des autres nutriments impliqués dans l'érythropoïèse comme les vitamines A, B₂, B₁₂ et l'acide folique (Berger et Dillon, 2002). Aussi, implique t-elle la promotion d'aliments, et donc une grande variation des aliments contenant le fer naturel dans le cas de la lutte contre l'anémie ferriprive (Zlotkin, 2003). Les légumes verts et les fruits sont recommandés pour la lutte contre l'anémie par carence en fer; ils sont également utiles pour lutter contre la carence en vitamine A. Les légumes à feuilles vert foncé apportent à la fois du fer et de la vitamine C qui favorise son absorption et du carotène (Latham, 2001).

Au Canada, comme ailleurs, les aliments recommandés spécialement sont : la viande rouge, la volaille, le poisson et les abats (Zlotkin, 2003). L'idéal est de tendre vers la consommation régulière de ces sources de fer héminique mais, ces produits sont

souvent très onéreux et inaccessibles aux populations défavorisées (Berger et Dillon, 2002). Un Guide Alimentaire Canadien pour manger sainement a été conçu de façon à répondre aux besoins nutritionnels de tous les Canadiens (Santé Canada, 2000). Il faut noter que, malgré la grande disponibilité des produits transformés au Canada, ils ne sont pas largement consommés. Ces produits alimentaires commercialisés sont souvent perçus comme ayant un goût ou une odeur inacceptable (Zlotkin, 2003).

Toutefois, les exemples de réussite de programme de diversification alimentaire sont nombreux un peu partout dans le monde : en Turquie, l'utilisation des fertilisants au niveau du sol et des feuillages a enrichi les grains de froment en fer et en zinc dans les régions dont les sols sont très pauvres en ces minéraux (Gibson et *al.*, 2000). En outre, par une translocation efficace du phloème des plantes cultivées, certaines traces minérales (fer, zinc...) sont mobilisées des parties végétatives vers les graines (Gibson et *al.*, 2000). En Thaïlande, les foies de bœuf et de poulet ont été utilisés pour enrichir le poisson frit, un plat populaire. Un plat de poisson frit enrichi au foie donne 20% à 30% d'apport journalier recommandé en vitamine A et, est une source de fer biodisponible et de zinc chez les enfants en âge préscolaire (Gibson et *al.*, 2000).

Les stratégies de réduction des inhibiteurs à l'absorption du fer non héminique et du zinc sont basées principalement sur la diffusion de phytates, de polyphénols hydrosolubles et, sur l'hydrolyse enzymatique de l'acide phytique (Gibson et *al.*, 2000). Le traitement à la chaleur douce peut induire la dégradation partielle de l'acide phytique et donc augmenter l'absorption de fer non héminique. Ce procédé s'applique aux tubercules et non aux céréales et légumineuses (Gibson et *al.*, 2000). Le trempage de certains céréales (maïs par exemple) et légumineuses peut réduire le phytate qu'ils contiennent à cause de sa forme relativement hydrosoluble (le phytate de sodium ou de potassium). Par exemple, 65% à 90% de hexa- et penta-inositol phosphate peuvent être éliminés par trempage de la farine de maïs (Gibson et *al.*, 2000). L'hydrolyse enzymatique de l'acide phytique par les phytases, est augmentée par le trempage, la germination et la fermentation. Les phytases hydrolysent le penta- et hexa phosphate en basse inositol-phosphate qui ne forme pas de complexe avec le zinc (Gibson et *al.*,

2000). La germination augmente l'activité enzymatique des phytases et peut conduire à réduire de 50% les phytates des céréales germés. Elle réduit également les autres inhibiteurs de l'absorption du fer et du zinc comme les polyphénols présents dans le thé, le café, et le vin (Gibson et *al.*, 2000). La fermentation peut conduire à une réduction beaucoup plus grande des phytates car les phytases des micro-organismes sont actifs dans une large gamme de pH (2,5-5,5) que celles des céréales (4,5-5,0) (Gibson et *al.*, 2000).

Dans les pays en développement, la préparation et la consommation des aliments de base (céréales, racines et tubercules) avec ceux riches en acide ascorbique (papaye, chou-fleur, tomates, agrumes, etc.) a permis d'accroître l'absorption du fer d'au moins 400% dans des régimes à base de maïs, de 220 à 300% avec des doses d'acide ascorbique de 15 à 100 mg pour le riz et, de 220 à 350% avec des doses de 50 à 250 mg pour le blé (Berger et Dillon, 2002).

4. Actions de santé publique

De nombreuses mesures de santé publique peuvent contribuer à la réduction de l'anémie nutritionnelle, notamment de l'anémie par carence en fer. Les pratiques obstétricales traditionnelles favorisent le passage de sang, donc de l'hémoglobine de la mère au bébé : le bébé est placé plus bas que sa mère juste après l'expulsion; le cordon ombilical n'est coupé que lorsqu'il a cessé de battre. La mise au sein dans les 30 minutes qui suivent favorise la contraction utérine et réduit ainsi la perte de sang de la mère (Latham, 2001). En milieu tropical, ces mesures doivent intégrer (Dillon, 2000) :

- la lutte contre les parasitoses intestinales par déparasitage répété par antihelminthiques; celle-ci est nécessaire car, l'ankylostomiase en particulier contribue notamment à l'anémie dans certaines populations.
- La lutte contre le paludisme qui est une cause majeure d'anémie chez les femmes enceintes et les enfants (on estime qu'il est responsable de plus de 50% de cas d'anémies graves).

- L'administration de fer sous forme médicamenteuse aux groupes à risque; cette stratégie est retenue par consensus international quand bien même elle constitue un facteur d'aggravation des maladies infectieuses de l'enfant.
- La promotion de l'allaitement maternel exclusif durant les 4 à 6 premiers mois un élément-clé de la lutte contre la carence en fer du jeune enfant. De plus, l'allaitement maternel retarde la reprise de la menstruation, source de perte de fer chez la mère. L'allaitement maternel protège donc aussi la mère de la carence en fer, car la perte de fer par la menstruation est supérieure à la perte due à l'allaitement (Latham, 2001). La prévalence de l'anémie ferriprive est également influencée par la disponibilité des services de planification familiale puisque la grossesse et l'accouchement augmentent les besoins en fer. Ainsi, l'abstinence, les préservatifs et la pilule contribuent à la prévention de l'anémie par carence en fer. Par contre, d'autres moyens contraceptifs comme le stérilet augmentent le flux menstruel chez la plupart des femmes et d'autres pertes utérines et majorent l'anémie (Latham, 2001).

5. Nouvelles approches pour augmenter les sources de fer bio disponible dans les aliments naturels

En Afrique du Sud, la consommation d'une bière traditionnelle préparée à base de céréales dans des récipients en fer non galvanisé augmente la quantité de fer bio-disponible absorbé chez les femmes en âge de procréer (Mandishona et *al.*, 1999). En effet cette boisson à faible dose d'alcool, contient assez de fer biodisponible provenant de la transformation du fer non hémérique des céréales par fermentation (Mandishona et *al.*, 1999).

D'autres stratégies sont récemment envisagées notamment celles qui font la promotion de sources de fer métallique, comme l'utilisation des marmites en fer, facilement accessibles et qui pourraient aider à réduire l'anémie dans les groupes cibles des pays en voies de développement. En Éthiopie, l'étude réalisée par Adish et *al.* en 1997, a montré une augmentation en fer total des aliments préparés dans des marmites en fer. Cette augmentation de la quantité du fer total présente des différences significatives de

1,3; 1,6 et 2,6 mg/100g en fer total respectivement dans des repas à base de légumineuses, légumes et viande, préparés dans des marmites en fer, en comparaison avec les même repas préparés dans des pots en aluminium ou en argile. Par ailleurs, la même étude a montré que la biodisponibilité du fer double dans les repas à base de légumineuses ou à base de viande préparés dans de pots en fer. La consommation de repas préparés dans des marmites en fer augmente la concentration d'hémoglobine de 7,5 g/L, chez des individus anémiés ou non, comparativement à celle des individus consommant de repas préparés dans des pots en aluminium ($P < 0,05$) (Prinsen Geerligts, Brabi et Omari, 2003). Cet effet semble être modifié par l'âge, la présence du paludisme et des parasites intestinaux (Prinsen Geerligts, Brabi et Omari, 2003). Berti et *al.*, (2004) ont montré, chez les femmes en âge de procréer (15-43 ans), les adolescentes (11-14 ans) et les enfants (6-24 mois) du Vietnam, que l'utilisation de pots en fer et de pots en acier lors de la préparation de repas permet d'augmenter de manière significative la concentration d'hémoglobine sanguine et, contribue à réduire efficacement l'anémie ferriprive chez ces sujets.

III. Education nutritionnelle et stratégies de communication en nutrition

Il existe divers types d'interventions de communication en nutrition. Toutefois, quelle que soit la méthode d'intervention sélectionnée, une partie de celle-ci consiste toujours en la mise en œuvre de l'éducation nutritionnelle.

1. Education nutritionnelle

L'éducation nutritionnelle se définit comme l'ensemble des activités de communication visant une modification volontaire des pratiques qui influencent l'état nutritionnel, dans le but d'améliorer celui-ci (Andrien et Béghin, 1993). Elle devrait permettre aux individus de tout âge d'acquérir les connaissances et les compétences nécessaires sur les questions alimentaires et nutritionnelles, pour que avec une certaine liberté, ils puissent bâtir et développer, voire choisir leur comportement alimentaire en tenant compte des contraintes socio-économiques mais également culturelles (Chauliac, Masse-Rambault

et D'Agostino, 1991). Le but de l'éducation nutritionnelle est de modifier la communication sociale, ensemble des normes qui régissent les interactions entre les individus d'une même culture, afin d'aboutir à moyen ou long terme, à des modifications de pratiques collectives. La modification de ces normes est la finalité de toute activité d'éducation nutritionnelle orientée vers le grand public. En somme, l'éducation nutritionnelle consiste à intervenir dans la communication sociale pour modifier sur une large échelle, des habitudes liées à la nutrition (Andrien, 1993). Les programmes d'éducation nutritionnelle mettent l'accent sur trois notions essentielles (Chauliac, Masse-Rambault et D'Agostino, 1991) : l'attitude qui est la disposition intérieure prise à l'égard d'une situation par tout individu. Ce dernier devient capable de l'observer, la juger au lieu de la subir; elle est construite sur des connaissances, des croyances, des valeurs et des prédispositions personnelles et correspond au stade de l'information dans le programme; le comportement conduit à un acte observable et entraîne une certaine manière d'agir, produite en réponse aux stimuli du milieu. C'est le stade de la prise de conscience; la conduite alimentaire est le fait que l'individu anticipe les sollicitations du milieu pour agir, il prend une position préventive et prospective. C'est le stade de la participation que franchissent les individus et les groupes dans les programmes éducatifs.

