

Université de Montréal

Facteurs de risque de l'anémie chez les femmes et les enfants au Bénin et au Mali.

Par

Ismaël NGNIÉ TÉTA

Département de nutrition
Faculté de médecine

Thèse présentée à la faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Philosophae Doctor (Ph.D)
en nutrition.

Novembre, 2005

© Ismaël Ngnié Téta, 2005



QU

145

U58

2006

V.002

Direction des bibliothèques

AVIS

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

NOTICE

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée :

Facteurs de risque de l'anémie chez les femmes et les enfants au Bénin et au Mali.

Présentée par :

Ismaël NGNIÉ TÉTA

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Marielle Ledoux
président- rapporteur

Olivier Receveur
directeur de recherche

Barthélémy Kuate-Defo
codirecteur

Paviz Ghadirian
membre du jury

Barbara McDonald
examineur externe

Maria Victoria Zunzunegui
représentant du doyen de la FES

RÉSUMÉ

En Afrique subsaharienne, l'anémie constitue un obstacle majeur au développement en raison de son ampleur et de ses conséquences. Les facteurs individuels et les facteurs environnementaux jouent un rôle important dans le risque d'anémie. L'objectif de cette étude est d'identifier et de comparer les facteurs de risque d'anémie légère et ceux de l'anémie modérée à sévère au niveau individuel et contextuel chez les femmes et les enfants au Bénin et au Mali. Pour y parvenir, nous avons procédé à des analyses multivariées et multiniveaux des données sur l'anémie collectées pour la première fois à l'échelle nationale dans les deux pays. À la faveur des Enquêtes Démographiques et de Santé (EDS, 2001), l'hémoglobine de 3125 femmes et 2052 enfants béninois, 3787 femmes et 2462 enfants maliens a été mesurée. Au total, environ 65% des femmes et 82% des enfants sont anémiés. Parmi eux, 60% des femmes et 25% des enfants ont une anémie légère. De la quinzaine de variables potentiellement associées à l'anémie et incluses dans les modèles, seul l'âge de l'enfant et le niveau d'éducation de la mère sont associés à l'anémie légère chez les enfants béninois et seul le statut vaccinal y est associé chez les enfants maliens. A contrario, l'âge, le retard de croissance et les infections sont associés à l'anémie modérée à sévère au Bénin et au Mali. À ces facteurs s'ajoutent l'utilisation de moustiquaires et le niveau de scolarisation de la mère au Bénin, le statut socioéconomique et la vie en milieu rural au Mali. Chez les femmes béninoises, la source d'eau de boisson et le niveau de développement communautaire sont associés à l'anémie légère tandis que la grossesse et le niveau d'éducation sont associés à l'anémie modérée à sévère. Chez les femmes maliennes, seule la vie en milieu rural est associée à l'anémie légère; la grossesse, la taille du ménage et le statut socioéconomique sont associés à l'anémie modérée à sévère. L'analyse multiniveau montre que 8% du risque d'anémie modérée à sévère au Bénin et 15% au Mali sont attribuables aux effets de contexte. Ces effets contextuels contribuent pour à peine 3% au risque d'anémie légère.

Mots clés : anémie, hémoglobine, analyse multiniveau, effets de contexte, enquêtes démographiques et de santé, Afrique.

ABSTRACT

In sub-Saharan Africa, anemia constitutes a major obstacle to development due to its magnitude and its consequences. Individual characteristics and living environment play a major role in the risk of anemia. The objective of this study was to identify and compare risk factors of mild anemia with those of moderate to severe anemia at the individual and community level in Beninese and Malian women and children. We performed multivariate and multilevel analyses of nationally representative data on anemia recently collected in Benin and Mali through Demographic and Health Surveys (DHS). Hemoglobin of 3125 women and 2052 children in Benin and 3787 women and 2462 children in Mali were measured. Overall, 65% of women and 82% of the children were anemic. Of fifteen variables potentially associated with anaemia and included in the models, only age of the child and maternal education level were associated with mild anemia in Beninese children and only incomplete immunization was associated to mild anemia among Malian children. In contrast, age, stunting and infections were associated with moderate to severe anemia in Benin and Mali. Specific risk factors were bednet use and low mother education in Benin and low socioeconomic status and living in rural area in Mali. Mild anemia risk factors for women were unprotected sources of drinking water and low level of community development in Benin and living in rural communities in Mali. Risk factors for moderate to severe anemia were pregnancy and low education level in Benin. Among Malians women, pregnancy, overcrowding and low household socioeconomic status were associated with moderate to severe anemia. Multilevel analysis shows that 8% of the variation in the risk of moderate to severe anemia in Benin and 15% in Mali were attributable to community level. However, these contextual effects contribute less than 3% to the risk of mild anaemia.

Key words: anemia, hemoglobin, multilevel analysis, contextual effects, demographic and health surveys, Africa.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	III
ABSTRACT	IV
TABLE DES MATIÈRES	V
LISTE DES TABLEAUX	VIII
LISTE DES ABRÉVIATIONS	X
DÉDICACES	XII
REMERCIEMENTS	XIII
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION	1
CHAPITRE 2 : REVUE DE LITTÉRATURE	5
I. Carence en fer et anémie : définitions	6
1. L'anémie	6
2. La carence en fer	6
3. L'anémie ferriprive	7
II. Métabolisme du fer	7
1. Rôle biologique du fer	7
2. Les besoins en fer	8
3. Absorption et biodisponibilité	12
4. Stockage du fer	15
5. Redistribution et pertes	15
III. Conséquences de l'anémie	16
1. Détérioration du statut immunitaire	16
2. Altération du développement cognitif	18
3. Mortalité infantile	20
4. Effets sur la productivité	21
5. Grossesse et produit de gestation	23
6. Anémie et maladies cardiovasculaires	25
7. Mortalité maternelle	25
IV. Facteurs associés à l'anémie chez les femmes et les enfants	28
1. Les facteurs biologiques et physiologiques	29
2. Les facteurs socio-économiques	40
3. Les facteurs contextuels	45

V. Anémie et perspective multiniveau	46
CHAPITRE 3 : OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES	51
I. Objectifs	52
II. Cadre théorique de conceptualisation	52
1. Le modèle de l'UNICEF	53
2. Le modèle de Garenne et Vimard (1984)	55
3. Le modèle d'Osorio	56
4. Notre modèle	58
III. Hypothèses	62
CHAPITRE 4 : MÉTHODOLOGIE	64
I. Population d'étude	65
1. Le contexte béninois	65
2. Le contexte malien	66
II. Données	67
III. Variables	69
1. La variable dépendante : l'anémie	70
2. Les variables explicatives	71
IV. Analyses statistiques	76
V. Spécification des modèles	79
CHAPITRE 5: RÉSULTATS	81
I. Prévalence de l'anémie	82
II. Analyses bivariées	83
1. Le Bénin	83
2. Le Mali	96
III. Analyses multivariées et analyses multiniveaux	107
1. Le Bénin	108
2. Le Mali	116
IV. Synthèse des résultats	124
1. Synthèse des analyses bivariées	124
2. Synthèse analyses multivariées et multiniveaux	127
CHAPITRE 6: DISCUSSION	129
I. Interprétation des résultats	130
Les facteurs individuels	131

Les facteurs socioéconomiques	134
La cadre de vie	135
II. Quelques limites à considérer dans l'interprétation des résultats.	140
CHAPITRE 7: CONCLUSIONS ET IMPLICATIONS	142
1. Prévention et contrôle des infections chez les enfants	143
2. Prise en charge de l'anémie pendant la grossesse	145
3. La cible des interventions	147
RÉFÉRENCES	149
ANNEXES	XIII

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 2.1 : Répartition du fer de l'organisme adapté de Hercberg (1988)	9
Tableau 2.2 : Besoins martiaux de la femme enceinte	13
Tableau 2.3 : Anémie pendant la grossesse et proportion de femmes qui décèdent tiré de Brabin et al. (2001)	29
Tableau 2.4 : Proportion de fer non héminique absorbée en fonction de la teneur du repas en protéines animales et en acide ascorbique	33
Tableau 2.5 : Pertes martiales et besoins quotidiens chez une femme adapté de Stoltzfus et al. (1997)	36
Tableau 4.1 : Variables explicatives utilisées pour les analyses	71
Tableau 5.1 : Prévalence de l'anémie chez les enfants et les femmes au Bénin et au Mali	83
Tableau 5.2 : Distribution des facteurs potentiellement associés à différents niveaux d'anémie chez les enfants de moins de cinq ans au Bénin	87
Tableau 5.3 : Distribution des facteurs potentiellement associés à différents niveaux d'anémie chez les femmes au Bénin	93
Tableau 5.4 : Distribution des facteurs potentiellement associés à différents niveaux d'anémie chez les enfants de moins de cinq ans au Mali	98
Tableau 5.5 : Distribution des facteurs potentiellement associés à différents niveaux d'anémie chez les femmes au Mali	105
Tableau 5.6 : Modélisation des facteurs de risque d'anémie chez les enfants au Bénin	111
Tableau 5.7 : Modélisation des facteurs de risque d'anémie chez la femme au Bénin	114
Tableau 5.8 : Modélisation des facteurs de risque d'anémie chez les enfants au Mali	118
Tableau 5.8 : Modélisation des facteurs de risque d'anémie chez la femme au Mali	122
Tableau 5.9 : Comparaison des résultats bivariés chez les enfants au Bénin et au Mali	125
Tableau 5.1 : Comparaison des résultats bivariés chez les femmes au Bénin et au Mali	125
Tableau 5.11 : Comparaison des facteurs de risque chez l'enfant au Bénin et au Mali	126

Tableau 5.12	:	Comparaison des facteurs de risque chez la femme au Bénin et au Mali	127
Tableau 6.1	:	Comparaison de la prévalence de l'anémie chez les femmes et les enfants au Bénin avec et sans anémie légère	137

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ARI	:	Acute Respiratory Infections
EAR	:	Équivalent de l'Activité du Rétinol
FAO	:	Fond des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
IOM	:	United States Institute of Medicine
IRA	:	Infections Respiratoires Aiguës
IVACG	:	International Vitamin A Consultative Group
MPF	:	Meat Fish Poultry
NADH	:	Nicotinamide Adenine Dinucleotide
PED	:	Pays En Développement
QI	:	Quotient Intellectuel
QD	:	Quotient de Développement
SIDA	:	Syndrome d'Immuno-Déficience Acquise
IMC	:	Indice de Masse Corporelle
MCV	:	Maladies Cardio-Vasculaires
NHANES	:	National Health and Nutrition Examination Survey
Hb	:	Hémoglobine
SSE	:	Statut Socio-Économique
RR	:	Risque Relatif
HLM	:	Hierarchical Linear Modeling
PNB	:	Produit National Brut
EDS	:	Enquête Démographique et de Santé
PNUD	:	Programme des Nations Unies pour le Développement
IDH	:	Indice de Développement Humain
CDC	:	Centers for Disease Control
NCHS	:	National Center for Health Statistics
VPC	:	Variance Partition Component
IDC	:	Indice de Développement Communautaire

NAS	:	National Academy of Sciences
NCHS	:	National Center of Health Statistics
NCRSP	:	Nutrition Collaborative Research Support Program
NK	:	Natural Killer cells
OMS	:	Organisation Mondiale de la Santé
OR	:	Ratio de Cotes (Odds Ratio)
P/A	:	Poids pour Âge
P/T	:	Poids pour Taille
PIP	:	Phosphatidyl Inositol Phosphate
PKC	:	Proteine Kinase C
RAE	:	Retinol Activity Equivalent
RBP	:	Retinol Binding Protein
RBPC	:	Retinol Binding Protein Cytoplasmique
RBPP	:	Retinol Binding Protein Plasmatique
RC	:	Ratio de Cotes
RE	:	Retinol Equivalent
RR	:	Risque Relatif
SAS	:	Statistical Analysis Software
SPSS	:	Statistical Package for the Social Sciences
T/A	:	Taille pour Âge
UNICEF	:	Fond des nations unies pour l'enfance

DÉDICACES

A mes parents

REMERCIEMENTS

Je voudrai remercier le professeur **Olivier Receveur**, mon directeur de thèse pour son soutien, son encadrement et sa contribution à la réalisation de cette thèse. Je tiens à lui exprimer toute ma gratitude pour ces quatre belles et fructueuses années passées ensemble au département de nutrition de l'Université de Montréal dans le cadre de mes études de maîtrise et de doctorat.

Je remercie très sincèrement mon co-directeur de recherche le professeur **Barthélemy Kuate-Defo**, pour sa contribution multiforme à ma formation ainsi qu'au parachèvement de ce travail. J'en profite pour exprimer toute ma gratitude au programme de bourses doctorales AFSSA dirigé par le professeur Kuate-Defo et financé par la fondation Mellon des Etats-Unis.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit du Comité des études Supérieures du département de Nutrition et en particulier au professeur **Hélène Delisle** ainsi que les professeurs et collègues du programme de doctorat en santé publique de la faculté de médecine.

Je tiens également à remercier **Maria-Victoria Zunzunegui**, Professeure titulaire au département de médecine sociale et préventive, pour ses conseils, et surtout pour m'avoir insufflé l'amour de l'épidémiologie sociale.

Je voudrai particulièrement exprimer ma reconnaissance à **Ida Grace Djemo** qui a eu la patience de m'attendre ainsi qu'à mes petites soeurs qui n'ont cessé de m'encourager pendant toutes ces années.

Je remercie mes collègues du département de nutrition, du PRONUSTIC, de PATH Canada, tous les membres de AFRICASUM et tous ceux qui m'ont témoigné leur amitié pendant ces trois années de thèse.

«Et que le nerf !... »

Couscoussard

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

L'anémie représente dans l'ensemble des pays pauvres un enjeu majeur de santé publique. Elle affecte particulièrement les enfants en bas âge et les femmes en âge de procréer. D'après les estimations de l'Organisation Mondiale de la Santé (WHO, 2001), deux milliards de personnes à travers le monde sont anémiées. Les conséquences de l'anémie se répercutent aussi bien au niveau de la santé des populations que du développement économique et social des communautés et des pays. Dans sa forme sévère, l'anémie est associée à une augmentation de la mortalité maternelle et infantile (Brabin et al, 2001; Ross et Thomas, 1996). L'anémie altère aussi le développement physique et cognitif des enfants (Scrimshaw et al, 1984; Lozoff 2000) ainsi que les capacités physiques et la productivité au travail des adultes (Haas et Brownlie, 2001).

Les causes de l'anémie sont multiples et reliées aussi bien aux caractéristiques biologiques de l'individu (âge, sexe), physiologiques (grossesse) qu'à son environnement familial et son milieu de vie. La carence en fer est la principale cause d'anémie dans les pays pauvres et serait à l'origine de la moitié des cas (WHO, 2001). D'autres carences nutritionnelles (folate, vitamine B12, vitamine A) prédisposent à l'anémie quoique les mécanismes soient moins bien connus (WHO, 2001; Marx, 1997). Les maladies infectieuses sont également des causes d'anémie. Dans les régions où la malaria sévit de façon endémique (cas de l'Afrique de l'Ouest), la prévalence de l'anémie est plus importante que dans les régions non endémiques, aussi bien chez les enfants (Korenromp et al, 2004) que chez les femmes (Ngnié-Téta et al, 2004).

Malgré cette connaissance des causes de l'anémie, de ses conséquences et les efforts consacrés à la lutte contre l'anémie, l'ampleur du problème reste démesurée. Ce constat d'échec a conduit l'OMS et l'UNICEF récemment à requestionner les programmes de lutte contre l'anémie dans le cadre de l'*objectif 2010* adopté par l'assemblée générale des Nations Unis en mai 2002 et qui vise à réduire du tiers d'ici 2010 la prévalence de l'anémie. Le point central de la déclaration conjointe WHO/UNICEF porte sur un retour en profondeur sur la compréhension des facteurs de risque de l'anémie (WHO/UNICEF,

2004). Il est entendu que le succès de toute intervention en santé publique, passe entre autres par une bonne compréhension des causes du problème.