L'approche traditionnelle de l'éducation nutritionnelle dont la fin se situe autour des années 1970-1980 est aussi appelée approche cognitiviste. Elle vise à modifier les connaissances en nutrition en vue de changer le comportement alimentaire par une rationalisation consciente du régime. Les interventions s'appuient sur des techniques utilisant les cours magistraux, les conférences, les démonstrations et les consultations (Barthélemy, 1993). Celle contemporaine s'inscrit dans un contexte de prévention et de promotion de la santé, favorisant le développement de conditions propices à la santé, s'adressant à des populations. Cette approche met l'accent sur l'acquisition des attitudes, l'estime de soi et la confiance, la responsabilité, l'habilité à prendre des décisions (Barthélemy, 1993).

L'éducation à la nutrition exprime la notion d'éducation globale où les individus, participants actifs, acquièrent des connaissances et mettent en place des attitudes et des comportements grâce à leur propre réflexion mais guidés par les éducateurs (Chauliac, Masse-Rambault et D'Agostino, 1991). L'éducation pour la nutrition se réfère à une idée d'instruction où des messages sont élaborés et transmis à un public cible qui est sensé les mettre en pratique; c'est une action limitée dans le temps (Chauliac, Masse-Rambault et D'Agostino, 1991).

Les champs d'action de l'éducation nutritionnelle se trouvent à la croisée de multiples disciplines : responsables politiques et décideurs, journalistes, chercheurs en sciences humaines, professionnels de la programmation, de l'épidémiologie, acteurs du monde médical et paramédical, professionnels de l'enseignement, du travail social, du secteur agro-alimentaire, des métiers de bouche. Les objectifs sont les même que ceux définis par l'O.M.S. (Organisation Mondiale de la Santé) pour l'éducation pour la santé (Barthélemy, 1993) : modifier le comportement sanitaire de l'individu et de la collectivité et renforcer les comportements favorables existants; développer chez les individus le sens de responsabilité pour ce qui est de leur propre santé et celle de la collectivité; promouvoir le sens de la dignité et de la responsabilité de l'individu en même temps que celui de la solidarité et de la responsabilité collective.

2. Éducation nutritionnelle et marketing social

Le marketing social est un programme de planification de processus pour la promotion des comportements volontaires des audiences cibles en leur offrant les avantages voulus, en réduisant les barrières à l'accès de ceux-ci, et en usant de la persuasion pour motiver leur participation aux activités du programme (Glanz, Rimer et Lewis, 2001). Il est une approche qui permet d'orienter le consommateur par la définition, la promotion et l'accès aux pratiques bénéfiques et/ou aux produits. Il met l'accent sur la planification des actions en collaboration avec les bénéficiaires, sur les facteurs influençant le comportement de ceux-ci et sur l'implantation des programmes (Favin et Griffiths, 1999).

La caractéristique principale de cette nouvelle approche est la recherche préalable qui consiste à l'aide, des enquêtes et d'entretiens ciblés, à découvrir ce que le consommateur ou le public fait et pourquoi. Les résultats de la recherche qui expriment les vues, les perspectives et les pratiques des consommateurs aboutissent aux choix des messages, médias et audiences appropriés (Latham, 2001). L'éducation nutritionnelle est une application du marketing social car elle peut éveiller la conscience sur les avantages d'une intervention mais ne donne pas directement ces avantages; elle n'est suffisante pour le changement de comportement que si les avantages recommandés sont suffisamment attractifs ou si les barrières à la réalisation du changement sont mineures (Glanz, Rimer et Lewis, 2001). L'approche marketing implique des éléments qui vont au-delà de l'éducation. Tout effort fait dans le sens du marketing social conduit directement aux avantages, soit au moment où l'échange est achevé soit au moment de la consommation, confirmant ainsi que l'échange a un effet sur les intérêts de l'audience cible (Glanz, Rimer et Lewis, 2001). Le marketing social est un système, une méthodologie analytique de la stratégie de planification des activités orientant un changement de comportement réel et durable (Favin et Griffiths, 1999).

Les éléments clés dans le processus marketing social sont :

- **Les produits**; le marketing social crée de nouveaux produits ou services, change les produits et services existant de manière à ce que les membres de l'audience cible donnent volontiers certaines de leurs ressources en échange de ces avantages. Il utilise les ressources disponibles de manière à obtenir des avantages désirés de l'audience cible (Glanz, Rimer et Lewis, 2001).
- **Les prix**; évaluer les barrières et les coûts impliqués dans le changement de comportement (vente des produits ou échange) est l'un des éléments importants du marketing social. Ces coûts peuvent être psychologiques, sociaux, environnementaux etc. (Glanz, Rimer et Lewis., 2001).
- **La place**; il faut livrer les avantages et les coûts au meilleur endroit et au bon moment (Glanz, Rimer et Lewis, 2001).
- **La promotion**; c'est informer et persuader sur les coûts et les avantages. Elle implique la communication ou l'éducation et est souvent confondue faussement au marketing

social tout entier; elle peut inclure la publicité, les leaders d'opinion, les médias etc (Glanz, Rimer et Lewis, 2001).

3. Communication pour un changement de comportement

La communication pour un changement de comportement (CCC) est un concept tiré de la littérature sur le marketing social et, son but est d'améliorer la pertinence et l'efficacité de ce dernier (Allen et Gillespie, 2001). Elle fonctionne sur la base que de nouvelles idées, services ou, produits peuvent être introduits de manière efficace dans une communauté, lorsque les bénéficiaires les perçoivent comme satisfaisant leurs propres aspirations et bien-être (Allen et Gillespie, 2001). La CCC peut être orientée vers plusieurs objectifs liés à la nutrition comme par exemple, l'amélioration des pratiques alimentaires et des soins, l'acceptation de la supplémentation alimentaire, le suivi de la croissance. Il y a cependant, le besoin de réorienter la CCC vers les femmes en particulier sur leurs pratiques alimentaires. Cela est très important pour leur santé et celle de leurs enfants surtout dans le milieu rural où elles supportent une lourde charge d'activités physiques et de multiparité en absence d'un apport adéquat en énergie et en micronutriments (Allen et Gillespie, 2001).

Les étapes de la communication pour un changement de comportement (Allen et Gillespie, 2001) : comprendre les attitudes, perceptions et pratiques existants ; le contexte social dans lequel ces pratiques existent; les obstacles qui gênent les pratiques désirées et comment les surmonter. Choisir des approches systémiques pour manager le programme de changement de comportement, en intégrant les aspects techniques avec les services ou les produits délivrés et avec les motivations du changement. Savoir que les groupes cibles ne sont pas semblables et que même dans un groupe il y a des différences entre les sous groupes. Ces différences ont besoin d'être identifiées et traitées différemment. Être rigoureux dans l'élaboration des messages afin de s'assurer toujours qu'ils interpellent et motivent les actions désirées; qu'ils surmontent les obstacles, offrent de bénéfices significatifs, mémorables et convaincants. Des liaisons avec les agences commerciales de publicité pourraient

accélérer le processus et la présentation des idées pour identifier les audiences. Pour les stratégies de média basées sur la recherche du son, s'assurer que la portée et la fréquence des messages sont suffisantes pour atteindre les objectifs attendus. Le choix des chaînes de communication porte sur l'emplacement spécifique et pourrait inclure : les conseils directs, le porte en porte, chants... Former le personnel en matière de pratique sonore pour motiver réellement en vue d'un changement de comportement. Reconnaître que des programmes efficaces doivent conduire à un équilibre entre les activités programmées au niveau central et les initiatives qui sont développées localement, par les communautés elles même. Les approches pour un changement de comportement sont souvent conçues pour atteindre une audience cible à travers un message. Ces approches se basent sur l'hypothèse selon laquelle, la livraison d'informations nécessaires sur les soins de santé aux gens, conduirait à un changement de comportement et donc résoudrait le problème de santé. Or la connaissance et la prise de conscience du problème ne sont pas suffisantes pour changer un comportement. Les déterminants du comportement sont plus complexes. L'environnement de l'individu constitue donc le déterminant le plus important de son comportement (Hyde, Agble et Nestel, 2003). La communication est au cœur du changement de comportement à tous les niveaux de pratique en santé publique. Elle occupe une place importante dans la formation des agents de santé, le choix de programmes et de politiques à implanter et permet l'éducation des personnes anémiées (Hyde, Agble et Nestel, 2003). Une stratégie efficace de communication peut être un puissant moyen permettant d'atteindre le contrôle total de l'anémie et le maintien du programme de lutte contre l'anémie dans le temps (Hyde, Agble et Nestel, 2003).

4. Concept de la stratégie information éducation Communication (IEC) en nutrition

La stratégie d'IEC est le plan cadre d'une gamme d'interventions sélectionnées, les plus susceptibles d'avoir un impact sur des problèmes liés aux changements d'attitudes ou de comportements par rapport à la nutrition, selon un chronogramme précis et des ressources disponibles. Elle est un engagement à produire des effets par des résultats tangibles et mesurables. Pour cela, elle doit être nationale, multisectorielle et intégrer la participation communautaire et la recherche en vue de soutenir la mise en œuvre efficace du programme d'intervention nutritionnelle. Dans le cadre de la lutte contre l'anémie ferriprive l'éducation des parents sur les aspects bénéfiques de l'espacement de naissances et les besoins spécifiques des jeunes mères pourraient aider à réduire l'anémie ferriprive. Ces efforts sont à inclure dans un programme d'éducation global et doivent impliquer les services de santé, de l'agriculture ou de l'éducation (INACG, 1977).

CHAPITRE II : PROBLÉMATIQUE

Au Tchad, la lutte contre l'anémie ferriprive et la carence en fer fait partie des soins de santé primaires. Or dans ce pays, un centre de santé accueille 9 436 habitants. Il y a 1 médecin pour 31 763 habitants, un infirmier pour 7 479 habitants, une sage femme pour 10 909 femmes en âge de procréer (OMS, 2000). On compte 30 hôpitaux de districts qui fonctionnent pour une population totale d'environ 8,3 millions d'habitants.

Les anémies ferriprives constituent un problème de santé publique au Tchad. Une enquête sur la prévalence et les facteurs de risque réalisée à la maternité de N'Djaména et portant sur 660 femmes enceintes a révélé que 50% des femmes ont un taux d'hémoglobine inférieur à 11 g/ 100 ml (anémie modérée) et 1,7% d'entre elles ont un taux d'hémoglobine inférieur à 7g/100 ml (anémie sévère) (Wyss, 1993); le statut en fer a été évalué chez 112 femmes enceintes au moment de l'accouchement, et chez 114 femmes en âge de procréer dans la ville de N'Djaména. Une anémie (définie en fonction du taux d'hématocrite) a été observée chez 25% des femmes enceintes et 23,7% des femmes en âge de procréer. L'hyposidémie (avec ou sans syndrome inflammatoire) était présente chez 66,9% de femmes enceintes et 30,7% des témoins. 78,6% des femmes enceintes anémiques avaient une carence en fer alors que cette dernière n'existait que chez 44,4% des témoins (Pruhal et *al.*, 1988); une prévalence de l'anémie de l'enfant de moins de un an à Moundou, a montré que sur 144 enfants chez qui l'étude a été faite, 139 étaient anémiques; 19 présentaient une carence en fer affirmée sur la positivité de deux indicateurs de carence martiale (V.G.M. et C.S.T.) (Renaud et Lombart, 1994); une enquête nationale sur la santé des enfants en âge scolaire, réalisée sur 1024 enfants âgés de 6 à 15 ans a montré que 16,5 % de ces enfants étaient anémiques. *Schistosoma mansoni* et *Schistosoma haematobium* sont responsables de 32,7% et 13,2% de cas d'helminthiases observés (Beasley et *al.*, 2002). Le ratio de la mortalité maternelle au Tchad est l'un des plus élevés de la planète. Il est estimé par l'O.M.S, l'UNICEF et le FNUAP en 2000 à 1100 décès pour 100 000 naissances vivantes (O.M.S. citée par United Nations System, Standing Committee on Nutrition, 2004). Par ailleurs, l'OMS, dans son document sur la stratégie

de coopération OMS Tchad (2002-2006) estime la mortalité maternelle dans ce pays, à 827 décès pour 100 000 naissances vivantes. Or, on sait que l'anémie ferriprive constitue l'une des principales causes (20%) de ces décès maternels (Berger et Dillon, 2002). Tous ces problèmes démontrent que certaines stratégies de lutte contre la carence en fer et l'anémie ferriprive (comme la supplémentation, la diversification alimentaire...) sont limitées par le manque d'accès à des structures sanitaires. Le manque de structures industrielles est un frein à la mise en œuvre des stratégies de lutte comme l'enrichissement des aliments.

Les céréales occupent une position prépondérante dans l'alimentation des Tchadiens du Nord au Sud et constituent la principale source de calorie d'origine végétale. Sur un volume de 189 kg de céréales nécessaires pour l'alimentation d'un individu par an, vient en tête le mil avec 90 kg/habitant/an, le sorgho 55 kg/habitant/an, le maïs 11 kg/habitant/an et le riz 10 kg/habitant/an. Ensuite, viennent les légumineuses et les tubercules. Les tubercules en ordre d'importance sont : le manioc (13 kg/habitant/an), la patate douce (3 kg/habitant/an), la pomme de terre, l'igname et le taro (ensemble 1,2 kg/habitant/an). Les légumineuses (5,8 kg/habitant/an) sont constituées des pois de terre (3,2 kg/habitant/an), de niébé ou haricot (2,6 kg/habitant/an). La source protéique animale est assurée par la viande (13,4 kg/habitant/an) et le poisson (5,8 kg/habitant/an). La consommation de légumes (gombo, l'oseille et l'oignon) est de 24 kg/habitant/an. La moitié de cette consommation concerne deux produits à savoir gombo et l'oignon. Les oléagineux sont présents dans l'alimentation et sont constitués du sésame et de l'arachide. Il faut ajouter le lait (91 kg/habitant/an) à cette alimentation dans la zone sahélienne (Madjigoto, 2002).

Il paraît donc logique de trouver parmi ces aliments locaux consommés, ceux qui sont sources de fer ou contenant de nutriments facilitateurs de l'absorption du fer (vitamine A, vitamine C, acide folique) et sont dépourvus (ou contiennent peu) de phytate, afin de les promouvoir. Ces aliments et leurs valeurs en nutriments ci-dessus évoqués sont consignés dans le tableau ci-après.

Tableau 2: Quelques aliments consommés au Tchad, sources de fer, vitamines A, C, folates et pauvres en phytate

Type d'aliments (100 g de portion consommable)	Fer (mg)	Vitamine A (RE)	Folate (µg)	Phytate (mg)	Vitamine C (mg)
Viande de bœuf (a)	1,7	20	6	0	0
Chèvre/mouton (a)	1,2	39	5	0	0
Poisson frais (a)	2,6	0	28	0	0
Œufs ©	2,6	190	44	0	0
Lait (b)	0,1	55	6	0	1
Manioc sec fermenté (b)	1,8	0	36	9	0
Igname (a)	0,8	0	16	50	12
Patate douce (f)	0,5	1467	23	10	25
Tomates (a)	0,5	87	15	6	19
Oignons (a)	0,2	0	15	0	5

Source: Bunch et Murphy (1994) ; Hamza et al. (2000); FAO (1968); Ireland-Ripert et al. (1997); Souci et al., (2000).

Ce tableau a été tiré de la table de composition des aliments consommés au Tchad (voir annexe II). Les valeurs des nutriments sont celles des aliments provenant de l'Égypte, Kenya, Mexique, Sénégal, Inde et Indonésie (The Mini List International, voir annexe I). Les tables FAO, Ireland-Ripert et Souci et al. ont permis de vérifier et/ou compléter les valeurs des nutriments. a = Sénégal b = Égypte c = Kenya f = Indonésie

Il ressort donc de ce qui précède qu'en dehors des produits animaux (sources de fer biodisponible mais peu accessibles aux ménages démunis), quelques aliments locaux d'origine végétale notamment la patate douce, le manioc sec fermenté, l'oignon, la tomate et l'igname sont à promouvoir pour lutter contre l'anémie ferriprive et la carence en fer. Des sources additionnelles de fer sont toutefois nécessaires, compte tenu des

besoins en fer difficiles à couvrir par l'alimentation surtout chez les sujets cibles de l'anémie ferriprive comme les enfants et les femmes enceintes. Adish (1997) a montré que des casseroles en fer pouvaient contribuer significativement aux apports en fer mais toutefois cela est difficile à promouvoir car le marché est largement pris par les casseroles en aluminium. Les marmites en aluminium ont remplacé celles en fer ou en argile depuis de longues années et ce, dans la presque totalité des ménages. Aussi, les casseroles en fer sont plus lourdes et leur utilisation nécessite plus de bois de chauffe.

1- Objectifs

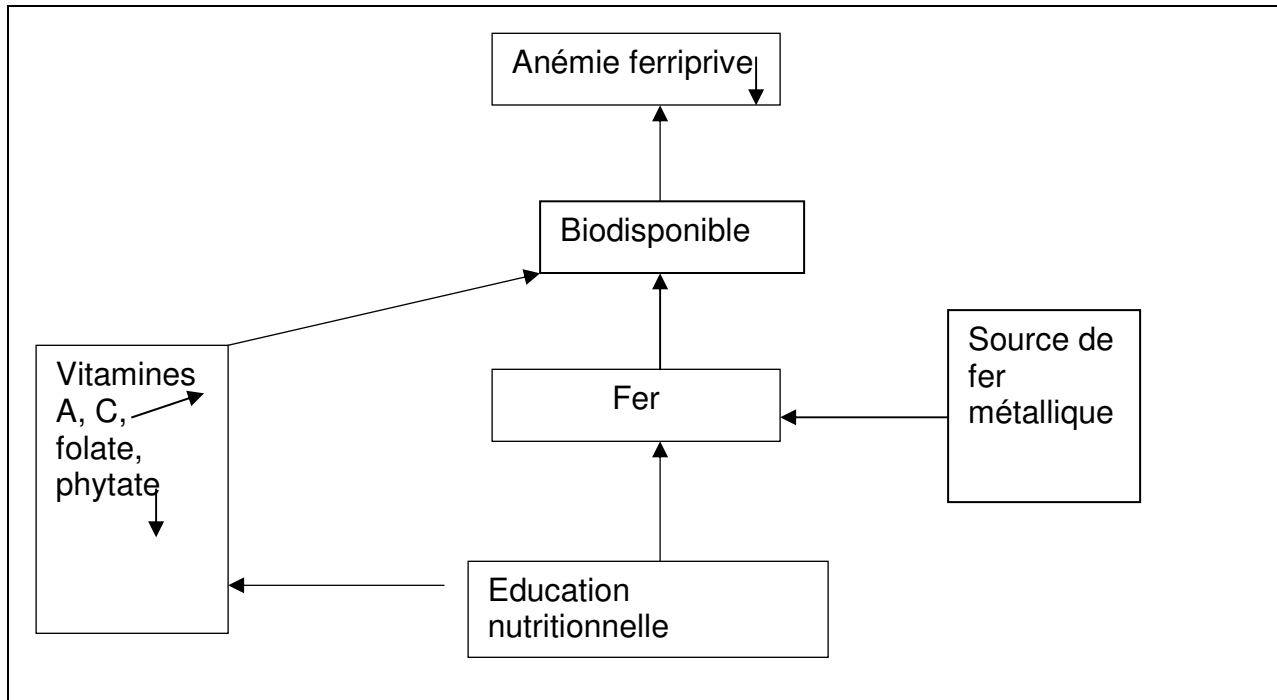
L'objectif principal de notre travail est de tester si une source additionnelle de fer métallique pourrait être facilement promue à tout endroit et à moindre coût en étant ajoutée durant la préparation des aliments afin de lutter contre l'anémie ferriprive au Tchad, et ce particulièrement chez les femmes enceintes, le groupe à plus haut risque. Pour cela nous :

1. analyserons le contenu d'aliments types préparés avec ou sans source ajoutée de fer métabolique;
2. évaluerons la contribution que pourrait constituer cette source de fer, ainsi que d'autres recommandations de choix alimentaires, dans l'amélioration des apports en fer;
3. discuterons des avantages et limites possibles de telles options.