Dans cette thèse, nous nous proposons donc d'identifier les facteurs individuels et contextuels associés à l'anémie chez les femmes et les enfants au Bénin et au Mali. Nos analyses, fondées sur les enquêtes réalisées à l'échelle nationale dans les deux pays apporteront sans nul doute une contribution significative à la compréhension des déterminants de l'anémie à différents niveaux (individuel, familial, communautaire) et partant une planification plus conséquente des interventions. Les résultats de cette étude sont généralisables à l'échelle des deux pays concernés.

Le travail s'articule autour de quatre grandes sections : La revue bibliographique, les méthodes, les résultats et la discussion.

Le chapitre 2 consacré à la revue de littérature fait le tour des écrits clés sur l'anémie maternelle et infantile. Ce chapitre est subdivisé en cinq grandes sections. Une définition de l'anémie et de l'anémie ferriprive suivie d'une description du métabolisme du fer (son rôle biologique, la base des besoins martiaux, l'absorption, la biodisponibilité, le stockage et le recyclage des pertes). Ensuite nous présentons les conséquences de l'anémie chez les femmes et les enfants notamment sa contribution à la mortalité maternelle et infantile, ses conséquences sur la grossesse et sur le nouveau né, son impact sur la productivité des adultes et le développement cognitif des enfants. À la suite des conséquences, nous présentons les principaux déterminants de l'anémie tant au niveau individuel que contextuel. Nous clôturons cette revue bibliographique par une exploration de l'usage de l'analyse multiniveau en santé publique et dans le domaine de la nutrition publique en particulier. Cette dernière section de la revue de littérature sur les facteurs de risque d'anémie et l'analyse multiniveau introduit logiquement le chapitre 3 consacré aux objectifs de la thèse.

Les chapitres 3 et 4 présentent les aspects théoriques et méthodologiques de la recherche. Le chapitre 3 décrit les trois principaux objectifs de la thèse, le cadre conceptuel ainsi que

les hypothèses de recherche. Le chapitre 4 consacré à la méthodologie proprement dite présente la population d'étude, décrit les données des enquêtes démographiques et de santé (EDS) du Bénin et du Mali utilisées dans cette étude, explique les variables à l'étude et explicite le choix de la démarche analytique.

Le chapitre 5 est consacré aux résultats de l'étude. Les résultats sont groupés par pays (le Bénin ensuite le Mali). Pour chaque pays, les résultats sont présentés par groupe cible (les enfants ensuite les femmes). Les tableaux et les commentaires sont à chaque fois organisés suivant notre modèle théorique hiérarchique à savoir en premier lieu, les facteurs individuels, ensuite les facteurs rattachés au ménage et enfin ceux rattachés à la communauté. Les estimés des modèles multivariés et ceux des modèles multiniveaux sont présentés côte à côte pour faciliter la comparaison entre les deux approches.

Le chapitre 6 se fonde sur la revue bibliographique, l'approche méthodologique et les résultats obtenus pour bâtir la discussion. La discussion s'organise autour de la confirmation ou de l'infirmité des trois hypothèses de recherche. Nous terminons la thèse en présentant au chapitre 7 les implications pratiques de nos résultats.

Ce travail vise à répondre spécifiquement aux quatre questions suivantes :

- Quelle est la distribution de l'anémie chez les femmes et les enfants au Bénin et au Mali.
- Quels sont les facteurs associés à l'anémie chez les enfants de 6 à 59 mois au Bénin et au Mali.
- Quels sont les facteurs associés à l'anémie chez les femmes de 15 à 49 ans au Bénin et au Mali.
- Quelle est la contribution du milieu de vie au risque d'anémie au Bénin et au Mali.

CHAPITRE 2 : REVUE DE LITTÉRATURE

I. Carence en fer et anémie : définitions

1. L'anémie

L'anémie est une pathologie se caractérisant par une baisse de la concentration de l'hémoglobine, très souvent associée à une diminution de la masse de globules rouges circulant. L'anémie peut être d'origine nutritionnelle (carence en fer, en folate, en vitamine B12) ou hémolytique (anémie falciforme, thalassémie). Elle peut aussi être causée par des infections (infections intestinales, malaria), des hémorragies, des problèmes de malabsorption ou par des sérieuses lésions au niveau du tractus gastro-intestinal. L'anémie affecte surtout les femmes et les enfants d'âge préscolaire. L'anémie nutritionnelle est définie par l'OMS comme un état physiologique dans lequel l'hémoglobine est en deçà de la normale à cause d'une carence en un ou plusieurs nutriments essentiels, indépendamment de la cause de cette carence (WHO, 2001). Selon le niveau d'hémoglobine, on distinguera trois formes d'anémie : l'anémie légère correspondant à une hémoglobine comprise entre 10,0 et 10,9 g/dl; l'anémie modérée correspondant à une hémoglobine comprise entre 7,0 et 9,9 g/dl et l'anémie sévère correspondant à une hémoglobine inférieure à 7,0 g/dl (Demeyer, 1989). Toutefois, les risques de mortalité maternelle et infantile due à l'hypoxie ou aux infarctus ne s'observent qu'avec des valeurs d'hémoglobine inférieures à 5,0 g/dl, ce que Varat et al appelle *anémie très sévère* (Varat, 1972).

2. La carence en fer

La carence en fer est une baisse de la concentration du fer fonctionnel dans les tissus et une absence des réserves en fer. La carence en fer est en général le résultat d'une diète faible en fer biodisponible, d'une augmentation des besoins en fer ou d'une hémorragie. Le premier stade de la carence en fer est la déplétion des réserves qui est mesurée par dosage de la ferritine sérique. L'hémoglobine à ce stade reste au dessus des seuils normaux. Le deuxième stade est la baisse de l'érythropoïèse qui intervient lorsque, à l'épuisement des réserves s'ajoute une absorption martiale insuffisante pour compenser

les pertes basales. À ce stade, on note une augmentation de la concentration des récepteurs de la transferrine et une augmentation de la protoporphyrine libre dans les globules rouges. L'hémoglobinémie commence à chuter (Bothwell et Charlton, 1979).

3. L'anémie ferriprive

Le dernier stade de la carence martiale est l'anémie ferriprive qui représente un niveau sévère de carence en fer et se traduit par une baisse de l'hémoglobinémie en deçà des seuils définis. À ce stade de la carence en fer, on commence à observer des conséquences fonctionnelles telles la détérioration cognitive, la baisse des capacités physiques et la baisse de l'immunité (FAO/WHO, 2001). L'anémie étant l'indicateur couramment utilisé pour détecter la carence en fer, les termes 'carence en fer', 'anémie' et 'anémie ferriprive' sont très souvent utilisés de façons interchangeable.

II. Métabolisme du fer

1. Rôle biologique du fer

L'organisme humain gère avec parcimonie son potentiel martial : lorsqu'un globule rouge est 'hors circuit', le fer contenu dans l'hémoglobine est récupéré et recyclé.

Le fer est un élément indispensable à la survie de tout organisme vivant. Il catalyse plusieurs réactions biochimiques fondamentales. Il se retrouve dans l'hémoglobine, la myoglobine, les cytochromes, la catalase et la tryptophane pyrrolase. Son rôle central est le transport de l'oxygène vers les tissus grâce à la molécule d'hémoglobine (Bothwell et Charlton, 1979). À ceci se greffe son rôle important dans le transfert des électrons via les cytochromes (enzymes contenant du fer) au niveau de la chaîne respiratoire. Dans l'organisme, 70% du fer est de type héminique et 30% de type non héminique (non incorporé dans la structure de l'hème). Le fer héminique est essentiellement réparti dans l'hémoglobine (65% soit 2000 à 2500 mg), la myoglobine et les cytochromes (3 à 5%). Il se retrouve aussi dans certaines enzymes hémoprotéiques telles la catalase et les peroxydases (0,3%) (Hercberg et al, 1988). Le fer non héminique est essentiellement

stocké sous forme de réserves dans le complexe de stockage ferritine – hémosidérine. Cependant, une partie du fer non héminique rentre dans la composition de plusieurs organites telles le NADH et plusieurs enzymes (la xanthine oxydase, les aldéhydes et alphaglycérophosphate oxydases, phenylalanine hydroxylase, ribonucleotide réductase, succinil déshydrogénase, proline et lysine hydroxylases). Le tableau 2.1 résume la répartition du fer dans l'organisme.

Tableau 2.1 : Répartition du fer de l'organisme adapté de Hercberg et al (1988)

Type de fer		Répartition en poids (mg)	Répartition en %
Fer héminique	Hémoglobine	2000 à 2500	65
	Myoglobine	150 à 200	3 à 5
Fer non héminique	Enzymes non héminiques	8 à 15	0,3
	Transferrine	3 à 4	0,1
	Fer de réserve	300 à 1200	30

Le fer non héminique se retrouve dans les enzymes affectés à la respiration mitochondriale et au transport d'électrons. D'autres enzymes contenant du fer telles les cytochromes P450 interviennent dans la biosynthèse des hormones stéroïdes et des acides biliaires, la détoxification du foie et l'action de certains neurotransmetteurs tels la dopamine et la sérotonine (Dawson et al, 1996).

2. Les besoins en fer

Chez l'enfant

La masse totale de fer chez le nouveau né varie entre 250 à 300 mg soit 75 mg/kg de poids corporel environ (FAO/WHO, 1988). Au cours des deux premiers mois de la vie, l'hémoglobinémie chute à cause de l'augmentation des besoins en oxygène par rapport à

la vie intra-utérine. Cette condition connue sous le nom *d'anémie physiologique de l'enfance* oblige l'organisme à activer l'utilisation des réserves martiales du nouveau né, lesquelles réserves vont permettre de satisfaire aux besoins en fer jusqu'à l'âge de 4-6 mois, avec bien sûr le précieux secours du fer provenant du lait maternel (FAO/WHO, 1988). L'allaitement exclusif au lait maternel préviendrait adéquatement le risque d'anémie jusqu'au 6^e mois chez le nouveau né (NAS, 2000; Calvo et al, 1992; Duncan et al, 1985).

Calvo et al (1992) ont étudié deux groupes d'enfants, l'un allaité exclusivement au lait maternel (25 enfants) et l'autre sevré entre les 2^e et 3^e mois puis nourri au lait de sevrage (15 enfants). À six mois, la prévalence de l'anémie est nulle dans les deux groupes et on note également peu de différence dans les concentrations d'hémoglobine sérique des enfants dans les deux groupes. Duncan et al (1985) ont également rapporté une prévalence nulle d'anémie à 6 mois chez les enfants exclusivement nourris au lait maternel depuis la naissance.

La teneur en fer du lait maternel est faible mais sa biodisponibilité est de près de 50%, ce qui est très grand comparé au lait de vache dont la biodisponibilité se situe autour de 10% (Lonnerdal et al, 1984). D'après l'académie américaine des sciences, seule l'anémie maternelle dans sa forme sévère affecte le statut en fer du nouveau né, l'anémie maternelle légère n'ayant aucun impact sur l'anémie infantile (NAS, 2000). Il faut souligner que le fœtus emmagasine le fer essentiellement au cours du troisième trimestre de grossesse, raison pour laquelle les enfants prématurés restent à risque de carence martiale pendant les 6 premiers mois de vie (NAS, 2000).

Après le 6^e mois, les besoins en fer de l'enfant grimpent et atteignent 0,7-0,9 mg par jour jusqu'au premier anniversaire. Pendant cette période également (6^e au 12^e mois), les réserves en fer doublent ainsi que la masse corporelle (FAO/WHO, 1988). Le sevrage constitue donc la période de la vie où les besoins en fer augmentent le plus rapidement (exception faite du troisième trimestre de grossesse chez la femme). Pendant le sevrage, les enfants ont rarement des réserves en fer et ne peuvent compter que sur l'alimentation

pour subvenir à leurs besoins; les aliments de sevrage doivent par conséquent être riches en protéines et en acide ascorbique (voir section biodisponibilité du fer). Les besoins en fer de l'enfant dans cette période sont 8 à 10 fois supérieurs à ceux de l'homme adulte lorsqu'ils sont exprimés par kilogramme de poids corporel (Hercberg et al, 1988). La surveillance de l'alimentation et surtout de sa teneur en fer est d'autant plus cruciale durant cette période à risque qu'elle coïncide avec une phase déterminante du développement du cerveau (NAS, 2000).

Entre le 1^{er} et le 6^e anniversaire, les besoins en fer de l'enfant évoluent moins rapidement qu'au cours de la deuxième moitié de la première année de vie mais demeurent importants à cause de la croissance rapide qui caractérise cette période de la vie (NAS, 2000).

Chez la femme

Les besoins en fer des adolescentes sont considérables, ceci à cause de la croissance et des pertes dues aux menstruations. Les pertes menstruelles sont assez constantes d'un mois à l'autre chez la même femme mais varient beaucoup d'une femme à une autre (Hallberg et al, 1966). Cette variation serait essentiellement sous le contrôle génétique des activateurs fibrinolytiques dans la muqueuse utérine. On estime à 0,6 mg/j les pertes martiales journalières moyennes dues aux menstruations. Les besoins moyens en fer chez la femme non gravide s'élèvent à 1,4 mg/j; cependant, ils excèdent 2,3 mg/j chez 10% des femmes et 2,8 mg chez 5% des femmes. Chez les adolescentes (dont la croissance n'est pas encore achevée), les besoins moyens quotidiens sont d'environ 2,7 mg/j et au-delà de 3,2 mg/j chez 5% des jeunes filles (Hallberg et Rossander-Hulthenm, 1991).

Besoins martiaux de la femme enceinte

Au premier trimestre de la grossesse, à cause de l'absence de menstruation, les besoins en fer sont assez faibles (0,8 mg/j soit 230 mg durant toute la gestation chez une femme de 55 kgs) (Green et al, 1968). Les principaux changements physiologiques influençant les

besoins en fer au cours du premier trimestre de grossesse sont une vasodilatation générale associée à une augmentation du volume du plasma et de la concentration du 2-3 diphosphoglycerate érythrocytaire (Taylor et Lind, 1979; Hallberg et al, 1996). On peut aussi signaler une légère baisse de l'activité érythropoïétique et du volume total de globules rouges (Taylor et Lind, 1979), une réduction du nombre de réticulocytes et une augmentation de la concentration de la ferritine sérique (Kaufer et Casaneuva, 1990).

Pendant le second trimestre de grossesse, les principaux changements hématologiques s'expliquent par l'augmentation des besoins en oxygène de la mère et de l'enfant ainsi que des besoins en fer fonctionnel du fœtus. En 1966, DeLeeuw et al rapportaient qu'à ce stade de la grossesse, le volume sanguin total augmentait de 45%, le volume plasmatique de 50% et le volume des globules rouges d'environ 35% (DeLeeuw et al, 1966). À cause de cette augmentation extraordinaire du volume plasmatique et la forte prévalence de l'anémie ferriprive pendant la grossesse, il est très difficile d'établir l'hémoglobinémie adéquate pendant la grossesse. L'augmentation des globules rouges entraîne une augmentation des besoins en fer d'environ 450 mg chez une femme de 55 kgs (Green et al, 1968).

Les besoins en fer vont aussi croître au rythme de la croissance fœtale, laquelle croissance est très rapide pendant le 3^e trimestre. Un fœtus de 3 kgs emmagasinerait environ 270 mg de fer (Hallberg et al, 1992). On pense aussi que les besoins en fer atteignent 10 mg par jour au cours des 6-8 dernières semaines de grossesse (Hallberg et al, 1992). Il semblerait que les besoins en fer dans la deuxième moitié de la grossesse ne peuvent être comblés par l'alimentation fût-elle très riche en fer. En effet, dans une alimentation très riche en fer biodisponible, avec de grandes portions de viandes, poissons, volailles et d'acide ascorbique, l'absorption totale du fer varie ultimement entre 3 et 5 mg/j (Hallberg et al, 1996). La quantité de fer absorbable par l'organisme, indépendamment de la diète est donc inférieure aux besoins dans les derniers mois de la grossesse et une femme, pour combler ses besoins, doit disposer d'au moins 300 mg de fer en réserve avant la grossesse; ce qui est très largement supérieur aux réserves habituelles des femmes dans les PED (FAO/WHO, 1988; 2000). Il importe donc de

s'attarder sur l'alimentation de la femme avant la grossesse car les réserves en fer jouent un rôle central dans le pronostic de l'anémie gestationnelle.

Tableau 2.2 : Besoin martiaux de la femme enceinte

Besoins en fer pendant la grossesse	Besoins en fer (mg)
Fœtus	300
Placenta	50
Expansion du volume érythrocytaire maternel	450
Pertes basales	240
Besoins totaux	1040
Balance martiale nette après l'accouchement	
Contraction du volume érythrocytaire maternel	+450
Pertes de sang	-250
Balance martiale nette	+200
Besoins nets si les réserves pré - gestationnelles sont présents	840

Source : FAO/WHO, 2000 : basé sur les besoins en fer d'une femme de 55 kgs en assumant que chaque trimestre de grossesse dure 93 jours.

Pour évaluer les besoins totaux en fer chez la femme gestante, il faut inclure les pertes liées à l'accouchement (environ 150 mg) et le fer présent dans le placenta et le cordon ombilical (environ 90 mg) (Bothwell et al, 2000). Après l'accouchement, on estime à 0,3 mg par jour les pertes liées à l'allaitement; ces pertes sont plus ou moins comblées par l'absence de menstruations, excepté dans les cas où l'allaitement se prolonge au-delà du retour des couches. En résumé, les besoins en fer chez une femme enceinte de 55 kgs s'élèvent à 1040 mg.

3. Absorption et biodisponibilité

Beard et al (1986) scindent le processus d'absorption de fer en trois étapes: absorption intestinale - transport intraérythrocytaire - stockage et transport extraérythrocytaire.

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 du fer (passage de l'état ferrique à l'état ferreux) se fait dans l'estomac. De ce fait, une baisse de l'acidité stomacale due à une consommation excessive d'antiacide ou de base, va entraîner une baisse d'absorption de fer (Gillepsie, 1991). La majeure partie du fer est absorbée dans le duodénum et le jéjunum supérieur. Les facteurs qui accélèrent le transit intestinal supérieur vont donc réduire l'absorption du fer.

Les premières études sur l'absorption du fer portaient sur l'évaluation des paramètres biochimiques 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. 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 (Monsen et al, 1978; Hallberg et al, 1964; 1979; 1982; 2000). Aujourd'hui, il est établi que le fer héminique que l'on retrouve essentiellement dans les produits d'origine animale (viande, poisson, volaille) est mieux absorbé que le fer non héminique qui du reste représente la plus importante proportion de fer alimentaire (80 à 90%).

Le calcul de la proportion de fer absorbée dans la diète peut se faire au moyen des algorithmes développés par Hallberg et al (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 (Hallberg et al, 1979). Mais l'absorption du fer héminique peut varier de 40% (pendant la carence) à 10% (en absence de carence) (Hallberg et al, 1997). Environ 40% du fer provenant de la viande, de la volaille et des produits de mer est de type héminique (Monsen et al 1978; Hallberg et al 1984).

L'absorption du fer héminique est négativement affectée par le calcium (Hallberg et al, 1993). De même, le fer héminique peut être dégradé et converti en fer non héminique si l'aliment est cuit à haute température et pendant longtemps (FAO/WHO, 2000). Par contre, plusieurs autres facteurs affectent négativement l'absorption du fer non

héminique, notamment les dérivés hemicellulosiques, la pectine, l'acide phytique, les tannins (abondant dans le soja et le blé), les cations bivalents et les composés polyphénoliques (Siegenberg et al, 1991). Cependant l'acide ascorbique, les produits animaux et les aliments fermentés augmentent la biodisponibilité du fer non héminique.

Le comité conjoint FAO/WHO (1988) a estimé les apports recommandés en fer en fonction du degré d'absorption basé sur la proportion des produits d'origine animale dans l'alimentation.

Absorption du fer pendant la grossesse

Le calcul factoriel des besoins en fer de la femme enceinte assume que l'absorption du fer ne dépend que de la qualité du fer ingéré et de la présence d'activateurs ou des inhibiteurs d'absorption. Pourtant, il est établi qu'il existe une régulation de l'absorption en fonction des besoins. Une étude de Hienrich et al (1968) démontre que l'absorption martiale augmente avec le stade de la grossesse. Les auteurs ont suivi l'absorption du fer radioactif chez des femmes enceintes à divers stades de la grossesse. Il en résulte une augmentation de l'absorption de 40% à 90% entre le 4^e et le 9^e mois de grossesse. Au début des années 1950, Hahn et al (1951) avaient évalué l'absorption du fer en fonction du stade de grossesse et de la dose par administration de fer radioactif aux femmes enceintes. Les résultats révèlent que l'absorption du fer est à la fois fonction de la dose et des besoins physiologiques en fer. Par exemple, pour des doses de 18 mg de fer, 10% à 25% sont absorbés entre la 10^e et la 30^e semaine de grossesse tandis que pour des doses de 120 mg, entre 2 et 6% seulement sont absorbés pendant la même période.

Svanberg (1975) a étudié l'absorption du fer avant et après l'avortement chez des femmes ayant décidé d'avorter légalement. Ils ont séparé les femmes en deux groupes, l'un recevant des suppléments et l'autre un aliment test. Dans le groupe recevant l'aliment, avant l'avortement, l'absorption du fer est de 2.5%; deux mois après l'avortement, l'absorption du fer est d'environ 13%, traduisant une nette diminution de l'absorption du fer au début de la grossesse. Dans le groupe recevant les suppléments (30 mg de

supplément de fer ferreux à jeun), l'absorption est de 10% pendant la grossesse et de 42,6% deux mois après l'avortement. De même, dans une autre étude menée par Svanberg (1975), l'absorption moyenne du fer est de 0,7% au premier trimestre, 4,5% à 24 semaines, 13,5% à 36 semaines et de 6,5% dix semaines après l'accouchement. Ces deux études ont été conduites dans des conditions de diètes pauvres en fer mais démontrent néanmoins que l'absorption est faible au début de la grossesse et augmente par la suite. Dans des conditions idéales avec une ration adéquate en viande et en acide ascorbique, l'absorption moyenne du fer est de 0,4 mg/j au premier trimestre, 1,9 mg/j au second trimestre et 5.0 mg/j au troisième trimestre (Hallberg, 1996).

Il existe un plafond d'hémoglobinémie chez la femme enceinte que l'on peut situer à 13 g/dl. L'analyse des données du 'Food and Nutrition Board Report' (1990) montre que la variation dans les niveaux d'hémoglobine atteignables chez les femmes ayant reçu la supplémentation et les femmes ne l'ayant pas reçu se situe entre 0,5 et 1,5 g/dl (Rush, 2000).

4. Stockage du fer

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 (Dawson 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 et Crowley, 1984).

5. Redistribution et pertes

Les pertes basales de fer par l'organisme sont estimées à 14 µg/kg de poids corporel/jour (Green et al, 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. Les pertes de fer se font essentiellement par les fécès, la

peau, les urines, les pertes menstruelles, le tractus gastro-intestinal et les sécrétions vaginales (Demeayer, 1991 ; Carol et Crowley, 1984).

Dans l'organisme, il existe un équilibre dynamique entre l'absorption et le niveau de carence martiale. Cet équilibre est régulé par l'absorption (apport et biodisponibilité), les pertes et les réserves (Demeayer, 1991 ; Carol et Crowley, 1984). Toutefois, certaines perturbations physiologiques (menstruations, hémorragie interne...) contribuent à des pertes en fer importantes (Carol et Crowley, 1984). Le recyclage du fer se fait par destruction des érythrocytes (qui contiennent 80% du fer fonctionnel) par les macrophages du réticulum endoplasmique (la durée de vie d'un érythrocyte est de 120 jours). En moyenne 85% du fer libéré est redistribué à l'organisme sous forme de ferritine ou lié à la transferrine qui ramène le fer dans les précurseurs des globules rouges au niveau de la moelle osseuse ou d'autres tissus (Dawson et al, 1996).

III. Conséquences de l'anémie

L'anémie entraîne chez les femmes et les enfants une altération des mécanismes de défense de l'organisme et une augmentation du risque de mortalité. Elle peut également se traduire par une baisse de la productivité. Chez l'enfant l'anémie contribue à des dommages dans le développement cognitif et la croissance physique.

CHEZ L'ENFANT

1. Détérioration du statut immunitaire

Il existe des liens inextricables entre le statut martial et le statut immunitaire. La carence en fer affecte aussi bien l'immunité par médiation cellulaire que l'immunité par médiation humorale.

Le rôle du fer dans la baisse de la prolifération des lymphocytes chez les rats a été étudié par Kuvibidila et al (1995; 2001). La déficience en fer provoque une réduction de la

phosphatidyl inositol 4,5 bis phosphate (PIP2) et de la protéine kinase C (PKC), ainsi que la translocation de la PKC du cytosol aux récepteurs membranaires. La déficience induite du fer par la deferoxamine inhibe la transcription et la translation de certains gènes (*cdc2*, *cdk2*) qui jouent un rôle crucial dans l'activation des lymphocytes. Toutes ces observations suggèrent que la carence martiale bloque le cycle cellulaire des lymphocytes. Ce blocage de la division des lymphocytes va entraîner une baisse de leur concentration sérique. L'analyse du cycle cellulaire des lymphocytes de rats privés de fer montre un blocage du cycle en phase G1, S et G2 (Kuvibidila et al, 2001). Ceci implique une diminution de la production lymphocytaire et par ricochet, une plus forte vulnérabilité aux infections, particulièrement aux infections respiratoires (Oppenheimer et al, 1986).

L'atteinte de l'immunité par médiation cellulaire se traduit également dans les cas de déficience en fer par une réduction de l'activité des neutrophiles et des myélinoperoxydases (Baggs et Miller, 1973; Dhur et al, 1989; Oppenheimer, 1986). La production des facteurs de libération des macrophages ainsi que le taux de cellules tueuses vont chuter en présence d'une carence martiale (Dhur et al, 1989; Farthing, 1989).

Kochanowski et Sherman (1985) utilisent la méthode de Jerne (plaque photosensible) pour évaluer la production pancréatique des IgM et des IgG chez des rongeurs privés de fer. Ils notent une baisse sensible du taux d'anticorps dans ces lots par rapport aux lots contrôles (n'ayant aucune restriction dans leur ration alimentaire). Plus tôt en 1971, Nalder et al (1971) avaient remarqué une baisse de la réponse des anticorps aux toxines tétaniques chez les rats ferriprivés.

Dans sa revue de littérature portant sur le fer et l'immunité, Oppenheimer et al (1986) remarque qu'aucune étude ne rapporte un impact significatif de la carence martiale sur l'immunité humorale chez l'homme. Notons que les études sur le modèle animal montrent que la carence en fer détériore tant l'immunité par médiation cellulaire que l'immunité par médiation humorale (Kuvibidila et al, 2001). Ces divergences de résultats

peuvent s'expliquer par le fait que l'expérimentation en laboratoire bénéficie d'un meilleur contrôle des biais potentiels comparé aux études épidémiologiques. Toutefois, certaines études portant sur d'autres formes de malnutrition ont aussi noté une absence d'effet sur l'immunité humorale par rapport à l'immunité par médiation cellulaire (Tomkins et al, 1983; 1986). Cette dichotomie dans les liens entre les infections et la carence en fer fait partie d'un ensemble plus grand qui est celui des interactions entre la malnutrition et les infections. En général, la malnutrition altère la résistance de l'organisme aux infections et parallèlement, les infections causent ou amplifient la malnutrition. Dans la plupart des pays d'Afrique de l'Ouest, la malnutrition et les infections coexistent malheureusement très souvent sans que l'une soit la cause ou la conséquence de l'autre. Ceci a pour conséquence d'amplifier dramatiquement les interactions nocives entre les deux et partant leurs conséquences (Scrimshaw et SanGiovanni, 1968).

2. Altération du développement cognitif

La carence en fer chez les enfants est associée à une détérioration des fonctions cognitives, du développement moteur, du développement du langage et des performances scolaires (Scrimshaw et al, 1984; Lozoff, 2000; Pollit, 1997). La détérioration cognitive est un processus complexe et la carence en fer n'est probablement qu'un facteur dont la contribution est difficile à quantifier. Biologiquement, on fait l'hypothèse que la carence en fer va créer un déséquilibre des hormones cérébrales, particulièrement celui du système monoamine oxydase qui joue un rôle important dans le fonctionnement du cerveau (Beard et al, 1993).

Cantwell et al (1974) ont effectué des tests de quotient intellectuel sur les enfants américains non prématurés suivis de la naissance à l'âge de 7 ans. Parmi les 61 enfants suivis, 29 ont reçu des suppléments de fer dans la période néonatale. Entre 6 et 7 ans, les enfants ont été évalués. Les 32 enfants qui n'ont pas reçu de suppléments après la naissance étaient anémiés et aucun des 29 ayant reçu une supplémentation martiale néonatale n'était anémié. La moyenne du QI dans le groupe non anémié était de 98 et de

92 dans le groupe anémié. Le groupe d'enfants anémiés présentait aussi plus de signes d'inattention et d'hyperactivité que le groupe non anémié. Dans cette étude, outre le statut socioéconomique, les auteurs n'ont contrôlé pour aucun autre facteur de risque.

Dommergues et al (1989) ont suivi 147 enfants français de l'âge de 10 mois jusqu'à 4 ans. L'hémoglobémie et le quotient de développement (QD) ont été évalués à 10 mois, 2 ans et 4 ans. Les auteurs ont contrôlé dans cette étude pour la parité, l'éducation des parents et l'ethnie. Les prévalences de l'anémie (Hb < 11 g/dl) étaient de 22% à 10 mois, 9% à 2 ans et 2% à 4 ans. À 10 mois, on n'observe aucune association entre la concentration d'hémoglobine et le quotient de développement. À 24 et à 48 mois, les auteurs notent une association significative entre l'hémoglobémie et le QD ; les enfants anémiés ayant des scores de développement significativement plus faibles que les enfants non anémiés.

Pollit et al (1989) ont suivi 1358 enfants thaïlandais dans 16 écoles. Les enfants ont été déparasités avant leur enrôlement dans l'étude puis après 3 mois. Les enfants ont été randomisés dans deux groupes. Le groupe d'intervention a eu droit à une supplémentation de 50 mg/jour de sulfate de fer ferreux pendant deux semaines et le groupe contrôle a reçu un placebo. Le QI des enfants du groupe d'intervention était plus grand ($94,2 \pm 0,3$) que celui des enfants n'ayant pas eu droit à la supplémentation martiale ($90,8 \pm 0,1$, $p=0,001$). Aucune différence n'a été observée par contre dans le score du test de mathématique entre les deux groupes.

Lozoff et al (2000) a évalué les performances scolaires de 167 enfants au Costa Rica. Les enfants ont été suivis de 12 mois à 5 ans. Les auteurs ont contrôlé pour le sexe de l'enfant et le quotient intellectuel de la mère. Après avoir effectué différents tests d'habiletés cognitives et motrices, les auteurs rapportent qu'en général, les enfants anémiés ont des scores plus faibles que les non anémiés. Cette différence est encore plus marquée dans les tests d'écriture, d'arithmétique et de mémoire spatiale. Les enfants anémiés manifestent aussi plus de signes d'anxiété et des problèmes d'inattention que les enfants non anémiés ; ils sont plus souvent référés à des services spécialisés. Sur ce dernier point,

Hurtado et al (1999) ont suivi 5411 enfants américains de la naissance jusque l'âge de 10 ans et rapportent aussi que les enfants anémiés ont un risque de placement en centre d'éducation spécialisé plus élevé que les enfants non anémiés. En effet, après contrôle pour le poids à la naissance, l'éducation des parents, le sexe, l'ethnie, la race, et l'âge, le risque de placement en centre d'éducation spécialisé augmente de 1,28 pour chaque baisse de l'hémoglobine de 1 g/dl.

3. Mortalité infantile et juvénile

Plusieurs études ont estimé la contribution de l'anémie à la mortalité des enfants dans les pays en développement. Cette estimation de la mortalité s'est faite soit en calculant la proportion de décès attribuable à l'anémie, soit en estimant la proportion d'enfants anémiés qui meurent. La mortalité attribuable à l'anémie est probablement sous estimée puisque l'anémie n'est pas souvent énoncée comme cause de décès hors des structures hospitalières. Dans une revue de littérature sur la question, Brabin et al (2001) estiment entre 1,5 et 5,2 le risque de mortalité infantile attribuable à l'anémie sévère ($Hb < 7$ g/dl).