2- Cadre conceptuel

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la prévention et de la promotion de la santé. La question principale est l'apport en fer adéquat dans l'alimentation d'un groupe vulnérable à l'anémie ferriprive. La revue de la littérature nous montre dans sa troisième partie qu'une stratégie d'éducation nutritionnelle bien conduite peut être un puissant moyen de lutte contre l'anémie ferriprive. Celle-ci doit s'appuyer sur la diffusion des messages clairs, concis et précis sur les pratiques souhaitées. D'autre part, le statut en fer de l'organisme est tributaire de l'apport en quantité suffisante du

fer, des vitamines A, C, B₁₂, B₆, de l'acide folique et de la riboflavine dans la diète. Le phytate quant à lui, est un inhibiteur de l'absorption du fer. On s'attend donc à ce qu'une diète riche en fer, en vitamines A et C, en acide folique mais pauvre en phytate, permette de lutter contre l'anémie ferriprive chez la femme enceinte. La promotion d'une source de fer métallique d'accès facile et celle des aliments riches en vitamines A et C, en folates et pauvres en phytate, contribuera logiquement à réduire l'anémie ferriprive chez la femme enceinte. En somme, la promotion de ces aliments et de la source de fer métallique, permettra aux femmes enceintes de prévenir l'anémie ferriprive.



3- Hypothèse d'étude

L'hypothèse de notre étude est :

Serait-il possible d'utiliser une petite masse de fer réutilisable qui libérerait son fer durant la préparation des aliments?

CHAPITRE III : MATÉRIEL ET MÉTHODES

Notre méthodologie de la recherche repose sur l'étude expérimentale en vue de tester l'apport en fer dans un plat populaire du Tchad à partir d'une source métallique de fer (masse d'alliage de fer ou masse de fer pur).

I. Matériel

1. Matériel biologique

700 g de gombo frais (gousses d'*Hibiscus esculenta*), 175 g d'oignon, 1,4 kg de viande de bœuf (palettes de bœuf désossées), 21 cuillérées d'huile de tournesol pure, quelques pincées de sel de table, quelques pincées de bicarbonate de sodium, 4 grosses tomates mûres.

2. Matériel technique

- Appareillage et instruments

un spectromètre d'absorption (spectromètre Perkin Elmer : modèle 3110), un four (modèle HGA 600), une étuve, une plaque chauffante, des creusets en silice ou béchers en quartz (45-80 ml), un verre de montre de diamètre approprié, un verre à boire, une cuisinière électrique, deux spatules en bois, une montre, une balance de cuisine, trois couteaux de cuisine, le liquide pour la vaisselle, trois masses d'alliage (3 cuillères en inox) de 25 g chacune, trois masses de fer pur (clous de marché) de 25 g chacune, 3 casseroles en inox.

g : gramme min : minute ml : millilitre

- *Réactifs*

Eau désionisée (résistivité de 1 mégohm ou plus), désignée par H₂O, acide nitrique concentré à 70% (HNO₃), acide chlorhydrique à 37% (HCl), HCl dilué (HCl à 9,25% environ) de qualité réactif en diluant 25 mL de HCl concentré (à 37%) à 100 mL avec du H₂O, foie de bœuf réduit en poudre : étalon NIST 1577b.

II. Méthodes

1. Préparation des plats

La viande de bœuf, le gombo, les oignons et autres ingrédients ont été achetés à Montréal. La préparation des aliments a été faite dans les conditions domestiques, suivant une recette tchadienne et la température de cuisson n'était pas contrôlée. Les masses d'alliage de fer et de fer pur utilisées étaient neuves. Sept plats au total dont trois à masse d'alliage de fer, trois à masse de fer pur et un témoin ont été préparés. Les plats préparés avec la masse d'alliage de fer seront comparés avec ceux préparés avec masse de fer pur. Le poids des masses d'alliage de fer et de fer utilisées dans la préparation de chaque plat est de 25 g (le poids d'une cuillère en inox).

1.1. Plats avec une masse d'alliage de fer

Faire dorer 25 g d'oignon tranché en petits morceaux dans 3 cuillérées d'huile bouillante. Y ajouter 200 g de viande de bœuf (coupée en morceaux et lavée à l'eau de robinet) et ½ tomate mûre. Laisser cuire 10 min, puis y jeter une masse d'alliage de fer et ajouter un grand verre d'eau. Attendre 5 min puis ajouter simultanément, 100 g de gombo tranché, une pincée de bicarbonate de sodium et 2 à 3 pincées de sel de cuisine. Laisser cuire le tout pendant 40 min, en remuant de temps en temps avec le tout à l'aide d'une spatule en bois. On procède de la même façon pour l'obtention de 2 autres plats.

1.2. Plats avec masse de fer pur

Les casseroles ont été lavées à l'aide du liquide pour la vaisselle puis rincées à l'eau de robinet. La même opération est reprise sauf qu'à la place de la masse d'alliage, on met une masse de fer pur de 25 g dans la casserole. Ici 3 plats sont également préparés.

1.3. Plat témoin

Il a été préparé de la même façon que précédemment mais en l'absence de masse d'alliage de fer et de fer pur.

Sept échantillons d'aliments au total sont placés dans de petites boîtes en plastiques étiquetées. Les inscriptions sur les étiquettes sont codées de manière à contenir de l'information sur le type d'échantillon et la date de préparation : par exemple, CU01A pour désigner la boîte contenant l'échantillon à masse d'alliage de fer 1, PT01B pour désigner celle contenant l'échantillon à masse de fer pur 1 et TM pour désigner celle contenant le témoin. Les échantillons sont ensuite conservés au réfrigérateur jusqu'au moment du dosage.

2. Dosage du fer

La méthode utilisée est celle de l'AOAC (Association Of Analytical Chemistry); le dosage est effectué en double par spectrophotométrie d'absorption atomique et par spectrométrie à plasma couplé induit (ICP). Elle a été évaluée en analysant des échantillons témoins (foie de bœuf réduit en poudre : étalon NIST 1577b).

2.1. Principe

- La technique de l'absorption atomique est basée sur l'absorption d'énergie par les électrons des atomes se mouvant à l'état fondamental. Les électrons d'un atome ne peuvent absorber que des radiations de fréquences connues qu'ils sont en même temps capables d'émettre. Ainsi, la faculté d'absorption de l'énergie rapportée par des photons de fréquences caractéristiques de l'élément à doser, à partir d'une source d'émission, constitue le principe de base de la spectrophotométrie d'absorption atomique. La diminution de cette énergie émise permettra de mesurer la quantité d'éléments rencontrée par le faisceau de photons.

- La spectrométrie à plasma induit utilise quant à elle un type de décharges électriques appelées plasma comme source d'atomisation ou de stimulation. Le plasma inductif peut être généré en dirigeant l'énergie d'un générateur haute fréquence vers un gaz approprié, habituellement l'Argon. Le couplage est atteint par la génération d'un champ magnétique. Les électrons générés dans le champ magnétique entrent en collision avec les atomes d'Argon et engendrent une augmentation sensible de la température. Un plasma est généré sur le haut de la torche qui contient tous les atomes à analyser stimulés par la chaleur du plasma.

2.2. Préparation des échantillons pour le dosage

- *Préparation des échantillons*

Les échantillons (2 g de sauce gombo témoin, 2 g de sauce de gombo avec masse d'alliage de fer et 2 g de sauce de gombo avec fer pur) sont séchés à poids constant à 70-80°C et à humidité déterminée. Ils sont ensuite dissous dans 2 ml d'acide nitrique à 65°C pendant 12 heures. Puis, la dissolution continue après ajout dans le milieu de 2 ml de HNO₃ et de quelques gouttes de HCl, à 100°C pendant encore 12 heures. Le fer total est ensuite déterminé par spectrophotométrie à absorption atomique puis par spectrométrie ICP.

- *Préparation des solutions standard*

Toutes les solutions standard sont préparées à partir des solutions mères à 1000 mg/L de concentration (H8N2R5, Produits Chimiques Seigneurie, Québec, Canada). La solution de 10 mg/L est obtenue par dilution de 1 ml de la solution mère dans 100 ml d'eau déminéralisée. La gamme d'étalons est établie à partir de la solution de 10 mg/L par dilution avec de l'eau déminéralisée.

mg/L : milligramme par litre

CHAPITRE IV : RÉSULTATS

La teneur en fer (exprimée en milligrammes de fer par 100 grammes de portion consommable) des différents échantillons de sauce est indiquée dans le tableau III. On remarque une différence notable, entre la quantité en fer total des échantillons à masse d'alliage de fer 1, 2 et 3 (respectivement 1,228 mg/100 g, 1,243 mg/100 g et 0,937 mg/100 g) et celle de l'échantillon témoin (0,930 mg/100 g). Cette quantité de fer total est encore plus élevée dans les échantillons à masse de fer pur 1, 2 et 3 (respectivement 2,640 mg/100 g, 3,001 mg/100 g et 2,720 mg/100 g). Elle y représente pratiquement le triple de celle contenue dans l'échantillon témoin (0,930 mg/100 g). Ces résultats consignés dans le tableau III sont illustrés par la figure 2, montrant une augmentation de la teneur en fer total dans les échantillons d'aliment contenant une source de fer métallique lors de la préparation, comparativement à celle de l'échantillon témoin.