En 1970, Bwibo a mené une étude de cohorte rétrospective à travers des registres hospitaliers à Kampala (Ouganda). L'étude portait sur des enfants d'un mois à 15 ans morts entre 1967 et 1968. Parmi les 224 décès chez les enfants d'un à 12 mois, 15 étaient dus à l'anémie soit 6,7%. Chez les enfants de 1 à 5 ans, 30 des 372 décès étaient dus à l'anémie soit 8,1% (Bwibo, 1970).

Hodges et Williams (1995) ont mené une étude similaire à celle de Bwibo sur les enfants sierra-léonais de Freetown décédés entre 1987 et 1991 à partir des registres de décès municipaux. 193 (8%) des 2419 décès d'enfants de 0 à 12 mois étaient reliés à l'anémie (comme cause primaire de décès). L'anémie était aussi rapportée comme cause primaire de décès chez 15,4% des enfants de 1 à 5 ans.

Entre 1989 et 1991, Van Der Broeck et al (1993) ont conduit une étude prospective dans les hôpitaux de Bwamanda en république démocratique du Congo (ex Zaïre). Des 246

décès d'enfants de 0 à 5 ans enregistrés au cours de cette période, l'anémie sévère était diagnostiquée et rapportée comme cause de 30 décès soit 12%.

Commey et al (1995) se sont intéressés spécifiquement aux décès attribuables à l'anémie sévère et très sévère. Les cas sont recrutés dans les services d'urgences des hôpitaux d'Accra (Ghana). L'étude rapporte que 58% des décès observés en 1991 dans ces services d'urgence étaient reliés à l'anémie sévère ($Hb < 7$ g/dl). Dans cette étude, les auteurs ont aussi spécifié la cause de l'anémie. L'anémie nutritionnelle représentait 52% suivie de la malaria sévère (22%), de l'anémie falciforme (11%) de la malnutrition protéino-énergétique (8%) et des gastroentérites (7%)

Zucker et al (1996) qui ont suivi des enfants kenyans de moins de 5 ans ont estimé à 32,4% la proportion de décès des suites d'anémie très sévère ($Hb < 5$ g/dl). Les causes d'anémies étaient principalement la diarrhée chronique (32%), la malaria (12%), d'autres infections bactériennes (8%), le SIDA (1,2%), la fièvre (2,4%), les infections respiratoires (2,4%), la rougeole (1%) et la malnutrition (1%).

Brabin et al (2001) ont essayé d'établir un lien de causalité entre l'anémie et la mortalité chez les enfants. Ils rapportent qu'il existe peu d'évidence sur l'association entre l'anémie légère voire modérée et la mortalité infantile. En revanche, il semble irréfutable que l'anémie sévère est une cause directe de mortalité. Ils évaluent à 38 pour 1000 le taux de mortalité attribuable à l'anémie sévère ($Hb < 8$ g/dl) dans les pays en développement. Dans ce risque, l'anémie liée à la malaria contribuerait pour 22 pour 1000 et l'anémie liée à la carence en fer pour 11 pour 1000.

CHEZ LA FEMME

4. Effets sur la productivité

La carence en fer et l'anémie sont de plus en plus associées à la baisse des capacités aérobiques, la diminution de l'endurance physique et la réduction de l'efficacité au travail

aussi bien dans les études en laboratoire sur les animaux (Davies et al 1982; 1984; Hunt, 1994) que chez l'humain (Woodson et al, 1978; Lukaski et al, 1991; Untoro et al, 1998).

Haas et Brownlie (2001) ont revu l'essentiel de la littérature sur les liens entre l'anémie et la productivité. Ils concluent que l'anémie modérée et sévère sont associées à une baisse des capacités aérobiques (diminution de la VO_2^{\max} de 10 à 50%). Cette chute de la VO_2^{\max} est inversement proportionnelle au niveau d'hémoglobine et graduellement corrigé par la supplémentation en fer. Ils ne rapportent aucune association entre la carence en fer sans anémie et la baisse des capacités aérobiques, probablement due au fait que l'hémoglobinémie n'est pas affectée par la carence en fer sans anémie. On sait que la VO_2^{\max} est corrélée au transport d'oxygène par l'hémoglobine. En 1998, la même équipe avait étudié l'endurance de deux groupes de femmes en mesurant le temps pour parcourir 15 km sur un ergomètre. Ils en étaient arrivés à la conclusion que la carence en fer n'affectait pas l'endurance. Mais ils avaient aussi rapporté que dans le groupe de femmes recevant des suppléments de fer, la dépense énergétique pour effectuer le même travail était moins importante que dans le groupe non supplémenté (Zhu et Haas, 1998).

Hinton et al (2000) pensent que la carence en fer est associée à la baisse de l'endurance seulement dans les cas où les réserves martiales tissulaires sont entamées. Cet argument rejoint les conclusions de Viteri (1974) et celles de Celsting et al (1986) qui ont montré que l'anémie, même légère réduisait le niveau de performance lors des exercices brefs mais intenses en raison de l'altération des myocytes par la carence en fer intracellulaire. Le lien entre la carence en fer et la baisse des capacités physiques résiderait dans l'altération des fonctions du muscle squelettique chez les personnes carencées en fer. D'après Celsting et al (1986) l'anémie modérée à sévère réduirait de 47% le niveau d'endurance des femmes définie comme le temps maximal qu'un individu peut tenir pour une charge de travail donnée.

Coté efficacité au travail, les patients souffrant d'anémie se plaignent en général de fatigue, de palpitations et de bourdonnement. On note aussi une baisse de la tolérance au travail (Herberg et Galan, 1992). La thèse de Li (1993) sur l'anémie chez les femmes

chinoises fait état d'une baisse de la productivité au travail d'environ 15% chez les femmes anémiées et que cette baisse est corrigée après 4 mois de supplémentation martiale.

Untoro et al (1998) ont évalué l'efficacité de 230 femmes indonésiennes travaillant pour une compagnie de cigarette. La productivité est évaluée par le nombre de cigarettes enroulées par jour. Les auteurs ont contrôlé pour l'expérience au travail, la composition corporelle, le niveau d'éducation et la parité. Ils rapportent une production de 5% inférieure chez les femmes anémiées (Hb < 12 g/dl).

Ces effets néfastes de l'anémie sur les capacités physiques ont été confirmés en laboratoire par les études de Dallman sur les rats de laboratoire qui ont montré que la déplétion des enzymes oxydatives du muscle squelettique allait croissant avec l'évolution de l'anémie (Dallman 1982; 1986). Dans ces études, les auteurs montrent que la baisse de la concentration de myoglobine dans le muscle squelettique chez les animaux de laboratoire contribue significativement à la baisse de l'endurance physique.

5. Grossesse et produit de gestation

Malhotra et al (2002) ont étudié les effets adverses des différents degrés d'anémie chez 447 femmes enceintes. Ils ont divisé les femmes en 4 sous groupes en fonction de leur hémoglobinémie. Le groupe I était constitué des femmes ayant une hémoglobinémie normale (Hb > 11 g/dl). Le groupe II comprenait les femmes faisant une anémie légère (Hb comprise entre 9,0 g/dl et 10,9 g/dl). Le groupe III représentait les femmes avec une forme modérée d'anémie (Hb comprise entre 7 g/dl et 8,9 g/dl) et le groupe IV les femmes sévèrement anémiée (Hb < 7 g/dl). Il ressort de cette étude que la durée du travail pendant l'accouchement est fonction du degré d'anémie. En effet comparées aux femmes non anémiées, les femmes faisant une anémie légère ont un risque de travail prolongé (> 8 heures) 3 fois plus grand. Les femmes faisant une anémie modérée à sévère (Hb < 8,9 g/dl) ont un risque de travail prolongé 4 à 7 fois plus élevé que les femmes non anémiées. Le pourcentage de femmes accouchant par césarienne est de 6% chez les non anémiées,

7,5% dans les cas d'anémie légère, 13% dans les cas modérés, et 16% dans les cas sévères.

L'anémie serait aussi associée au faible poids à la naissance. Dans l'étude de Malhorta et al (2002), le poids moyen à la naissance est faible dans les groupes III et IV (2678g et 2245g respectivement contre 2720g et 2729g dans les groupes I et II). Le pourcentage d'enfants ayant un faible poids à la naissance est environ deux fois plus élevé chez les bébés de mères sévèrement anémiées (Hb < 7 g/dl) par rapport aux autres (55% vs 24%).

La relation entre l'anémie maternelle et le faible poids de l'enfant à la naissance semble être une relation en forme de U puisque Murphy et al (1986) rapportent que aussi bien une faible qu'une très forte hémoglobininémie pendant la grossesse prédispose à des enfants de petits poids. Les chercheurs expliquent la relation inverse entre l'hémoglobininémie maternelle et le poids à la naissance par le fait qu'une forte concentration d'hémoglobine traduit une faible expansion du volume plasmatique qui en soi est un risque de faible poids à la naissance (Steer, 2000).

L'anémie maternelle est aussi associée à la prématurité; dans l'étude de Murphy et al (1986), les femmes enceintes anémiées (Hb < 10,9 g/dl) entre la 13^e et la 24^e semaine de grossesse avaient en moyenne 1,5 fois plus de risque de prématurité. Klebanoff et al (1991) rapportent dans leur étude cas - témoin portant sur 1706 femmes enceintes, un risque de prématurité spontanée 2 fois plus élevé chez les femmes ayant eu un diagnostic d'anémie au second trimestre de grossesse. D'autres auteurs ont montré que l'anémie sévère (Garn et al, 1981; Steer et al, 1995) autant que l'anémie modérée (Lieberman et al, 1987; Meis et al, 1995) sont associées à des risques de prématurité 2 à 4 fois plus importants.

Toutefois, il n'y a pas encore de consensus sur la nature causale de l'association entre l'anémie et la prématurité. Il est possible que plutôt que d'être une cause du faible poids à la naissance ou du retard de croissance intra-utérin, l'anémie partage la même étiologie que ces problèmes (Yip, 2000; Yip et Ramakrishnan, 2002).

6. Anémie et maladies cardiovasculaires

De plus en plus, l'anémie est associée au risque de maladies cardiovasculaires. Sarnak et al (2002) ont suivi pendant près de 6 ans une cohorte de 14410 américains (6267 hommes et 8143 femmes) sans antécédents de maladies cardiovasculaires. Au début de l'étude, 5% des hommes étaient anémiés (Hb < 13 g/dl) et 13% des femmes (Hb < 12 g/dl). Ils rapportent un risque de maladie cardiovasculaire plus élevé chez les personnes anémiées (RR=1,41; 95%IC=1,01-1,95) dans l'ensemble de la cohorte; la stratification en fonction du sexe ne montre pas de différence de risque en fonction du sexe.

Dans une autre étude menée chez 417 patients israéliens souffrant de pathologie cardiaque ischémique, Zeidman et al (2004) rapportent une plus grande sévérité de la maladie chez les patients anémiés (80%) que chez les patients non anémiés. Conséquemment, la mortalité est aussi plus élevée dans le groupe des patients anémiés (18%) que chez les patients non anémiés (4%).

Ramakrishnan et al (2002) ont examiné l'association entre les réserves en fer de l'organisme et le risque de maladie cardiovasculaire chez des femmes américaines de 20 à 49 ans à partir des données du NHANESIII. Le risque de MCV est mesuré par l'IMC, le cholestérol total, le taux de triglycérides, le taux de glucose et la pression artérielle. Après ajustement pour les variables confondantes (infections, âge, sexe, don de sang, supplémentation en fer), la carence en fer (mesurée par la ferritinémie) est positivement associée au risque de maladie cardiovasculaire chez les femmes noires et les femmes d'origine mexicaine. Plusieurs autres études chez les personnes adultes ont aussi rapporté que le risque de maladie cardiovasculaire augmentait avec la baisse des réserves en fer (Sempos et al, 1994; Kurl et al, 2002; Klipstein-Grobusch et al, 1999).

7. Mortalité maternelle

La mortalité maternelle est surtout liée à l'anémie sévère. D'après Ross et Thomas qui ont analysé les résultats de 21 études réalisées en Afrique et en Asie, 20% des décès

maternels en Afrique et 23% en Asie sont attribuables à l'anémie (Ross et Thomas, 1996). Ces chiffres font référence à la mortalité directe liée à l'anémie notamment par arrêt cardiaque ou infections opportunistes liées à l'anémie (7,6% en Afrique et 10,8% en Asie); ainsi qu'à la mortalité indirecte liée à l'anémie soit 25% des décès hémorragiques et 10% des autres décès maternels. Il s'agit ici de proportions probablement sous estimées parce que basées exclusivement sur des données hospitalières; les décès maternels probablement nombreux liés au manque de moyens financiers pour se rendre à l'hôpital, d'infrastructures de transports et aux croyances ne sont pas comptabilisés. Au Bénin, 25% des femmes accouchent hors des structures hospitalières (EDS Bénin, 2001). Cette proportion de femmes accouchant sans assistance médicale est de 60% au Mali (EDS Mali, 2001). Les conséquences de l'anémie sévère peuvent être fatales pendant l'accouchement surtout en cas d'hémorragie abondante (Fleming et al, 1986; Omar et al, 1994; Allen, 1997; Scrimshaw et al, 1984; Daramola et al, 2004). En 1993, l'OMS estimait le nombre de décès maternel à 34 pour 100000 naissances vivantes au Nigeria et 194/100000 au Pakistan (OMS, 1993).

Au cours des cinquante dernières années, l'anémie et ses conséquences sur la grossesse ont fait l'objet de plusieurs études. Lewellyn-Jones et al (1965) ont recensé les femmes ayant accouché à la maternité de l'hôpital de Kuala Lumpur entre 1953 et 1962. Parmi les 73048 femmes concernées, 2250 étaient sévèrement anémiées (Hb < 6,6 g/dl) soit environ 3%. Le taux de mortalité chez ces mères sévèrement anémiées s'élevait à 1556/100000 naissances vivantes. Ce taux de mortalité était de 350/100000 chez les femmes non sévèrement anémiées; ce qui correspond à un risque de mortalité 4,4 fois plus élevé chez les femmes faisant une anémie sévère.

Cheng-Chi et al (1991) ont étudié les causes de décès des femmes ayant accouché entre 1977 et 1983 dans 12 hôpitaux universitaires en Indonésie. Le taux de mortalité chez les femmes citadines anémiées (Hb < 9,0 g/dl) était de 388/100000 naissances vivantes et de 184/100000 chez les femmes citadines non anémiées soit un risque de mortalité 2,1 fois plus élevé. Chez les femmes vivant en milieu rural, le taux de mortalité était de 1348/100000 naissances vivantes chez les femmes anémiées et de 228/100000 chez les

mères non anémiées correspondant à un risque relatif de 5,9. Notons que 99 des 108 femmes décédées et rapportées par l'étude de Cheng-Chi et al (1991) étaient arrivées à l'hôpital en situation d'urgence.

En Inde, Sarin (1995) s'est intéressé aux dossiers médicaux des femmes enceintes à terme admises dans les hôpitaux de l'état de Punjab. L'étude rapporte un taux de mortalité de 556/100000 naissances vivantes chez les femmes non anémiées. Le taux de mortalité s'élevait à 566/100000 chez les femmes légèrement anémiées, 927/100000 chez les femmes modérément anémiées et 1769/100000 chez les femmes faisant une anémie sévère.

Brabin et al (2001) ont fait une méta-analyse des principales études s'étant intéressées aux liens entre l'anémie et la mortalité maternelle. Ils rapportent que 41% des décès maternels en Afrique sont attribuables à l'anémie. Cette proportion est de 31% en Asie et 8% en Amérique latine. Dans cette étude, les auteurs ont aussi approximé les décès attribuables à l'anémie par la proportion de femmes anémiées qui décédaient. Les chiffres varient énormément en fonction des pays allant de 0% en Zambie à 32% en Guinée Conakry (Tableau 2.3).

Les mécanismes de l'association entre l'anémie et le haut risque de mortalité maternelle ne sont pas encore totalement élucidés. On sait que les arrêts cardiaques pendant l'accouchement y contribuent (Varat, 1972). Mais aussi, les femmes anémiées tolèrent moins bien les hémorragies qui accompagnent l'accouchement (WHO, 2001).

Tableau 2.3 : Anémie pendant la grossesse et proportion de femmes qui décèdent adapté de Brabin et al (2001)

Référence	Pays	Hb (g/L)	Décès	Survivants	% mortalité
Tasker et al, 1958	Malaisie	< 65	21	1205	1,7
Konar et al, 1980	Inde (Calcutta)	< 70	87	2378	3,5
Sarin, 1995	Inde (Punjab)	< 70	117	8231	1,4
		70-110	184	19462	0,9
		> 110	38	10533	0,4
Fleming, 1989	Zambie (Ndola)	< 70	0	11	0,0
Brabin et al, 1990	Papouasie	< 80	1	64	1,5
	Nouvelle Guinée				
Foord et al, 1992	Gambie	< 75	2	199	1,0
Thonneau et al, 1992	Guinée (Conakry)	Examen	59	128	31,6
		clinique			
Diallo et al, 1995	Guinée (Conakry)	< 110	12	1396	0,9
Zucker et al, 1994	Kenya	< 60	6	67	8,2

IV. Facteurs associés à l'anémie chez les femmes et les enfants

Les déterminants de l'anémie dans les pays pauvres sont de trois ordres. Ils peuvent être directement liés aux caractéristiques biologiques ou physiologiques de l'individu (âge, sexe, grossesse), à l'environnement immédiat ou familial (caractéristiques du ménage) ou à l'environnement communautaire (structurel et infrastructurel).

1. Les facteurs biologiques et physiologiques

Les déterminants dits biologiques de l'anémie sont en général l'âge et le sexe. À cela on peut ajouter des facteurs tels chez l'enfant, le rang de naissance et chez la femme, l'âge au premier accouchement et la grossesse. La malnutrition et les infections sont aussi des facteurs associés à l'anémie chez les femmes et les enfants.

Les besoins en fer de l'enfant sont fonction de son âge et une attention particulière doit être portée à l'alimentation des enfants pendant le sevrage (FAO/WHO, 1988; Hercberg et al, 1988). L'étude de De Almeida et al (2004) sur une cohorte de 192 enfants brésiliens fait ressortir l'âge comme la seule variable significativement associée à l'anémie après contrôle pour tous les autres principaux facteurs de risque tels l'éducation des parents, l'allaitement, le revenu et l'anthropométrie.

Récemment, Osorio et al (2004) ont étudié les facteurs associés à l'anémie dans une cohorte de 605 enfants brésiliens de 6 à 59 mois. La concentration moyenne d'hémoglobine était de 10,4 g/dl chez les enfants de 6 à 23 mois et de 11,4 g/dl chez ceux de 24 à 59 mois. Dans cette étude, l'analyse de régression montre que l'âge de l'enfant explique environ 8% de la variance dans la concentration de l'hémoglobine après contrôle pour des variables telles l'éducation, le statut socioéconomique, l'hygiène, le poids à la naissance, la consommation de fer héminique, les infections diarrhéiques et le rétinol sérique.

Schellenberg et al (2003) ont examiné le lien entre l'anémie et l'âge chez 2417 enfants tanzaniens de 0 mois à 5 ans. Ils rapportent une prévalence d'anémie très sévère (Hb < 5 g/dl) de 5% chez les enfants de 1 à 5 mois, de 10% chez les enfants de 6 à 11 mois, de 4% chez les enfants de 1 à 2 ans, de 2% chez les enfants de 2 à 3 ans et de moins de 1% chez les enfants de 3 ans et plus.

Il est établi, en ce qui concerne la relation entre les infections et le sexe de l'enfant qu'en général les garçons sont plus susceptibles et plus vulnérables que les filles dans la période néonatale (Wallace, 1978). Peu d'évidences sont rapportées cependant sur ce sujet par les études sur l'anémie, les résultats étant partagés entre l'absence de différences significatives entre les sexes (Osorio et al, 2004; Murila, 1999) et la susceptibilité des garçons (Osorio, 2002; Emond et al, 1996; Brault-Dubuc et al, 1983; Hassan et al, 1997; Soh et al, 2004). Cette susceptibilité accrue des garçons serait attribuable à leur croissance beaucoup plus rapide (Torres et al, 1994; Male et al, 2001).

Le rang de naissance est très souvent associé aux problèmes de santé chez l'enfant. Ahmad et al (1982) ont mené une étude sur la morbidité et le rang de naissance chez les enfants indiens de 0 à 5 ans. Ils rapportent une prévalence trois fois plus grande chez les enfants dont le rang de naissance est supérieur à trois. D'autres études ont trouvé des associations allant dans le même sens c'est-à-dire une relation positive entre la prévalence de la malnutrition ou des infections et le rang de naissance (Dwivedi et al, 1992). Cette relation est probablement reliée à la taille du ménage qui augmente avec le nombre de naissances vivantes.

L'âge de la mère est aussi bien associé à l'anémie maternelle qu'à l'anémie infantile. Dans son étude sur les jeunes enfants brésiliens, Osorio et al (2004) rapporte que la concentration de l'hémoglobine chez les enfants de 6 à 59 mois augmente avec l'âge de la mère; elle est de 10,7 g/dl chez les enfants de mère de moins de 25 ans et de 11,3 g/dl chez ceux dont la mère a plus de 25 ans. De Pee et al (2002), dans une étude transversale sur les facteurs de risque d'anémie chez les enfants indonésiens de 4 à 6 mois, rapportent des prévalences d'anémie (Hb < 10 g/dl) significativement plus grandes chez les mères de moins de 20 ans (48%) que chez les mères de 20 ans ou plus (36%).

Les besoins en fer de l'adolescente sont plus importants que ceux de la femme adulte. Selon les estimations de l'OMS, les besoins médians des femmes de 15 à 17 ans non enceintes sont de 1,62 mg/j et ceux des femmes de 18 ans et plus de 1,46 mg/j

(FAO/WHO, 1988). L'âge de la mère est aussi corrélé à de nombreux facteurs tels le statut socio-économique, la parité et la taille du ménage.

Les facteurs liés à l'état de santé et aux comportements en matière de santé

Essentiellement il s'agit ici des facteurs en lien avec l'état nutritionnel des enfants (anthropométrie), des infections, de la vaccination et des conditions d'hygiène.

L'alimentation

En Afrique subsaharienne, une alimentation pauvre en fer est la principale cause d'anémie (WHO, 2001; Yip, 1997; Verhoeff et al, 1999; Van der Broek et al, 2000). Asobayire et al (2001) rapportent dans une récente étude en Côte d'Ivoire que la carence en fer contribue pour environ 50% dans l'étiologie de l'anémie chez les femmes et 80% chez les enfants de 2 à 4 ans. L'anémie par carence martiale est non seulement attribuable à une ration faible en fer mais aussi à une alimentation faible en activateurs de l'absorption du fer ou riche en inhibiteurs de cette absorption.

L'acide ascorbique est le principal activateur de l'absorption du fer. Il favorise la réduction du fer ferrique en fer ferreux dans l'estomac qui forme un complexe soluble fer-acide ascorbique. L'OMS suggère de prendre au moins 25 mg de vitamine C à chaque repas (FAO/WHO, 2000). En effet, l'absorption du fer alimentaire 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 (Allen, 1997; Hallberg, 2000). Hallberg et al (1987) suggèrent d'ailleurs qu'au chapitre des rôles physiologiques de la vitamine C, soit inclus l'activation de l'absorption du fer.

Les protéines animales (la viande et les produits de mer) favorisent la biodisponibilité du fer en pourvoyant l'organisme en fer héminique et en aidant à l'absorption du fer non

héminique. Le tableau 2.3 donne une idée de l'effet de l'acide ascorbique et des protéines animales sur la biodisponibilité du fer alimentaire.

Tableau 2.4: Proportion de fer non héminique absorbée en fonction de la teneur du repas en protéines animales et en acide ascorbique (adapté de Murphy et al, 1992)

		Protéines animales (g/1000kcal)		
		<9	9-27	>27
Acide ascorbique (mg/1000kcal)	< 35	5%	10%	15%
	35 – 105	10%	15%	15%
	> 105	15%	15%	15%

L'absorption du fer est par contre négativement 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. Les phytates (Hurell, 1992; Hallberg, 1987; Brune, 1992), les polyphénols contenus dans le café ou le thé (Disler et al, 1975; Siegenberg, 1991; Hallberg, 1982; Morck, 1983) et le calcium (Gleerup et al, 1995; Hallberg, 1991) affectent négativement l'absorption martiale

Dans certains pays, la géophagie constitue une source non négligeable de fer non alimentaire (Harvey, 2000; Abrahams, 1997; Geissler et al, 1997). Les enfants absorbent du fer soit en jouant dans la poussière, soit par consommation directe de latérite très riche en fer ferrique. Cette pratique est très répandue au Kenya où environ 73% des enfants consomment en moyenne 28 g de terre quotidiennement (Geissler et al, 1997).

L'état nutritionnel

L'anémie, nous l'avons vu, est essentiellement liée à des apports alimentaires insuffisants ou inadéquats en Afrique subsaharienne. Elle a donc une étiologie commune avec la

malnutrition notamment l'émaciation et le retard staturo-pondéral. Les résultats de l'étude de Osorio et al (2004) montrent que les enfants ayant une insuffisance pondérale (score poids pour âge < -2 ET) ont une concentration sérique d'hémoglobine de 10% inférieure à celle des enfants ayant un score normal. De Pee et al (2002) rapportent des résultats allant dans le même sens avec l'indice taille pour âge chez les enfants indonésiens. Les enfants ayant des scores taille pour âge < -2 ET ont un risque d'anémie (Hb < 10,0 g/dl) plus important que leurs pairs sans insuffisance pondérale (RC=1,70) mais la différence n'est pas statistiquement significative (95% IC = 0,97-2,95).

Dans leur étude chez des enfants de 6 à 36 mois dans des camps de réfugiés palestiniens, Hassan et al (1997) rapportent des risques d'anémie plus grands chez les enfants accusant un retard de croissance. Ce risque est fonction de la présence de diarrhées et/ou de fièvre. Par exemple, chez les enfants de 6 à 12 mois accusant un retard de croissance et souffrant de diarrhée ou de fièvre, le risque d'anémie était de 4,4 (95%IC = 1,3-14,4); chez ceux du même groupe souffrant de diarrhées et de fièvre, le risque était de 7,7 (95%CI =1,0-57,5).

D'après Warriar et al (1990), la carence protéinique associée à une malnutrition protéino-énergétique réduirait de 20% la concentration de l'hémoglobine. Cette thèse est soutenue par l'étude de El-Nawawy et al (2002) qui confirme une baisse de l'érythropoïèse chez les enfants égyptiens malnouris. Cette baisse correspondrait à une adaptation de l'organisme à la réduction de la masse musculaire. De plus, tout apport limité en énergie et protéine l'est probablement en multiples micronutriments (Murray et Lopez, 1994).

Les infections

Au chapitre des causes non alimentaires de l'anémie figurent en bonne place les infections parasitaires. Les conditions d'hygiène du ménage et de la communauté sont plus ou moins directement responsables de certaines infections parasitaires qui à leur tour causent l'anémie. Il est difficile dans les enquêtes populationnelles d'évaluer le degré de salubrité d'un ménage par rapport à un autre. Cependant, la disponibilité et le type de

latrines ainsi que l'accessibilité à l'eau courante permettent d'avoir une idée relativement précise de la salubrité et du degré d'exposition aux infestations telles les maladies du péril fécal. Dans l'étude de Osorio et al (2004), l'hygiène et la qualité de l'eau de boisson expliquent 3% de la variance observée dans la concentration de l'hémoglobine. En protégeant de certaines infections, la vaccination aiderait également à la baisse du risque d'anémie. Quelques études ont démontré que les enfants complètement vaccinés avaient des risques d'anémie moins élevés que les enfants non vaccinés ou partiellement vaccinés (Schellenberg et al, 2003; Dwivedi et al, 1992).

Les principales pathologies associées à l'anémie en Afrique subsaharienne sont les hémoglobinopathies particulièrement l'anémie falciforme (Haddy et Castro, 1982 Nkrumah et al, 1984), le SIDA (Murray et Lopez, 1994; Sullivan et al, 1998; Van Eijk et al, 2002; Dreyfuss et al, 2001), les parasitoses intestinales et la malaria (Scrimshaw et SanGiovanni, 1968).

Le SIDA

La carence en fer joue un rôle important dans l'affaiblissement du système immunitaire et ainsi accentue la vulnérabilité des personnes séropositives au VIH (Friis et Michaelson, 1998). L'anémie qui représente le stade le plus avancé de la carence en fer est très fréquent chez les personnes vivant avec le VIH, aussi bien les femmes que les enfants (Castaldo et al, 1996; Adewuyi et al, 1994; Fleming, 1989). Les causes de l'anémie liée au SIDA sont encore mal connues mais il est fortement soupçonné que cette anémie serait la conséquence d'inflammations chroniques, d'infections opportunistes, d'une suppression de la production des globules rouges induite par les cytokines, ou d'une réduction des apports nutritionnels. Le risque de mourir chez les personnes séropositives augmente avec la sévérité de l'anémie; Mocroft et al (1999) rapportent dans leur étude que le risque de mortalité augmente de 57% pour chaque baisse d'hémoglobine d'1g/dl. Les auteurs ont contrôlé pour la charge virale, le niveau de CD4 et l'utilisation des antiretroviraux.

À Blantyre au Malawi, Van den Broek et al (1998) ont étudié le lien entre le HIV/SIDA dans sa phase asymptomatique et le risque d'anémie pendant la grossesse chez 155 femmes ayant une hémoglobinémie en deça de 10,5 g/dL. 47% des participantes étaient séropositives et le niveau d'hémoglobine de ces femmes séropositives était significativement plus bas que celui des femmes non séropositives (8,4 g/dl vs 8,9 g/dl; $p < 0,001$). Les taux sériques de rétinol, de vitamine B12 et de folate.

Au Burkina Faso, Meda et al (1999) ont aussi rapporté une prévalence d'anémie plus importante chez les femmes séropositives que chez les femmes négatives (78% vs 65% $p < 0,001$). Malgré ces évidences, la prévalence au Mali et au Bénin est assez faible (1,7% et 1,9% respectivement) et au niveau populationnel, il ne constitue qu'un facteur de risque marginal d'anémie comparé à la malaria ou aux infestions parasitaires (UNAIDS, 2004). Il est toutefois à signaler que dans ces deux pays, le SIDA affecte quatre femmes pour un homme (UNAIDS, 2004). Il est donc craindre qu'avec l'augmentation rapide du nombre de cas au fil des années (de un à deux pour cent entre 1987 et 2001) le SIDA ne deviennent un facteur de risque considérable d'anémie dans ces deux pays. Toutefois, les données sur l'évolution de la prévalence du SIDA dans les deux pays sont nébuleuses et laisse croire à une baisse de la prévalence avec le temps. Les enquêtes sentinelles de 1999 au Bénin et 1997 au Mali estimaient à 4% et 3% la prévalence du SIDA dans les deux pays (UNAIDS, 2000) tandis que les dernières estimations de 2004 nationales donnaient des prévalences en deça de 2% (UNAIDS, 2004).

Les parasites intestinaux

Les parasites intestinaux provoquent des saignements au niveau de l'intestin et sont à l'origine d'une malabsorption des nutriments au niveau intestinal. Ils provoquent aussi des pertes d'appétit ce qui réduit les apports alimentaires et accroît le risque d'anémie. Les principales familles parasites impliquées dans l'anémie sont les *Necator americanus* et *Ancylostoma duodenale* ('Hookworms'), les *Trichuris trichiura* ('Whipworms') et les schistosomes (Cornet, 1998; who, 1996). *Necator americanus* et *Ancylostoma duodenale*

s'attachent à la muqueuse intestinale et sucent le sang des vaisseaux de la sous muqueuse. Les pertes de sang qu'ils occasionnent varient de 2,4 à 4,5 ml de sang / j en fonction du niveau d'infestation parasitaire. Ceci est l'équivalent de 1 à 2 mg de perte de fer par jour (Fleming, 1981; Hercberg et Galan, 1992; Stoltzfus et al, 1997).