Tableau 3: Teneur en fer (poids humide) des différents échantillons de sauce en mg/100g

Échantillons (n total = 7)	Teneur en fer (poids humide) en mg/100 g
Échantillon à masse d'alliage 1	1,228
Échantillon à masse d'alliage 2	1,243
Échantillon à masse d'alliage 3	0,937
Échantillon à masse de fer pur1	2,640
Échantillon à masse de fer pur 2	3,001
Échantillon à masse de fer pur 3	2,720
Échantillon témoin	0,930

Le taux de récupération par rapport à la valeur certifiée (foie de bœuf NIST 1577 b) est de 103,9%

Fer en mg/100 g

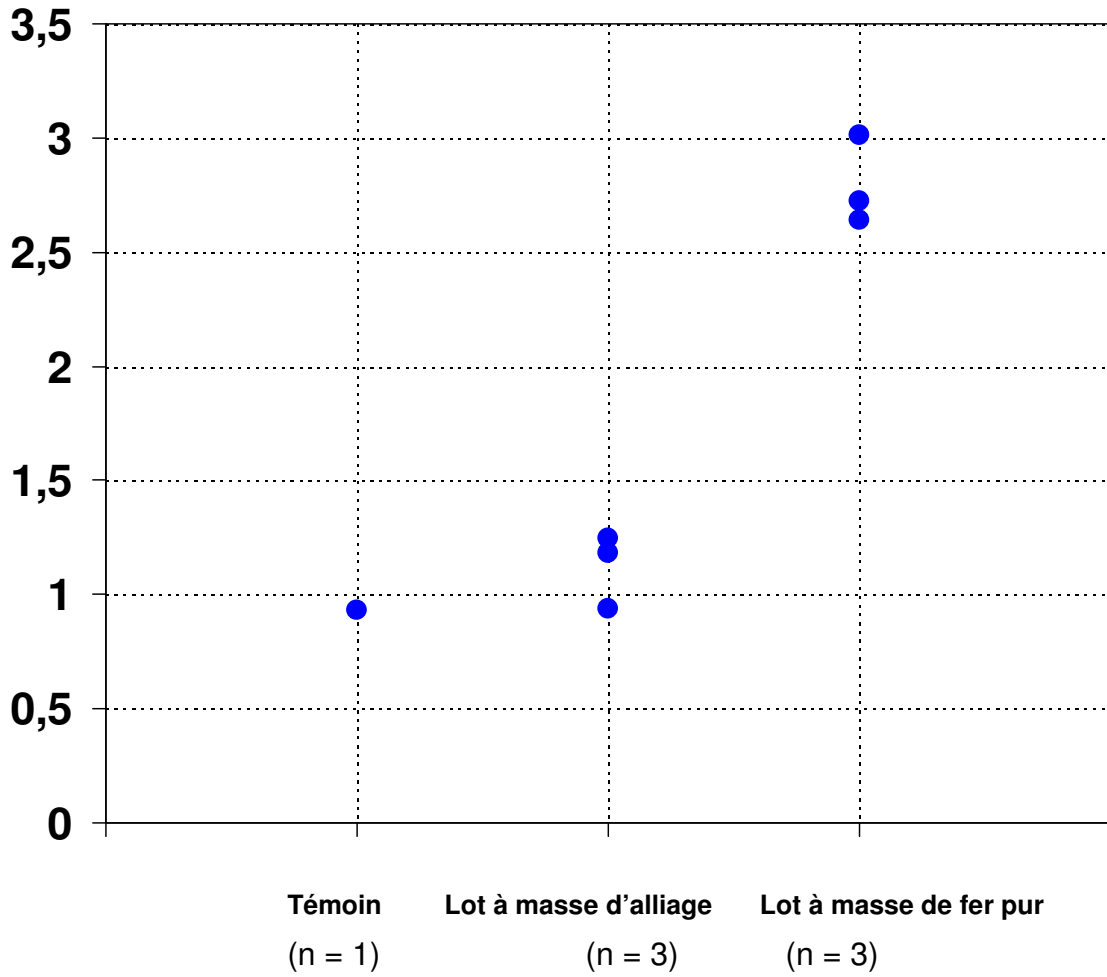


Figure 2: Quantité de fer (mg/100g) total en poids humide des différents types d'échantillon de sauce

CHAPITRE V : DISCUSSION

Les résultats de ce travail montrent que la teneur en fer des plats est susceptible d'augmenter, lorsqu'ils sont préparés en présence d'une source métallique de fer. En effet, une masse d'alliage de fer placée dans la marmite pendant une heure, au moment de la préparation d'un aliment (sauce de gombo), apporte du fer en quantité appréciable dans cet aliment. Cet apport est beaucoup plus important lorsque la masse d'alliage de fer est remplacée par une masse de fer pur, de poids comparable à celui de la masse d'alliage de fer. Il y a donc eu un relargage d'une importante quantité de fer dans les plats de gombo préparés en présence de ces sources de fer métallique (une cuillère en acier 25 g ou 25 g de clous). La quantité de fer relarguée dans les aliments semble être fonction de la composition chimique du métal considéré. Ce relargage de fer est dû à la corrosion des métaux en milieu humide; car, tout métal plongé dans une solution d'électrolytes tend à mettre en solution ses ions, qui sont électropositifs et à rester lui-même chargé négativement (Dégremont, 1989). Aussi, des attaques purement chimiques des constituants de la solution peuvent s'ajouter à ces actions électrochimiques (Bensimon, 1976). Il s'explique (dans le cas de la masse d'alliage de fer) par le fait que, l'acier inoxydable étant par convention, un alliage fer-chrome dont la teneur en chrome est supérieure à 11%, il peut dans certains cas être attaqué de manière uniforme sur toute sa surface. La couche protectrice existant à la surface du métal peut finir par disparaître; cela conduira à son attaque généralisée (passivité instable) (Dégremont, 1989). Le fer convenablement allié au chrome devient donc passif dans un grand nombre de milieux. En outre, toute rupture accidentelle de la couche de chrome conduit à des phénomènes de corrosion. Enfin, le chauffage provoque un accroissement simultané de la corrosivité de l'eau vis-à-vis de l'acier. Cette altération est accrue au dessus de 60°C (Dégremont, 1989). La cuisson de nos échantillons a été faite à une température supérieure à 100°C pendant une heure. Dans le plat préparé en présence de la masse de fer pur pendant une heure, le fer a été relarguée de manière substantielle. La quantité de fer y représente le triple de celle contenue dans le plat témoin. Ceci s'explique par le fait que la masse de fer pur, dépourvue

d'une couche de protection est exposée à une corrosion plus importante. Aussi, l'eau attaque toujours le fer car les deux corps ne présentent aucun domaine commun de stabilité.

Chez la femme enceinte, le besoin en fer à couvrir par l'alimentation est respectivement d'environ 8; 40 et 60 mg de fer par jour si l'on estime à 10% le taux d'absorption du fer lors du premier, deuxième et troisième trimestre de grossesse (Beaton, 2000; Beard, 2000). En effet, l'alimentation seule, ne pourra pas couvrir ce besoin même si elle fournit du fer hautement biodisponible (Beaton, 2000). La quantité moyenne de sauce de gombo consommée par personne est de 100 g par repas (Djindil, 2001). Deux repas sont pris en moyenne par jour, la consommation journalière de cette sauce est évaluée donc à 200 g par personne. Une telle quantité de sauce préparée en présence d'une masse d'alliage de fer de 25 g fournira au consommateur, en moyenne 2,27 mg de fer par jour soit respectivement 28,37%; 5,67% et 3,78% des besoins quotidiens en fer au premier, deuxième et troisième trimestre de grossesse. Elle fournira en moyenne 5,57 mg de fer par jour soit respectivement 69,62%; 13,92% et 9,28% des besoins quotidiens en fer au premier, deuxième et troisième trimestre de grossesse, lorsqu'elle est préparée en présence d'une masse de fer pur de 25 g. Ces apports en fer ajouté compléteront évidemment ceux d'autres aliments consommés. Ces résultats sont proches de ceux obtenus par Adish et *al.* en 1997 : des aliments préparés dans des marmites en fer sont enrichis en fer comparativement au même types d'aliments préparés dans des marmites en aluminium ou en argile. Le niveau d'enrichissement en fer total est plus élevé lorsque l'aliment préparé est à base de viande (5,17 mg/100 g) qu'il l'est à base de légumineuse (3,72 mg/100 g) ou de légume (2,32 mg/100 g).

La sauce préparée en présence de la masse de fer pur présente une couleur noire. Cette couleur noire pourrait limiter l'utilisation de cette source de fer dans la préparation des repas. D'autres tests en vue de déterminer la quantité et la composition idéales du fer métallique sont nécessaires. La préparation des aliments a été faite dans les conditions de cuisine à domicile. La température et l'humidité

n'avaient pas été contrôlées lors de cette étude et en constituent une limite. Une autre limite concerne la taille de nos échantillons (n total = 7); cela ne nous a pas permis d'effectuer des tests statistiques de comparaison afin de déterminer si les différences des valeurs étaient significatives. Un relargage du chrome dans la sauce préparée en présence de la masse d'alliage de fer est possible. Cependant, dans cette étude préliminaire nous n'avons pas testé la quantité de chrome éventuellement relargué. Le chrome des aciers inoxydables est du chrome « métal » et donc a pour valence 0. Ils constituent avec le chrome III les formes non toxiques contrairement au chrome VI, qui lui est cancérigène lorsqu'il est inhalé. Chez la femme enceinte, l'apport de référence en chrome est de $30\mu\text{g}$ par jour. Le seuil supérieur d'apport en chrome n'est pas connu². Enfin, notre étude n'a pas intégré la biodisponibilité de cette source métallique de fer. Toutefois, d'autres études ont montré la biodisponibilité de ce fer : elle est plus élevée dans les plats à base de viande (5,13%) et légumes préparés (8,24%) dans des marmites en fer que dans ceux à base de viande (2,43%) et légumes (3,25%) préparés dans des marmites en aluminium (Adish et al., 1997). Cela semble intéressant quand on sait que le fer non hémérique est considéré comme peu absorbable par les animaux, le plus souvent son absorption ne dépasse pas 10% chez l'homme. La meilleure biodisponibilité du fer obtenue dans les plats contenant de la viande ou de légumes confirme l'effet facilitateur de ces derniers sur l'absorption du fer non hémérique.