Les infestations modérées à certains helminthes intestinaux causent des 'pertes' martiales quotidiennes presque équivalentes aux besoins supplémentaires liés à la grossesse (Tableau 2.5).

Tableau 2.5: Pertes martiales et besoins quotidiens chez une femme adapté de Stoltzfus et al, (1997).

	Pertes martiales (mg/j)
Grossesse	2.14
Infections à Hookworm infection (intensité modérée)	
<i>N. americanus</i>	1.10
<i>A. duodenale</i>	2.30
Autres parasites intestinaux	
<i>T. trichiura</i> (intensité modérée)	1.16
<i>S. haematobium</i> (Intensité sévère)	2.10

Les *Necator americanus* et *Ancylostoma duodénale*, *Trichuris trichiura* sont des parasites transmis par la terre et sont très répandus dans les régions tropicales et sub-tropicales. Les Whipworms entraînent une perte martiale moyenne de 1 g/j (Stoltzfus et al. 1997). Les schistosomes quant à eux sont plus prévalents chez les personnes de sexe masculin que chez ceux de sexe féminin probablement parce qu'elles sont plus enclines à faire de la nage et de la pêche car les œufs de schistosomes se retrouvent dans les rivières et les marres d'eau (Nash, 1982). Les schistosomes créent des saignements au niveau du gros intestin et de la vessie. Les saignements occasionnés peuvent entraîner de 1 à 6 mg de perte de fer par jour (Hercberg et Galan, 1992; Nash, 1982).

Au Mali, Ayoya et al (2003) ont étudié les facteurs de risque d'anémie chez 190 femmes enceintes sélectionnées aléatoirement dans une clinique médicale de Bamako. 57% des

femmes dans cette étude étaient anémiées (Hb < 11 g/dl), 12% avaient de la malaria, 30% étaient infestées par *Schistosoma Haematobium* et 8% par *Necator americanus* et *Ancylostoma duodenale*. Les résultats de l'étude montrent que le risque d'anémie attribuable à *Schistosoma Haematobium* était de 17% et le risque attribuable aux *Necator americanus* et *Ancylostoma duodenale* de 41%.

Dans la littérature récente, l'association entre les infestations intestinales et l'anémie ont été surtout étudiées en observant la réponse des patients anémiés (changement dans l'hémoglobine) aux traitements antihelminthes (Friis et al, 2003; Dossa et al, 2001; Guyatt et al 2001; Torlesse et al, 2001; Beasley et al, 1999). Ces études rapportent des effets mitigés des traitements antihelminthes sur l'anémie. Dossa et al (2001) rapportent une augmentation significative du niveau d'hémoglobine chez des enfants béninois d'âge scolaire déparasités tandis que Torlesse et al (2001) rapportent aussi une augmentation substantielle du niveau de ferritine sérique après des traitements antihelminthes chez les femmes enceintes en Sierra Léonne. Toutes les autres études citées n'ont trouvé aucune différence entre les groupes recevant le placebo et ceux recevant le traitement antihelminthes aussi bien chez les femmes que chez les enfants. (Friis et al, 2003; Guyatt et al, 2001; Beasley et al, 1999; Stoltzfus et al, 1997). Soulignons que toutes ces études étaient des essais cliniques randomisés et le traitement administré l'albendazole. Les principaux facteurs confondants la relation traitement antihelminthes-anémie rapportés dans les études citées sont notamment l'âge, le sexe, la région, la saison, l'endémicité de la malaria. Ainsi, même si les parasites intestinaux sont associés à un plus grand risque d'anémie, les traitements antihelminthes ne semblent pas améliorer le statut martial et l'hémoglobine des individus parasités de manière importante.

La malaria

La malaria affecte 500 millions de personnes dans le monde et cause 1 à 3 millions de décès par an, essentiellement chez les enfants africains (White et Breman, 2000). Le pathogène de la malaria, le plasmodium, envahit les globules rouges et dégrade progressivement les protéines des globules rouges dont l'hémoglobine. La malaria est en

général associée à l'anémie sévère chez les femmes enceintes et les enfants. L'impact de la malaria sur la prévalence et l'incidence de l'anémie a surtout été étudié dans la littérature en évaluant l'impact des interventions antipaludéennes sur l'hémoglobininémie. Ter Kuile et al (2003) ont mené une étude touchant 3300 enfants kenyans de moins de trois ans. L'intervention consistait à distribuer des moustiquaires imprégnées de 0,5 g de perméthrine/m² de façon aléatoire dans trois villages. Les auteurs ont mesuré l'hémoglobininémie au début de l'étude, puis après 14 mois et après 22 mois. Ils ont rapporté une augmentation significative de l'hémoglobininémie de 0,5 g/dl (95% IC = 0,2-0,8) chez les enfants vivants dans les villages d'intervention par rapport à ceux des villages contrôle. Cette augmentation de l'hémoglobininémie s'est traduite par une baisse de 39% de la prévalence de l'anémie sévère (Hb < 7,0 g/dl) et de 45% de celle de l'anémie très sévère (Hb < 5,0 g/dl).

Habluetzel et al (1999) ont conduit des essais cliniques randomisés dans 158 villages au Burkina-Faso. L'intervention consistait en une distribution de moustiquaires imprégnées de 1 g/m² de perméthrine. L'étude rapporte une augmentation moyenne de l'hémoglobininémie de 0,45 g/dl chez les enfants de moins de deux ans dans les zones d'intervention par rapport aux enfants des zones contrôles. Les auteurs ont noté une faible corrélation de -0,15 entre l'hémoglobininémie et la densité des parasites (*plasmodium falciparum* essentiellement) mais les différences entre les deux groupes demeuraient significatives après ajustement pour la densité des parasites.

Fraser Hurt et al (1999) se sont intéressés à l'impact des moustiquaires imprégnées sur l'anémie chez les enfants de moins de deux ans en Tanzanie. L'essai clinique randomisé consistait à distribuer des moustiquaires imprégnées de 0,5 g/m² dans les régions d'intervention. Six mois après l'intervention, les auteurs ont rapporté une augmentation de l'hémoglobininémie de 0,6 g/dl chez les enfants ayant bénéficié de l'intervention. Chez les enfants des régions contrôle, l'hémoglobininémie au cours de la même période est passée de 0,1 g/dl.

Quelques études ont cependant associé la supplémentation en fer à une augmentation de la prévalence et/ou de la sévérité de la malaria. Oppenheimer (2001) a revu de façon exhaustive les études ayant traité de la supplémentation en fer et les infections. Cinq des neuf études incluses ont rapportés que le nombre d'épisodes de malaria était significativement plus élevé dans les groupes supplémentés (OR variant entre 1,5 et 6,5). Toutefois, la revue de Gera et Sachdev (2002) portant exclusivement sur les essais cliniques randomisés conclut que la supplémentation en fer n'augmente pas le risque de malaria chez les enfants.

Chez la femme

Dans leur étude sur les causes de l'anémie chez les femmes enceintes au Mali, Ayoya et al (2003), rapportent un risque d'anémie (Hb < 11 g/dl) environ cinq fois plus élevé chez les femmes atteintes de malaria (*Plasmodium Falciparum*). Une primeur dans leur étude est qu'ils rapportent un risque d'anémie attribuable à la malaria de 29%.

Leenstra et al (2003) ont conduit un essai clinique randomisé au Kenya sur le lien entre l'anémie et la malaria chez des adolescentes de 12 à 18 ans. Les filles des villages ayant reçu des moustiquaires imprégnées étaient deux fois moins à risque d'anémie (Hb < 12 g/dl) que celles des villages sans intervention (RC = 0,55; 95%IC = 0,34-0,89). Cet effet protecteur est plus marqué chez les plus jeunes; chez les 12 - 13 ans, le ratio de cote (RC) était de 0,21 et de 0,83 chez les 14 - 18 ans.

Marchant et al (2002) ont évalué l'effet des moustiquaires imprégnées chez les femmes pendant le deuxième et le troisième trimestre de grossesse. Leur étude transversale consistait à évaluer l'usage des moustiquaires à travers un questionnaire puis à mesurer l'hémoglobininémie chez ces femmes. L'effet protecteur de l'usage des moustiquaires était de 38% sur l'anémie sévère (Hb < 7 g/dl) et de 12% sur l'anémie légère (Hb < 11 g/dl).

En 1996, D'Alessandro et al ont évalué l'impact d'un programme national d'utilisation des moustiquaires imprégnées chez des femmes primigravides en Gambie.

L'hémoglobininémie est mesurée chez 340 femmes pendant la 32^e semaine de grossesse. Les auteurs rapportent un effet protecteur des moustiquaires sur l'anémie modérée à sévère ($Hb < 8$ g/dl) chez les femmes utilisant des moustiquaires imprégnées (RC = 0,27; 95%IC = 0,07-0,93). Cet effet est plus faible mais reste significatif pendant la saison des pluies (RC = 0,50; 95%IC = 0,26-0,98).

Ngnié-Téta et al ont fait une revue de littérature exhaustive sur l'impact des moustiquaires imprégnées sur l'anémie (Ngnié-Téta et al, 2004). Il en ressort que l'effet protecteur moyen des moustiquaires imprégnées chez les enfants est d'environ 40% (95%IC = 38 – 71) sur l'anémie sévère ($Hb < 7$ g/dl) ; cet effet protecteur est associé à une augmentation de la concentration de l'hémoglobine d'environ 0,74 g/dl. Chez les femmes enceintes, l'effet protecteur des moustiquaires imprégnées est de 38% (95%IC = 25% - 68%) dans les cas d'anémie sévère et de 36% (95%IC = 22% - 50%) dans les cas d'anémie légère. L'augmentation de l'hémoglobininémie chez les femmes utilisant des moustiquaires imprégnées oscille autour de 0,5 g/dl.

2. Les facteurs socio-économiques

Le statut socioéconomique du ménage joue un rôle important dans la sécurité alimentaire. La disponibilité des aliments et leur qualité dépendent très souvent de l'aisance matérielle de la famille et du niveau d'éducation du couple.

Le statut socio-économique et le niveau de scolarisation des parents

Le statut socio-économique du ménage mesuré entre autres par les possessions, l'emploi, les caractéristiques de l'habitat, la source d'énergie, influence aussi bien l'état de santé que l'état nutritionnel des membres de la famille. En général, les enfants des foyers pauvres sont souvent malnutris et anémiés (WHO, 1999; Gleason, 2002). L'accès à une alimentation saine et suffisante, l'accès à l'eau potable, à un environnement salubre et aux services de santé sont conditionnés dans les pays pauvres par l'aisance matérielle du

ménage. La plupart des études sur la question montrent que l'anémie est plus fréquente chez les enfants issus des foyers à faible revenu (Osorio et al, 2004; Sargent et al, 1996; Pollitt, 1994). Dans l'étude de Osorio et al (2004), le revenu des parents est significativement associé à l'anémie en analyse bivariée mais devient non significatif quand on contrôle pour des variables telles l'hygiène, la qualité de l'eau ou les infections.

Méda et al (1999) ont mené une étude sur les facteurs associés à l'anémie chez les femmes au Burkina Faso. Parmi les 11 facteurs étudiés, seuls la grossesse, la profession et le statut socio-économique se sont révélés significativement associés à l'anémie. Les auteurs rapportent un risque d'anémie de 1,49 (95%IC = 1,20-1,84) chez les femmes ayant un statut socio-économique faible par rapport à celles ayant un statut socio-économique élevé. En analyse bivariée, les auteurs rapportent une association significative entre l'anémie et la profession; le risque d'anémie est de 1,32 chez les femmes au foyer et de 1,31 chez les femmes ayant une activité non officielle (les femmes employées ou étudiantes constituant la catégorie de référence).

Islam et al (2001) ont comparé la ration en fer et les niveaux d'hémoglobine et la ferritine sérique chez les femmes de 16 à 40 ans au Bangladesh. Ils ont regroupé les femmes en deux groupes en fonction de leur statut socioéconomique. Dans les deux groupes, les apports en fer sont plus élevés que les apports quotidiens recommandés mais le fer consommé est essentiellement de type non héminique. La prévalence de l'anémie varie entre 63 et 70% dans le groupe ayant un faible SSE et entre 27 et 66% dans le groupe ayant un bon niveau socioéconomique. La prévalence de la carence en fer ($SF < 12 \mu\text{g/l}$) se situait entre 35% et 59% parmi les pauvres et entre 15 et 32% chez les plus aisés.

Bendeck et al (1996) ont étudié les habitudes alimentaires des familles maliennes en fonction de leur niveau socioéconomique. Leur étude qualitative a enrôlé 24 familles de niveau socioéconomique élevé, 24 familles moyennes et 26 familles pauvres. Il ressort de l'étude que pratiquement toutes les familles prennent trois repas par jour, seules les familles aisées prennent deux ou trois repas différents. 54% des familles riches, 79% des

familles moyennes et 100% des familles pauvres ont une alimentation de base essentiellement constituée de mil et de sorgho. Ces deux aliments de base ont malheureusement une faible teneur en fer (11 mg de fer pour 100 g de sorgho et 20 mg de fer pour 100 g de mil) (FAO, 1970). Dans une autre étude portant sur la même base de données, les mêmes auteurs rapportent que les protéines animales qui sont d'importantes sources de fer ne constituent que 9% de l'apport total quotidien en protéines dans les foyers pauvres, 19% dans les familles moyennes et 41% dans les familles aisées (Bendeck et al, 1999).

L'éducation des parents est un facteur déterminant du comportement en matière de santé et d'alimentation. Les chances de trouver un emploi bien rémunéré augmentent avec le niveau d'éducation et par ricochet une meilleure accessibilité aux aliments riches en fer (viandes) ou en vitamine C (fruits). Les risques de malnutrition et d'anémie aussi bien chez la femme que chez l'enfant sont d'autant plus grands que le niveau d'instruction est bas. Le niveau de scolarisation de la mère module ses connaissances, aptitudes et pratiques en matière d'alimentation et de santé (Osorio et al, 2001; Fotso et Kuate-defo, 2005; Waters et al, 2004).

Osorio et al (2004) rapportent une association linéaire positive entre le niveau d'éducation de la mère et l'hémoglobinémie de l'enfant; les enfants dont les mères ont eu 9 années de scolarité ou plus ont une hémoglobinémie moyenne de 11,5 g/dl; ceux dont les mères ont eu entre 5 et 8 années de scolarité une hémoglobinémie de 11,2 g/dl et ceux dont les mères ont eu moins de 4 années de scolarité une hémoglobinémie de 10,8 g/dl.

Chez de jeunes réfugiés palestiniens enquêtés en 1997 par Hassan et al, le risque d'anémie était de 1,4 (95%IC = 1,1-1,8) chez ceux dont les mères sont non scolarisées. Les résultats de l'étude indonésienne de De Pee et al (2002) montrent que les enfants de mères scolarisées ont un risque d'anémie (Hb < 10 g/dl) deux fois moins élevé que les enfants de mères non scolarisées (RC=0,57; 95%IC=0,40, 0,81).

L'association entre l'anémie et le niveau d'éducation des mères est observée même dans les pays développés. Sargent et al (1996) ont étudié cette relation chez 238 273 enfants de 6 à 59 mois au Massachusetts. Après contrôle pour les principales variables sociodémographiques (race, région, âge, sexe), les enfants de mères qui n'ont pas complété leur scolarisation secondaire ont un risque statistiquement plus élevé que ceux dont les mères ont complété le niveau secondaire (RR = 1,03; 95%IC = 1,02-1,04).

Soh et al (2004) ont scruté les facteurs de risque de la carence en fer chez 323 enfants neo-zélandais de 6 à 24 mois. Ils rapportent qu'un niveau de scolarisation élevé (universitaire) comparé à un niveau primaire ou secondaire est associé à un risque de carence en fer faible (RC=0,75; 95%IC =0,62-0,92). Les auteurs ont défini la carence en fer par une ferritine sérique inférieure à 12 ug/l. Dans cette étude, le statut socioéconomique n'a pas présenté d'association significative statistiquement avec la carence en fer.

Bentley et Griffiths (2003) ont étudié les déterminants de l'anémie chez 4032 femmes indiennes à partir des données de l'enquête nationale de santé 1998/1999. Les auteurs rapportent un risque d'anémie moins important chez les femmes ayant accédé aux études secondaires que chez celles n'ayant pas atteint l'école secondaire (RC = 0,65; 95%IC = 0,45-0,94). Tout comme celui de la mère, le niveau d'éducation du père a une influence déterminante sur l'état nutritionnel et la survie des enfants (Majumder et al, 1997; Dwivedi et al, 1992; Kuate-Defo et Diallo, 2002) mais peu d'études s'attardent sur cette variable.

Malgré l'étroite corrélation entre le SSE et le niveau d'éducation, le risque de malnutrition subsiste et demeure largement fonction du niveau d'éducation même quand on contrôle pour les variables socio-économiques et démographiques (Kuate-Defo, 2001; Sommerfelt, 1991; Unicef, 1990).

La taille du ménage

La taille du ménage est un déterminant non négligeable de la sécurité alimentaire au sein d'un foyer parce qu'elle représente le nombre de 'bouches à nourrir'. Dans les grandes familles, les enfants sont plus exposés à la malnutrition que dans les familles de taille modeste et ce, même en contrôlant pour le SSE et le niveau d'éducation des parents (Horton, 1988). Dwivedi et al (1992) montrent que la prévalence de l'anémie chez les jeunes indiens augmente avec la taille du ménage : elle est de 47% dans les ménages de trois personnes, 64% dans les ménages de 4 à 6 personnes et de 71% dans les ménages de 7 membres et plus.

Outre la taille nette du ménage (nombre de personnes vivant sous le même toit), le nombre d'enfants dans le ménage peut être considéré comme un facteur de risque de malnutrition, ce en raison de la compétition pour l'alimentation dans les foyers où l'on retrouve plusieurs enfants en bas âge (Boerma et Bicego, 1992). Cette compétition se solde souvent en défaveur des plus jeunes. Les familles avec un nombre très élevé d'enfants en bas âge ont plus de difficultés à répondre adéquatement à la demande et à prodiguer des soins adéquats aux enfants. D'après Osorio (2002), les enfants qui ont 2 frères (soeurs) ou plus de moins de 5 ans ont un risque d'anémie plus élevé.

Grant et al (2003) ont suivi les enfants néo-zélandais de 8 à 23 mois hospitalisés entre 1997 et 1999 et ils ont comparé les caractéristiques des enfants anémiés de ceux non anémiés. 73 enfants étaient carencés en fer ($SF < 10 \text{ ug/l}$) et 98 ne l'étaient pas. Il ressort que les enfants vivant dans des ménages avec plus de trois enfants ont des risques de carence en fer plus importants que ceux vivant dans des ménages avec moins de trois enfants ($RC = 7,42; 95\%IC = 1,88-29,34$).

3. Les facteurs contextuels

La variable la plus souvent mesurée et utilisée au niveau communautaire dans les études sur la morbidité et l'anémie est la ruralité. Plusieurs études rapportent une plus forte prévalence de malnutrition (Kuate-Defo, 2001 ; Sommerfelt, 1991), d'anémie (Bentley, 2003; Osorio et al, 2001; Osorio et al, 2004) et de morbidité (Scrimshaw, 1997; Walter et al, 1997) en milieu rural. À alimentation égale, les populations en milieu urbain ont plus facilement accès aux infrastructures sanitaires (dispensaires, hôpitaux), à l'eau potable et aux écoles.

Dicko et al (2003) ont investigué les causes de l'anémie chez 235 femmes enceintes dans la région de Bandiagara au Mali. Ils rapportent que l'un des principaux facteurs de risque d'anémie (Hb < 11 g/dl) est la vie en milieu rural. En effet dans cette étude, les femmes enceintes des régions rurales ont un risque plus élevé d'anémie que les femmes enceintes des régions urbaines (RC = 3,55; 95%IC = 1,46-8,62)

De plus, l'environnement physique, difficilement contrôlable par l'homme (notamment le relief, l'hydrographie, le climat) va influencer l'alimentation et la santé des populations (WHO, 1999; NCR, 2001). À titre d'exemple, dans les régions désertiques ou semi-arides, le rendement agricole est bas et partant, le revenu des ménages; leur capacité à parer aux infections et à la faim s'en trouve amenuisée. Le climat jouerait aussi un rôle majeur dans le risque d'anémie. Au Mali, les infections parasitaires s'intensifient pendant la saison des pluies (Findley et al, 2002); dans cette même étude, les auteurs montrent que le climat est un important prédicteur de la malnutrition. Toujours au Mali, dans l'étude de Dicko et al citée plus haut (Dicko et al, 2003), les auteurs rapportent que le risque d'anémie est beaucoup plus important en saison de pluies qu'en saison sèche (RC= 1,93; 95%IC = 1,10-3,39). Dans cette étude, les auteurs ont contrôlé pour la malaria. Le climat a aussi une influence capitale sur la production agricole.

V. Anémie et perspective multiniveau

L'analyse multiniveau a été développée en sciences de l'éducation avec ses premières applications en démographie et en sociologie. L'intérêt des disciplines de la santé publique pour l'analyse multiniveau est assez récent et remonte au début des années 1990 (Von Korff et al, 1992; Duncan et al, 1996; Diez-Roux et al, 1998) après quelques décennies de scepticisme de la part des épidémiologistes (O'Campo et al, 2000).

Plusieurs approches classiques sont utilisées pour analyser les facteurs de risque des problèmes de santé à partir des données hiérarchiques (individus nichés dans des communautés, patients nichés dans les hôpitaux...). Une première approche s'intéresse aux caractéristiques des individus qui constituent la population d'étude. Cette approche permet d'identifier le profil des personnes à risque (d'anémie par exemple) à partir de leur caractéristiques personnelles (âge, sexe, état de santé, état nutritionnel, niveau socioéconomique, niveau d'éducation); mais elle ne renseigne pas sur l'influence du milieu de vie.

Une seconde approche est celle des études écologiques. À l'inverse des études sur base individuelle, les études écologiques s'intéressent aux caractéristiques du milieu de vie. Les variables utilisées sont mesurées directement au niveau communautaire ou régional; les études écologiques donnent une vue d'ensemble sur les caractéristiques des régions sans s'intéresser particulièrement aux caractéristiques des individus. Quoique les études écologiques permettent de documenter les inégalités en santé, elles ne peuvent permettre de déterminer si les différences observées entre les régions sont dues aux caractéristiques intrinsèques de ces régions ou aux caractéristiques des individus qui peuplent ces régions.

Les deux approches précitées considèrent que les caractéristiques de l'individu et les caractéristiques de son milieu de vie agissent de façons indépendantes sur l'état de santé. Dans la première approche (individu comme unité d'analyse), où l'on fait abstraction des influences du milieu de vie sur l'état de santé de l'individu, on commet une erreur dite

atomiste. Dans la seconde approche (groupe comme unité d'analyse), on commet une erreur dite écologique dont l'ampleur est d'autant plus grande que la variabilité entre individus d'un même groupe est plus importante que la variabilité intergroupes (O'Campo et al, 2000; Subramania et al, 2001). Ces deux types de biais sont évitables si l'on travaille simultanément à différents niveaux d'agrégations (Blakely et al, 2000; Diez-Roux et al, 1998; Courgeau et Baccaini, 1997).

Partant des deux approches décrites, les études sur l'étiologie de l'anémie au niveau populationnel font ressortir un important parterre de facteurs de risques liés à l'individu ou à son environnement (entre autres les apports alimentaires insuffisants, la qualité de l'alimentation, la grossesse, les infections, la sous scolarisation, le faible statut socio-économique, la vie en milieu rural (Bentley et Griffiths, 2003; Faruk 2000; Ngnié-Téta, 2003; Osorio et al, 2001; Osorio et al, 2004)). Ces facteurs de risques trouvent leurs racines tant chez l'individu anémié que dans l'environnement sociogéographique qui l'héberge. Une question fondamentale est de savoir quelle est la 'portion de risque attribuable' d'une part aux caractéristiques individuelles et d'autre part aux caractéristiques des communautés. La réponse à cette question est essentielle pour une planification conséquente des interventions de lutte contre l'anémie. L'étude de Bentley et Griffiths (2003) dans le sud de l'Inde est éloquent à ce sujet. Les auteurs font deux constats : la prévalence de l'anémie est plus importante en milieu rural qu'en milieu urbain mais à statut socio-économique comparable, ce sont les femmes des villes qui sont les plus anémiées surtout dans la classe à faible statut socio-économique. À moins de mesurer ces deux variables au niveau communautaire (et non plus individuel), il est difficile de trancher si c'est la ruralité ou le statut socioéconomique qui est le véritable prédicteur de l'anémie.

Une voie royale aujourd'hui pour cerner conjointement les effets individuels et les effets de contexte est l'analyse multiniveau. La modélisation multiniveau est une investigation des facteurs de risque, non plus exclusivement au niveau individuel ou au niveau régional, mais simultanément au niveau des individus, des familles, de la communauté, de la région. La logique multiniveau, permet d'analyser les effets de contexte en

contrôlant pour les variables de niveau individuel, d'observer l'effet modificateur des variables de niveau individuel sur ceux de niveaux plus élevés et vice versa et d'examiner simultanément la variabilité intra et inter contexte (Duncan et al, 1998; Diez-Roux, 2000 ; Chaix, 2002; Diez-Roux, 2001).

L'intérêt de la modélisation multiniveau a été résumé par Snijders (1999), Hox (1995) et Diez-Roux (2000) en quatre points essentiels:

- La prise en compte simultanée des effets des variables prédictives de niveau communautaire et de niveau individuel (effets fixes) sur la variable dépendante.
- La prise en compte de la non indépendance des observations au sein des groupes. La régression classique assume (abusivement) l'indépendance des observations.
- La prise en compte de l'interdépendance entre les groupes ou les communautés qui ne sont pas traités comme étant un sous-ensemble d'une population plus large.
- La prise en compte de la variabilité inter-individus et intergroupes (effets aléatoires) et une quantification de la contribution de chaque niveau d'analyse au problème étudié.

En comparant les résultats de l'analyse multivariée 'naïve' de quelques études à ceux qu'on aurait obtenu en analyse multiniveau, (individus comme unité d'analyse), Moerbeek et al (2003) ont remarqué que l'analyse classique sous estimait la variance associée aux effets fixes des variables prédictives. Plusieurs autres auteurs abondent dans le même sens (Duncan et al, 1998; Goldstein et al, 2002; Rasbash et al, 2004; Radenbush et Bryk, 2002). Ces auteurs se fondent sur des considérations théoriques à l'effet que la non prise en compte des corrélations potentielles entre les observations de même niveau tend à sous-estimer les écart-type, ce qui affecte le degré de significativité des effets.

Cet intérêt pour l'analyse multiniveau est justifié par la question de plus en plus présente des interactions entre l'individu et son environnement; mais aussi, de larges banques de données sont de plus en plus accessibles tout comme des logiciels plus conviviaux

d'analyses multiniveaux (HLM, MLwiN) et l'adaptation des logiciels classiques utilisés en épidémiologie à l'analyse multiniveau (SAS et tout récemment SPSS).

L'application de l'analyse multiniveau en nutrition reste du domaine de l'exception. Quelques études cependant se sont prêtées à l'exercice, particulièrement celles axées sur le comportement du consommateur (Backman et al, 2002; Turell et al, 2004) et sur l'association entre l'alimentation et les maladies chroniques (Witte et al, 1994; Hardi et al, 2000; Monteiro et al, 2004; Lopez et al, 2004). En épidémiologie nutritionnelle, Mueller et al (2002) ont utilisé l'analyse contextuelle pour comprendre les différences régionales du poids des enfants à la naissance en Papouasie Nouvelle Guinée. L'une des conclusions de cette étude est que le statut socio-économique de la région de résidence, indépendamment du statut socioéconomique des familles était un facteur de risque important du statut nutritionnel des nouveaux nés.

Fotso et Kuate-Defo (2005) ont étudié les déterminants du retard de croissance dans 5 pays africains (Burkina-Faso, Cameroun, Égypte, Kenya et Zimbabwe). Ils rapportent que le statut socioéconomique du ménage et le statut socioéconomique de la communauté influencent de façons indépendantes le risque de malnutrition chez les enfants de moins de 5 ans. Les effets de contexte varient beaucoup en fonction des pays, contribuant pour 5% au risque de malnutrition au Burkina-Faso à 25% au Cameroun.

Peu d'études ont intégré la modélisation multiniveau à l'étude de l'anémie nutritionnelle. L'étude transversale menée par Hutchinson et al auprès de 800 enfants jamaïcains rapporte une association positive et significative entre l'anémie et les performances scolaires des enfants de 9 à 13 ans même après prise en compte des variabilités inter-écoles (Hutchinson et al, 1997). Dans cette étude, les auteurs ont contrôlé pour le statut socioéconomique, les infections et l'anthropométrie. Silva et al (2001) au Brésil ont conduit une étude sur l'identification des facteurs de risques d'anémie chez les enfants de 0 à 36 mois dans les centres de santé de jour de Porto Alegre; l'anémie est évaluée par le niveau d'hémoglobine et l'analyse statistique est basée sur la technique de régression log-

binomiale appliquée au modèle hiérarchique. Les principaux déterminants de l'anémie infantile identifiés dans cette étude sont le statut socio-économique de la famille et l'âge de l'enfant (Silva et al, 2001).

Ghattas et al (2003) ont mené une étude cas témoins sur le lien entre la survie des enfants de 20 jours à 15 ans et l'anémie en Gambie. Les données sur les causes de décès entre 1950 et 1997 ont été compilées. Seules les données d'enfants ayant eu au moins une mesure d'hémoglobine annuelle dans les examens de routine et dont l'hémoglobine a été mesurée une semaine avant le décès sont inclus dans les analyses multiniveaux. Ces restrictions ont conduit à un échantillon de 403 cas sur cette période d'un demi siècle. Les auteurs rapportent un niveau d'hémoglobine plus bas chez les cas que chez les témoins (78 vs 103 g/l) ce qui correspond à un ratio de cote de 1,43 (95%CI =1,12-1,82) pour chaque baisse de l'hémoglobine de 10 g/l. Les auteurs se gardent d'attribuer ce risque de mortalité plus élevé à l'anémie puisque les analyses portant sur l'hémoglobine dans les mois précédant la mort sont non significatives. L'une des originalités de cette étude est qu'elle se fonde sur des données communautaires et non hospitalières comme la plupart des études précitées. Toutefois, outre le fait que les auteurs mentionnent qu'ils ont utilisé la modélisation multiniveau pour l'analyse des données, ils ne précisent nulle part la démarche utilisée, le nombre de niveaux hiérarchiques, la variabilité intra et inter niveaux ou la proportion de risque attribuable à chaque niveau.

Aucune de ces études en nutrition n'a comparé les estimés multiniveaux obtenus aux estimés qu'on aurait pu avoir en analyse multivariée classique. De ce fait, il est impossible de savoir si les facteurs de risques rapportés auraient pu être différents en modélisation simple.

CHAPITRE 3 : OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES

I. Objectifs

L'objectif général de cette recherche est d'identifier les facteurs de risque de l'anémie maternelle et infantile au Bénin et au Mali. Notre étude repose sur l'analyse des enquêtes démographiques et de santé réalisées dans les deux pays en 2001. Au terme de cette recherche, nous nous proposons :

- De décrire la distribution de l'anémie chez la femme et chez l'enfant dans une perspective multiniveau.
- D'identifier les facteurs associés à l'anémie chez les enfants de 6 à 59 mois au Bénin et au Mali.
- D'identifier les facteurs associés à l'anémie chez les femmes de 15 à 49 ans au Bénin et au Mali.
- De quantifier le rôle du contexte dans la prévalence de l'anémie chez les femmes et les enfants au Bénin et au Mali.