L'effet bénéfique de l'apport en fer de source métallique, a été mesuré par un dosage de l'hémoglobine et/ou de la ferritine sérique chez des personnes ayant consommé des aliments préparés dans des pots en fer : une étude randomisée a été effectuée par Berti et al. (2004), à ce sujet dans 3 communes au Vietnam; des pots en fer et en acier ont été distribués aux ménages comptant au moins un individu anémié avec comme instruction l'utilisation du pot au moins une fois par jour. Un prélèvement sanguin a été fait six mois après les premières distributions. La mesure de l'hémoglobine, de la ferritine et de la protéine réactive-C a été réalisée. L'étude a montré l'efficacité de l'utilisation des deux types de pot pour la cuisson des aliments

² Confère le site canadien de National Academies Press : www.nap.edu

à accroître l'hémoglobine et à réduire l'anémie ferriprive. Dans l'étude réalisé par Adish et *al.* (1997) chez les enfants de 0 à 5 ans de la région de Tigré en Éthiopie, la différence moyenne de taux d'hémoglobine au début et à la fin de l'expérimentation, chez ceux ayant consommé des aliments préparés dans les pots en fer (lors de l'expérimentation), est significative. Cette différence n'est pas significative chez les enfants ayant consommé des aliments préparés dans les pots en aluminium. Elle est très significative pour la ferritine sérique, dans le premier groupe, par contre elle ne l'est pas chez le second groupe.

Le fer de source métallique ajouté à l'aliment dans notre étude pourrait donc aider à augmenter le taux de l'hémoglobine et de la ferritine chez les femmes enceintes. Du coup, il permettra de réduire l'anémie ferriprive chez ce groupe vulnérable.

La carence en fer étant aussi due à la faible disponibilité de fer et à d'autres facteurs reliés indirectement à l'alimentation, nous avons également étudié les aliments localement consommés, source de fer et de facteurs facilitateurs (tels que les protéines animales, la vitamines A et C, les folates) ou inhibiteur de l'absorption de fer non héminique tel que le phytate. Il en ressort que les produits animaux consommés au Tchad, sont de bonnes sources de fer à l'exception du lait qui n'en contient que 0,1 g/100 g de portion consommable. Ils sont tous des sources de folates, et de vitamine A. En effet, l'absorption du fer non héminique est multipliée par 2 ou 3 quand on ajoute au repas des protéines d'origine animale (poisson ou viande). Cet effet facilitateur de la viande et du poisson est probablement le même que celui de la globine et de ses produits de dégradation sur l'absorption du fer de l'hémoglobine (Djindil, 2001). Les acides aminés des protéines peuvent former des chélates tridentales avec le fer et pourraient favoriser l'absorption en empêchant sa polymérisation et sa précipitation dans la lumière de l'estomac (Djindil, 2001). La vitamine A et l'acide folique permettent l'érythropoïèse normale. La vitamine C protège les globules rouges d'une destruction prématurée, grâce à ses propriétés antioxydantes. Parmi les produits végétaux consommés au Tchad, la patate douce semble être le meilleur facilitateur de l'absorption du fer non héminique car très riche

en vitamines A (1467RE/100 g), C (25 mg/100 g) et en folates (36 µg/100 g). Elle contient en outre très peu de phytate (10 mg/100 g). Elle est suivie du manioc sec fermenté qui est une bonne source de fer (1,8 mg/100 g) et de folates (36 mg/100 g) et très peu de phytate (9 mg/100 g). Ces aliments pourraient compléter un repas à base de sauce enrichie en fer métallique pour l'obtention d'une meilleure absorption de ce fer. L'igname pourra jouer le même rôle à condition de lui faire subir un traitement préalable au feu doux en vue de réduire sa composition en phytate, avant la cuisson. Les légumes (oignons) sont des sources de fer, folates et vitamine C. Leur présence dans ce repas est aussi bénéfique pour une meilleure absorption de fer métallique.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats de cette étude montrent qu'une source de fer métallique ajoutée à la sauce de gombo au moment de la préparation enrichit cette sauce en fer. Ainsi, une masse d'alliage de fer ou une masse de fer pur de poids égal à 25 g, placée dans une marmite au moment de la préparation de la sauce augmentent la teneur en fer total de celle-ci, comparativement à la teneur en fer total de la sauce témoin. La quantité de fer métallique relarguée dans la sauce est fonction de la nature chimique du métal placé dans la marmite durant la préparation. Ces résultats pourraient être plus intéressants, si la taille des échantillons dosés est plus grande et si une étude de la biodisponibilité du fer métallique ajouté est effectuée.

En outre, cette étude montre que certains aliments disponibles au Tchad, sont à la fois sources de fer, de vitamines C, de folates et de vitamine A. Nombre de ces aliments contiennent peu de phytates. Une consommation de ces aliments pourrait permettre de réduire l'anémie ferriprive dans la mesure où on sait que : Chez les enfants et les femmes enceintes, il y a une corrélation positive entre la concentration sérique de rétinol et le niveau d'hémoglobine; un statut adéquat en vitamine A, contribue à la formation des tissus, y compris la moelle des os, laquelle pourrait accroître l'érythropoïèse; le déficit en folates provoque un prolongement de la phase de synthèse lors de la division cellulaire et rend de ce fait, l'érythropoïèse inefficace; la vitamine C facilite l'absorption du fer et sa mobilisation à partir du stock et diminue l'effet inhibiteur des phytates et des tanins sur l'absorption du fer. Un repas à base de sauce de gombo enrichie en fer de source métallique, associé aux aliments sources de fer, de vitamine A, C, de folates et pauvres en phytates tels la patate douce, augmentera de manière appréciable le fer total chez les femmes enceintes du Tchad.

La stratégie fer pur présente un inconvénient dû à un changement de couleur de la sauce de gombo qu'il induit. On pourra contourner cet obstacle par des tests

supplémentaires en vue de déterminer une quantité et une composition idéales du fer métallique à ajouter.

Une fabrication artisanale subventionnée par l'État et les ONG partenaires de boules de fer et de louches en fer de 25 ou 50 g sera nécessaire. Ces boules et louches en fer doivent être distribuées à l'achat de toute casserole en aluminium sur l'étendue du pays. La promotion de ces sources métalliques de fer et des aliments ciblés serait basée sur l'approche éducationnelle contemporaine de la communication sociale. Elle devra motiver, éduquer, enseigner le savoir-faire, favoriser et renforcer des actions appropriées. Cela impliquera la modification des attitudes, des croyances et du savoir des concepteurs des politiques tant publics que privés; l'initiation du changement d'attitude du personnel soignant et la stimulation la demande au niveau de la population.

BIBLIOGRAPHIE

Adish A.A. Risk factors and an assessment of control strategies for iron deficiency anemia in children in northern Ethiopia, (Thèse présentée le 27 juin 1997 à l'Université McGill de Montréal), Canada.

Adish et al. Effect of consumption of food cooked in iron pots on status and growth of young children: a randomised trial. *Lancet*, 1999; 353 (9154): 712-6

Allen L. et Gillespie S. What Works? A Review of the Efficacy and Effectiveness of Nutrition Interventions (United Nations Administrative Committee on Coordination Sub-Committee on Nutrition; Asian Development Bank), 2001.

Andrien M. et Beghin, I. Nutrition et Communication : De l'éducation nutritionnelle conventionnelle à la communication sociale, Paris : L'Harmattan, 1993.

Andrien M. Guide méthodologique des interventions dans la communication sociale en nutrition sociale, Rome : F.A.O., 1993.

Annuaire de l'Université de Montréal, 2003-2004.

AOAC. Analyses Bromatologiques 1995 (eds) 216.

Barthélemy L. Alimentation et petit budget. 30-7 (collection « la santé en action»), Vanves : Éditions CFES, 1993.

Beard J.L. Effectiveness and strategies of iron supplementation during pregnancy. *Am J Clin Nutr* 2000; 71 : 1288S-94S.

Beard J.L., Dawson H. et Pinero D.J. Iron Metabolism: A Comprehensive Review; *Nutrition Reviews*, 1996; 54(10): 295-317.

Beasley M. *et al.* First nationwide survey of the health of children in Chad; *Tropical Medicine and International Health* 2002; 7: 625-650.

Beaton H. G. Iron needs during pregnancy: do we need to rethink our targets? *Am J Clin Nutr* 2000; 72 : 265S-71S.

Bensimon. Protection contre la corrosion, Paris : ACCT, 1976.

Berger J., et Dillon J-C. Stratégies de contrôle de la carence en fer dans les pays en développement. *Cahiers Santé* 2002; 12: 22-30.

Berti PR., *et al.* The efficacy of iron pots and steel pots in reducing prevalence of anaemia in Vietnam; "Iron Deficiency in Early Life: Challenge and Progress" focus of 2004, INACG Symposium-18 Nov. 2004- Lima, Peru.

Bunch S. et Murphy S.P. User's Guide to Operation of the World food Dietary Assessment Program (a component of the world food system), Berkley: Regents of the University of California, 1994.

Carol J. et Crowley M.F. Nutrition: Principles and application in health promotion. 2nd Edition Library Congress, 1984. 42-57.

Chappuis P. Les oligoéléments en médecine et biologie, Paris : Lavoisier-Tec & Doc, Éditions Médicales Internationales, 1991.

Chappuis P., Favier A. Les oligoéléments en nutrition et en thérapeutique, Paris : Lavoisier-Tec & Doc, Éditions Médicales Internationales, 1995.

Chauliac M., Masse-Rambault A. M., D'Agostino M. L'éducation à la nutrition. In: *L'Enfant en Milieu Tropical*, 1991; 192: 5-9.

Christian P., Fishman S.M. et West Jr. P.K. The role of vitamins in prevention and control of anaemia; *Public Health Nutrition*, 2000; 3(2): 125-150.

Conrad M.E. Intraluminal factors affecting iron absorption; *Isr. J. Med. Sci.* 1968; 4(4): 917-31.

Cosgwell M E., Kettel-Khan L. et Ramakrishnan U. Iron Supplement Use Among Women in United States: Science, Policy and Practice; *The American Society for Nutritional Sciences J. Nutr.* 2003; 133: 1974S-1977S.

Dégremont. *Mémento Technique de L'eau* 9^e édition, Paris: Dégremont, Tome I, 1989.

Delisle H. *et al.* *Food, Nutrition and Agriculture*, 2003; 32.

DeMayaer E. et Adiels-Tegman M. : La prévalence de l'anémie dans le monde; rapport trimestriel de statistiques sanitaires mondiales, 1985; 38 : 302-316.

DeMayaer E. *Prévenir et combattre l'anémie ferriprive.* OMS, 1991.

Dewey et al. A randomized intervention study of effects of discontinuing coffee intake on growth and morbidity of iron-deficient Guatemalan toddlers; *J. Nutr.*, 1997; 127: 306-313.

Dillon J.C. Prévention de la carence en fer et des anémies ferriprives en milieu tropical; *Médecine Tropicale*, 2000; 60 : 83-91.

Disler PB. *et al.* Studies on the fortification of cane sugar with iron and ascorbic acid; *Br. J. Nutr.* 1975; 34: 141-8.

Djindil N. S. Étude de la biodisponibilité du fer et de la digestibilité des protéines des repas enrichis avec de la Spiruline de souche Tchadienne (Mémoire de D.E.A. soutenu le 02 Novembre 2001 à l'Université Cheikh Anta Diop), Dakar, Sénégal.

Dupin H. *et al.* *Alimentation et Nutrition humaine*, Paris : les éditions ESF éditeur, 1992.

F.A.O. Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique. Documents techniques sur la nutrition (3), Rome: F.A.O., 1968.

F.A.O/W.H.O. Requirement of vitamin A, iron, folate and vitamin B12; food Nutr. Ser., Rome: F.A.O., 2000.

Favin M. et Griffiths M. Communication for Behavior Change in Nutrition Projects; A Guide for World Bank Task Managers, Washington D.C., 1999.

Galloway R *et al.* Women's perceptions of iron deficiency and anemia prevention and control in eight developing countries; Soc. Sci. Med. 2002; 55 (4): 529-44.

Gibson R.S. *et al.* Dietary strategies to combat deficiencies of iron, zinc, and vitamin A in developing countries: Development, implementation, monitoring, and evaluation. Food and Nutrition Bulletin, 2000; 21 (2): 219-231.

Gillepsie S.R. et Mason J. Controlling iron deficiency; ACC/SCN. 1991.

Glanz K., Rimer K. B. et Lewis M.F. Health behavior and health education: third edition, 9:437-460, 2001.

Green, R. Body iron excretion in man. A collaborative Study, Am. J. Med., 1968; 45:336-353.

Hallberg L. Advantage and disadvantage of an iron-rich diet. Eur J. Clin Nutr 2002 ; 56 (1) S12-8.

Hallberg L. et Hulthen L. Prediction of dietary iron absorption: an algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron. Am. J. Clin. Nutr., 2000; 71(5) : 1147-60.

Hallberg L. et Rossander L. Improvement of iron nutrition in developing countries : comparison of adding meat, soy protein, ascorbic acid, citric acid, and ferrous sulphate on iron absorption from a simple Latin American-type of meal. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1984; 39 : 577-583.

Hallberg L. Inhibition of haem-iron absorption in man by calcium. *Br. J. Nutr.*, 1993; 69:533-540.

Hamza B.O. *et al.* Rapport descriptif de l'Enquête Nationale sur l'État Nutritionnel et l'Alimentation au Tchad, N'Djamena, 2002.

Harvey P.W., Dexter P.B., Darnton-Hill I. The impact of consuming iron from non-food sources on iron status in developing countries. *Public Health Nutr.*, 2000; 3 (4): 375-83.

Hercberg S. La carence en fer en nutrition humaine, Paris : Éditions Médicales Internationales, 1988.

Hercberg S. Les anémies par carence en fer et en folates. *L'enfant en milieu tropical*, 1990 : 186.

Huch R. L'anémie pendant la grossesse. *Médecine et Hygiène* 1999; 57: 1502-1505.

Hurrell, R. F. Soy protein, phytate, and iron absorption in Humans. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1992; 56: 573-578.

Hurrell R. F. Forging Effective Strategies to Combat Iron Deficiency. *American Society of Nutritional Sciences* 2002; 132: 806S-812S.

Hurrell R. F. Preventing Iron Deficiency Through Food Fortification; *Nutrition Reviews*, 1997; 55 (6): 210-222.

Hyde J. Reducing the prevalence of anemia: Planning and implementing a strategic communication approach: Report from INACG Workshop, Cape Town, 2003.

Hyde J., Agble R. et Nestel P. The role of communication in comprehensive anemia control: a framework for planning. International Life Science Institute; rapport d'activité, Washington, USA, 2003.

International Nutritional Anemia Consultative Group (INACG): Guidelines for the eradication of iron deficiency, 1977.

Ireland-Ripert J., Feinberg M. et Favier J-C. Répertoire général des aliments : table de composition, tome 5, Paris : Édition INRA, 1997.

Latham C. La Nutrition dans les Pays en Voie de Développement, Rome : F.A.O., 2001.

Layrisse, M. Food iron absorption: A comparison of vegetable and animal foods. *Blood*, 1969; 33:430-443.

Madjigoto R. La consommation alimentaire et les indicateurs de pauvreté au Tchad ; MEGA-TCHAD 2002.

Makrides M. *et al.* Efficacy and tolerability of low dose iron supplements during pregnancy. a randomized controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2003; 78 (1): 145-53.

Mandishonan E.M. *et al.* A traditional beverage prevents iron deficiency in African women of child bearing age; *European journal of clinical Nutrition* 1999; 53; 722-725.

Ministère Santé Mali, OMS, UNICEF, ICCIDD. Atelier OMS inter pays sur la carence en micronutriments pour les coordonnateurs nationaux de programme 27-29 Mai 1997; Bamako.

Ministère Santé Publique. Plan National d'Action pour la Nutrition, 1997 Tchad.

Mora J.O. Iron supplementation: Overcoming Technical and Practical Barriers; American Society for Nutritional Sciences, 2002: 835S-855S.

Nestel P. et Davidsson L. Anémie, Carence en fer et Anémie Ferriprive. INACG; 2003.

O.M.S. (Bureau Régional de l'Afrique à Brazzaville). Stratégie OMS de Coopération avec le Tchad; 2000.

Population Center of Communication Program, The Johns Hopkins School of public Health. Vol. XIII, 3; 1997.

Prinsen Geerlings P.D., Brabin B.J. et Omari A.A.A. Food prepared in iron cooking pots as an intervention for reducing iron deficiency anaemia in developing countries: a systemic review; The British Dietetic Association Ltd J Hum Nutr Dietet, 2003; 16: 275-281.

Pruhal A. *et al.* Evaluation of iron status in Chadian pregnant women: consequence of maternal iron deficiency on haematopoietic status of newborns; Tropical Geographic Medicine, 1988; 40(1): 1-6.

Renaud, P. et Lombart, J.P. L'anémie de l'enfant de moins de un an à Moundou, Tchad; Médecine Tropicale, 1994; 54 : 337-342.

Santé Canada, 2000.

Siegenberg D. Ascorbic acid prevents dose-dependent inhibitory effects of polyphenols and phytates on nonhaem-iron absorption. Am. J. Clin. Nutr., 1991; 43 :547-558.

Souci S.W., Fachmann W. et Kraut H. La composition des aliments : Tableaux des valeurs nutritives, 6^e édition, revue et complétée. Scientific Publishers Stuttgart, CRC Press, Boca Raton London New York, Washington, D.C.: 2000.

The World Bank Group (Région Afrique). Tchad : Projet santé et maternité sans risque : renforcement du système de santé : Findings; 150; 2000.

Toury J., Giorgi R., et Savina J.F. Aliments de l'Ouest Africain : table de composition, Rome : FAO, 1965.

United nations system (Standing Committee on Nutrition). 5th Report on World Nutrition Situation. Nutrition for Improved Development Outcomes, 2004.

Vander A. J. *et al.* Physiologie Humaine 3^e édition, Chenelière/McGraw-Hill, 1995.

www.micronutrient.org/VMD/chad.asp.

www.nap.edu/openbook/0309072794/html.

Wyss K. *et al* Anémie au cours de la grossesse à N'Djamena : Étude de la prévalence et des facteurs de risques. Revue Scientifique du Tchad, 1993 ; 3 (1) : 59-71.

Yomadji-Outengar O. S'informer pour mieux s'alimenter, N'Djaména : Éditions CEFOD, 2002.

Zlotkin S. The role of nutrition in the prevention of iron deficiency anemia in infants, children and adolescents. Canadian Medical Association Journal, 2003; 168 (1).

ANNEXE I : RAPPORT DE STAGE

I. Cadre du stage

L'Université de Montréal créée en 1878 forme aujourd'hui avec ses deux écoles affiliées (École polytechnique et HEC Montréal), le premier pôle d'enseignement supérieur et de recherche au Québec et le deuxième au Canada. Près de 54500 étudiants y sont actuellement inscrit et le corps enseignant y est formé de 2400 professeurs et chercheurs, 1600 professeurs de clinique et de 2200 chargés de cours et de clinique. Elle dispose de 13 Facultés dont la Faculté de médecine. Cette Faculté compte 20 Départements dont celui de nutrition où nous avons effectués notre stage (Annuaire, 2003-2004).

Le Département de nutrition compte 34 professeurs et chercheurs. Il dispose de plusieurs bureaux et laboratoires situés sur le campus de l'Université de Montréal, aux Centres de recherche de l'Institut de gériatrie de Montréal, de l'Hôpital Notre-Dame du CHUM, de l'Hôtel-Dieu du CHUM et dans les divers hôpitaux affiliés. Une salle d'ordinateurs et la bibliothèque paramédicale dotée d'ordinateurs reliés au réseau Internet, adjacentes au Département, offrent leur service aux étudiants, enseignants, chercheurs et stagiaires. En outre d'autres bibliothèques du campus sont accessibles via Internet (Annuaire, 2003-2004).

Les enseignants et chercheurs réguliers du Département ont chacun un domaine de recherche. Celui de notre directeur de stage est : Épidémiologie des déséquilibres énergétiques et des carences nutritionnelles. Analyses de larges banques de données à l'aide de différentes méthodes d'estimation, de simulation et d'optimisation. Description des choix alimentaires et étude de leurs déterminants (en particulier parmi les communautés autochtones d'Amérique du Nord et des population des pays économiquement défavorisés). Dépistage de la malnutrition chronique en milieu communautaire. Développement d'interventions nutritionnelles en collaboration avec des organisations non gouvernementales. L'exécution de ces taches est faite par une équipe de recherche composée de quatre étudiants (dont 3 candidats au Ph. D. et un

candidat au Master) sous la direction du professeur. Et notre stage s'est déroulé précisément au sein de cette équipe de recherche (Annuaire, 2003-2004).

II. Activités

Les activités lors de notre stage ont porté sur l'initiation à la recherche en équipe. Elles peuvent être divisées en deux parties. La première est basée essentiellement sur la recherche bibliographique et l'appréhension, par une participation, des activités lors des rencontres scientifiques de niveau international, et la seconde sur un travail de laboratoire élaboré à partir des orientations issues des travaux bibliographiques. Ces recherches devront nous permettre d'apporter notre contribution en vue de la résolution d'un problème majeur de santé au Tchad qui est celui de la lutte contre l'anémie ferriprive chez les femmes enceintes.

1. Recherche bibliographique

1.1. Recherche en ligne

Elle s'est effectuée soit sur les ordinateurs de la bibliothèque para médicale, soit sur ceux du bureau et a permis l'accès aux bases de données auxquelles la bibliothèque est abonnée telles que PubMed, Medline ainsi qu'à celles de l' O.M.S., la F.A.O., l'I.D.P.A.S... L'accès à ces données se fait en entrant sur le site web de la bibliothèque³ à partir de la page de garde du département de nutrition. On choisit la base de données dans la liste alphabétique des bases de données : en cliquant par exemple sur la lettre P, une liste de base de données ayant P comme initial est déroulée; ce qui permet de choisir l'une d'elles (PubMed par exemple). Le mode d'accès web, nous permet ensuite d'entrer les mots clés relatifs au thème de recherche : (fer) et (femmes enceintes) pour un thème comme la carence en fer chez les femmes enceintes. Ensuite les recherches sont limitées par exemple, aux articles scientifiques parus à partir d'une date donnée (cette date est comprise entre 1976 et 2004).

³ Confère site de la bibliothèque de l'université de Montréal: www.bib.umontreal.ca

1.2. Recherche à la bibliothèque

Pour commencer cette recherche, on entre également dans le site web de la bibliothèque où on ouvre une session à partir de l'atrium de cette dernière. Plusieurs options s'offriront alors on pourra choisir l'une d'elle (catalogue général par exemple). Comme précédemment, on introduit les mots clés de l'objet de la recherche. On peut aussi introduire le titre, le nom de l'auteur ou de la maison d'édition, l'année d'édition d'un document en rapport avec le sujet. Une liste de document est ensuite affichée. Elle permet la sélection de documents retenus par une clique sur l'information affichée. D'autres informations telles que la côte, l'emplacement et la disponibilité du document sont aussitôt affichées. Au cas où le document n'existe pas dans les rayons de la bibliothèque para médicale mais plutôt dans l'une des bibliothèques de la ville, le nom de celle-ci est indiqué. On y a accès en remplissant un formulaire de commande sur Internet ou en effectuant le déplacement nécessaire.

La synthèse des documents lus est faite à chaque fois et elle soumise aux critiques, quant à sa pertinence relative aux questions à traiter, de l'ensemble de l'équipe lors de ses réunions hebdomadaires. Ensuite des orientations sont données par le professeur, responsable de l'équipe pour la suite des travaux afin de mieux cerner le sujet et de le résoudre.

1.3. Élaboration d'une table de composition de quelques aliments consommés au Tchad

La liste des aliments consommés au Tchad a été tirée du rapport descriptif de l'enquête nationale sur l'état nutritionnel et l'alimentation au Tchad (Hamza et *al.*, 2002). Les aliments consommés dans ce pays y ont été regroupés en trois catégories (aliments constructeurs, énergétiques et protecteurs), leur répartition géographique y est faite mais leur composition en différents nutriments n'avait pas été mentionnée dans le rapport.

La composition de chaque aliment en fer, vitamine A, vitamine C, acide folique et phytate est fournie à partir des bases de données suivantes :

- « The World Food Dietary Assessment Program », un logiciel où est compilée une liste de 1800 aliments provenant de 6 pays (Égypte, Kenya, Mexique, Sénégal, Inde et Indonésie) et où les nutriments contenus dans ces aliments sont compilés dans une table de composition (The International Minilist (IML)). Cette table contient 195 types d'aliments représentant les aliments de base consommés à travers le monde. La source de chaque aliment est documentée. Pour chacun des types d'aliment, 52 constituants et leurs valeurs complètes y sont consignés. Les nutriments et leurs valeurs, retenus dans cette étude sont pour une large part, ceux provenant des aliments du Sénégal. Le Sénégal et le Tchad étant des pays sahéliens, on suppose que les conditions climatiques et pédologiques de ces deux pays sont proches. Pour certains aliments consommés au Tchad mais ne figurant pas sur la liste des aliments consommés au Sénégal, les nutriments et leurs valeurs présentés dans la table que nous avons élaborée sont ceux des aliments consommés au Kenya ou en Égypte.

- La table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique de la F.A.O. (1968) a permis de vérifier les valeurs de certains constituants retenues à partir du logiciel.

- Le répertoire général des aliments: table de composition de Ireland-Ripert *et al.* (1997) et la composition des aliments : Tableaux des valeurs nutritives de Souci *et al.* ont été utilisées pour compléter et/ou vérifier la composition des aliments en nutriments ainsi que les valeurs de ces derniers.

2. Participation au colloque, atelier et formation

Nous avons participé au 72^e Congrès de l'ACFAS (Association Francophone de Savoir), la société des savoirs du 10 au 14 mai 2004 à l'UQAM (Université de Québec à Montréal) et à l'Atelier International portant sur le thème : «La nutrition tôt dans la vie et les risques ultérieurs d'obésité, de diabète et maladies cardiovasculaires». Cet atelier était organisé du 6 au 9 juin conjointement par l'Université de Montréal et l'O.M.S. par le biais du Centre Collaborateur OMS sur la transition nutritionnelle et le développement (TRANSNUT). Ce qui nous a permis d'apprendre la façon de faire une communication et de débattre des questions importantes de l'heure en matière de santé publique et de nutrition.

Enfin nous avons subi une formation sur le logiciel SIDE, qui permet de calculer l'apport habituel à partir d'un minimum de rappels de 24 heures. Il permet de créer la courbe de distribution normale dans un rappel de 24 heures où il y a une grande variation dans la distribution, de transformer des données pour normaliser la courbe par élimination des variations intra individuelle.

3. Recherche en laboratoire

Elle consiste à tester l'apport en fer à partir d'une source de fer métallique introduite dans la casserole, lors de la préparation d'un plat typiquement tchadien (sauce de gombo à la viande).

ANNEXE II : Table de composition de quelques aliments consommés au Tchad

Type d'aliments (100 g de portion consommable)	Fer (mg)	Vit. A (RE)	Folates(µg)	Phytate(mg)	Vit.C (mg)
Constructeurs					
Viande de bœuf (a)	1,7	20	6	0	0
Chèvre/mouton (a)					
Volaille (poulet) (a)	1,2 (2)	39	5	0	0
Poisson frais (a)	2,6	0	28	0	0
Poisson fumé (a)					
Œufs ©	2,6 (2)	190	44	0	0
Lait/produits laitiers (b)	0,1	55	6	0	1
Arachides (a)	4,6	0	126	1760	0
Haricots ©	1,3	67	33	91	10
Énergétiques					
Riz local					
Riz importé (f)	0,2	0	2	126	0
Maïs (a)	3,5	0	25	800	0
Fonio	8,5 (2)				
Berbéré					
Mil (a)	8	20	32	870	0
Sorgho (grains entiers) (a)	4,1	7	14	618	0
Sorgho (farine) (a)	4,1	6	11	439	0
Pain					
Pâte, autres dérivés					
Manioc (cuit) (b)	0,8	6	15	70	30
Manioc (fermenté) (b)	1,8	0	36	9	0
Igname (a)	0,8	0	16	50	12
Patate douce (f)	0,5	1467	23	10	25
Taro					
Pommes de terre	0,4	0	9	81	13
Noix et oléagineux					
Beurre, margarine					
Beurre de Karité					
Huile de palme (a)	0	5000	0	0	0
Huile d'arachide (a)	0	0	0	0	0
Protecteurs					
Feuilles vertes (a)					
Tomates (a)	0,5	87	15	6	19
Oignons (a)	0,2	0	15	0	5
Gombo	1,2				

a = Sénégal b = Égypte c = Kenya f = Indonésie

2 = Table de composition des aliments FAO ou Ireland-Ripert