II. Cadre théorique de conceptualisation

Les déterminants de l'anémie sont multiples et complexes. Les causes de l'anémie peuvent être biologiques ou physiologiques; elles peuvent aussi être liées à l'environnement immédiat de l'individu et à son milieu de vie. Peu de travaux se sont attardés à l'établissement d'un modèle conceptuel propre aux déterminants de l'anémie malgré une littérature abondante sur le sujet; par contre, il existe quelques schémas conceptuels de la malnutrition en général dont le plus complet et le plus exploité est celui proposé par l'UNICEF (1990). Ce cadre conceptuel de l'Unicef s'inspire largement, du

moins au niveau de ses articulations, du modèle de Mosley et Chen consacré aux déterminants de la mortalité infantile dans les pays en développement (Mosley et Chen, 1984). Nous avons repris le squelette du cadre de l'Unicef comme base de notre modèle théorique. Notre variable dépendante étant l'anémie plutôt que la morbidité générale, nous avons puisé dans la littérature et suivant nos hypothèses, les variables ou blocs de variables clés potentiellement associés à l'anémie maternelle et infantile. Nous nous sommes aussi inspirés du cadre d'analyse de la mortalité de Garenne et Vimard (1984) qui se fonde sur des variables 'simples' et généralement mesurées dans les enquêtes.

Outre le cadre de Garenne et Vimard, l'étude de Osorio nous a également inspirés dans notre démarche. Sans proposer un modèle en tant que tel, Osorio fait une revue des principaux déterminants de l'anémie chez l'enfant (Osorio, 2002). Il regroupe en six blocs les principaux facteurs de risque trouvés dans la littérature. Sans hiérarchie particulière, on peut citer les conditions socioéconomiques, l'alimentation, les soins de santé, le statut nutritionnel, la morbidité et les facteurs biologiques.

1. Le modèle de l'UNICEF

En septembre 1982 à New York, l'UNICEF met sur pied une des premières stratégies intégrées de lutte contre la morbidité et la mortalité infantile reconnaissant l'alimentation comme facteur important de risque. La principale retombée de cette consultation informelle de 1982 est la stratégie nommée AGOBI-FF intégrant la lutte contre le retard de croissance, la réhydratation par voie orale, l'allaitement maternel, la vaccination, la supplémentation alimentaire et l'éducation des femmes. En mars 1987 à Naivasha au Kenya, l'UNICEF inclut l'amélioration de l'alimentation et de l'état nutritionnel dans ses objectifs centraux au même titre que la lutte contre la mortalité infantile. Ainsi, à sa 27^e session ordinaire en janvier 1989 à Genève, l'Unicef propose un cadre logique visant à réduire voire éradiquer la malnutrition dans les pays en développement (UNICEF, 1990). Ce cadre conceptuel s'applique essentiellement à la malnutrition proteino-énergétique mais peut être informatif sur l'étiopathie d'autres carences nutritionnelles. La stratégie de

L'UNICEF est un modèle à trois niveaux étiopathiques : causes immédiates – causes sous-jacentes – et causes lointaines.

Les causes immédiates sont essentiellement les apports alimentaires inadéquats et les maladies infectieuses. Les infections affectent en général l'appétit et l'utilisation des nutriments. Les apports alimentaires peuvent être évalués sur le plan de la quantité et de la qualité. Au plan quantitatif, les apports alimentaires insuffisants ne peuvent procurer que de faibles quantités de fer à l'individu et entraîner une anémie ferriprive. Sous l'angle de la qualité, le fer consommé est en général de type non héminique quand l'alimentation de base est dominée par les produits végétaux. La faible consommation des fruits pendant les repas limite la quantité de vitamine C absorbée qui aurait stimulé l'absorption du fer. La consommation des produits riches en phytates et en tannins inhibe aussi l'absorption du fer.

L'état de santé influence également l'hémoglobinémie. Autant chez les femmes que chez les enfants, les infections à helminthes, la malaria et d'autres parasitoses sont causes d'anémie; en outre, l'état morbide se traduit souvent par une perte d'appétit pouvant se solder en une anémie ferriprive. Chez la femme, les pertes menstruelles, la grossesse puis l'allaitement sont des causes directes de l'anémie; ce à cause de l'augmentation des besoins, surtout si au moment de la conception, les réserves en fer de la femme sont insuffisantes (moins de 400 mg de fer).

Pour lutter efficacement contre les infections et l'insécurité alimentaire, il ne suffit pas de soigner les personnes malades ou d'apporter de la nourriture aux personnes malnutries. Il faut s'attaquer aux causes de ces 'causes immédiates' c'est-à-dire aux causes des infections par exemple. C'est ce que l'Unicef appelle **causes sous jacentes**. Ces causes sont étroitement imputables à une incapacité de la mère ou de l'enfant à satisfaire ses besoins essentiels. L'Unicef les regroupe en trois blocs : les services de santé de base, la sécurité alimentaire dans le ménage et les soins maternels et infantiles.

Pour assurer les soins de santé et la sécurité alimentaire, il faut un système adéquat et une distribution conséquente des ressources dans les communautés. Ce qui conduit l'Unicef à parler des **causes fondamentales ou structurales** de la malnutrition qui sont le tissu économique, politique et social; ainsi que les facteurs technico-écologiques qui déterminent la pauvreté. Toute société a un certain potentiel de production; mais ce qui est produit et comment cette production est distribuée et consommée sont déterminés par des réalités historiques, politiques, sociales, environnementales et économiques. L'organisation politique, économique et sociale, dépendamment de son adéquation aux ressources locales, favorise ou inhibe l'activité agricole et économique. Dans les zones où l'activité agricole et pastorale est intense, le revenu des populations locales se trouve amélioré, ce qui peut faciliter l'accès aux soins de santé et aux aliments. La qualité du système politique détermine aussi le système éducatif et sanitaire. De la volonté des pouvoirs publics dépend la création des écoles et des centres hospitaliers et par ricochet les comportements individuels en matière de nutrition, d'hygiène et de santé. Dans les régions où l'accent est mis sur l'éducation des jeunes filles, fort est à parier que ces futures mères éduquées adopteront des comportements sains dans leur alimentation et celle de leurs enfants.

2. Le modèle de Garenne et Vimard (1984)

Le cadre de Garenne et Vimard analyse les facteurs de risque de la mortalité des enfants mais en réalité c'est un cadre d'analyse de la morbidité puisque dans leur modèle, la seule cause de la mort est la maladie. Pris dans sa globalité, ce cadre pourrait s'adapter à l'anémie (vue comme cause de décès) chez les enfants. Les auteurs distinguent 5 groupes de variables : discriminantes, indépendantes, intermédiaires, déterminantes et dépendantes.

Les variables discriminantes sont des variables sans effets directs sur la morbidité et la mortalité. Notamment la zone géographique (région, pays), le niveau de développement économique (PNB par habitant), la politique (régime politique), la catégorie sociale (ethnie, religion) et l'habitat.

Les variables indépendantes sont celles collectées en général dans les enquêtes démographiques et qui ont un impact sur la morbidité et la mortalité à travers les variables intermédiaires. Les variables indépendantes peuvent être écologiques (climat, saison, résidence), économiques (revenu des ménages, accès aux soins), politiques (efficacité du système de santé), sociales (éducation des parents, coutumes) ou démographiques (sexe, âge).

Les variables intermédiaires peuvent être comparées aux déterminants proximaux du cadre de l'Unicef. Il s'agit du 'capital santé' regroupant l'héritage génétique, l'âge de la mère, le rang de naissance; aussi de l'exposition au risque des maladies, de leur existence (prévalence, incidence) et de leur transmission (endémiques ou épidémiques). On retrouve également dans les causes intermédiaires les comportements en matière de santé (connaissances, attitudes et pratiques), le comportement en matière d'alimentation, l'état nutritionnel et le statut immunitaire.

Les variables déterminantes et dépendantes : ce bloc de variables du modèle de Garenne et Vimard ne nous intéresse pas particulièrement puisque les variables déterminantes sont les causes directes de décès (donc les maladies) et la variable dépendante le décès (or, nous ne nous intéressons pas à la mortalité dans cette recherche).

3. Le modèle d'Osorio

Le modèle d'Osorio qui en fait n'est pas un modèle à proprement parler mais un regroupement par blocs des principaux facteurs de risques d'anémie est le fruit d'une analyse poussée des plus importantes publications sur la question. Au terme de cette analyse, l'auteur identifie six grands groupes de déterminants de l'anémie : les conditions socio-économiques, les soins de santé, l'état nutritionnel, la morbidité, l'alimentation et les facteurs biologiques.

Les conditions socio-économiques. Quatre variables font partie de ce bloc. En premier le type de milieu de vie. Vivre en milieu rural accroît le risque d'anémie chez les enfants à cause de la faible disponibilité et/ou biodisponibilité des aliments riches en fer. Le revenu du ménage conditionne aussi la disponibilité alimentaire. L'éducation des parents parce que modulant le revenu et les comportements en matière d'alimentation et de santé rejoint ce bloc. Enfin l'auteur estime que la taille du ménage détermine la demande alimentaire au sein du ménage.

L'alimentation. L'étude met en exergue l'impact d'une diète pauvre en fer et/ou en fer de bonne qualité sur le statut martial particulièrement pendant l'enfance et la grossesse. L'énergie et les autres nutriments dans la diète sont tout aussi importants parce qu'activant ou inhibant l'absorption du fer dans l'organisme.

Les soins de santé. Les soins de santé prénataux sont importants comme déterminants de l'anémie infantile. Lorsque la grossesse est mal suivie, les risques de prématurité et d'enfants de faible poids à la naissance sont grands. Osorio inclut la supplémentation et la fortification des aliments dans ce registre des soins de santé.

Le statut nutritionnel. Le faible poids à la naissance est un indicateur de la malnutrition néonatale et un important facteur de risque d'anémie chez les enfants de moins d'un an à cause d'une déplétion prématurée des réserves en fer. La malnutrition protéino - énergétique est aussi associée à l'anémie chez l'enfant de même que la carence en vitamine A.

La morbidité. Les infections respiratoires aiguës et les diarrhées prédisposent à une réduction du fer sérique due à une inhibition de l'hématopoïèse et une baisse de l'absorption martiale. De même, le statut immunitaire déficient est associé à la carence en fer.

Les facteurs biologiques. L'âge et le sexe sont associés à l'anémie. Si le lien âge – anémie est avéré, une possible relation entre le sexe et le statut martial reste controversée mais il ressort que les garçons sont quelque peu plus exposés que les filles.

4. Notre modèle

En nous basant sur les connaissances actuelles relatives aux facteurs de risques de carences en micronutriments et particulièrement de la carence en fer, sur les modèles de Garenne et Vimard et celui de l'UNICEF, la revue d'Osorio, la logique des EDS et en adoptant une démarche multiniveau (sous l'hypothèse que l'environnement et l'individu interviennent de façon synergique dans l'occurrence des problèmes de santé), nous avons conçu un cadre logique hiérarchique des causes de l'anémie. Ce cadre intègre à la fois les causes biologiques, sanitaires, socio-économiques et communautaires de l'anémie.

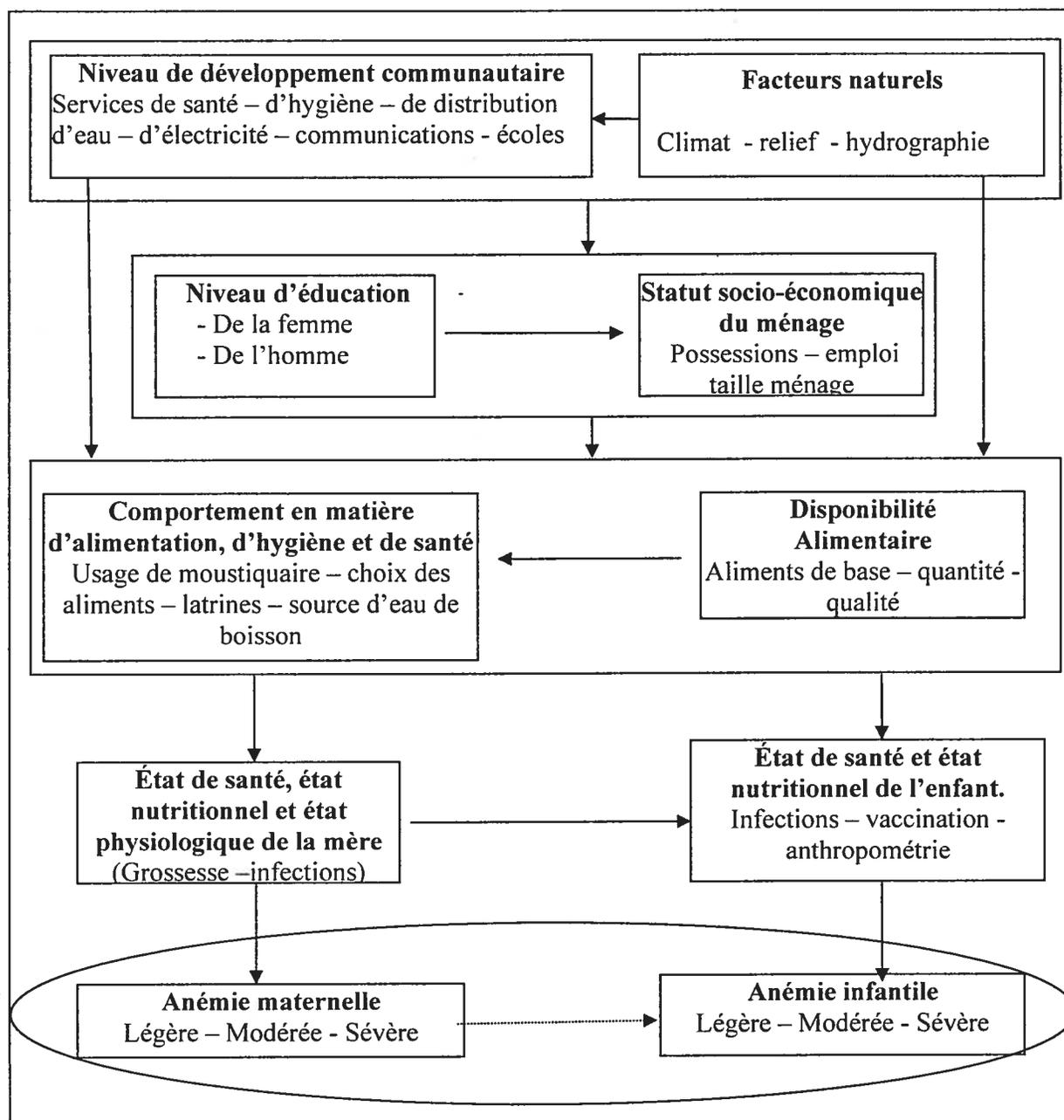
La figure 2.1 présente le cadre théorique de la présente étude. Il ressort clairement de ce cadre théorique que l'anémie maternelle et infantile découlent des mêmes déterminants une fois qu'on se hisse au-delà des causes immédiates.

Si nous analysons le cadre conceptuel de haut en bas c'est-à-dire des causes fondamentales aux causes immédiates de l'anémie, deux principaux facteurs peuvent être mis en cause : les facteurs naturels et les facteurs structurels. Les facteurs naturels tels l'aridité, l'hydrographie et le relief sont difficilement contrôlables et influencent plus ou moins fortement les facteurs structurels. En effet, on peut penser que dans des régions arides avec un relief accidenté, il est beaucoup plus difficile de bâtir des infrastructures de transport par exemple qu'en zone de savane. Toutefois, le niveau de développement communautaire tel que mesuré par nos indices (services de distribution d'eau potable, d'électricité, d'hygiène et de salubrité) dans le contexte Ouest Africain dépend plus de la volonté humaine surtout politique, que des aléas climatiques. Ces deux causes dites lointaines, en interaction ou individuellement vont moduler les conditions socio-économiques.

Construit à partir des variables liées au ménage, ce deuxième bloc (facteurs socioéconomiques) en prenant le modèle complet du haut vers le bas, peut être considéré comme la cause des 'causes immédiates de l'anémie'. Il est essentiellement centré sur les possessions du ménage et le niveau d'éducation des conjoints. Comme l'indique la flèche reliant ce bloc aux causes fondamentales, le niveau d'éducation du couple dépend des politiques éducatives mises en place dans la communauté. Particulièrement important sont la scolarisation de la mère, la place accordée à la femme dans la société en question et la disponibilité des structures et infrastructures éducatives. Le niveau d'éducation du couple comme nous l'avons vu dans le modèle d'Osorio et celui de l'Unicef va conditionner le type d'emploi qu'occupe l'homme ou la femme et partant son revenu. Ceci explique la flèche à sens unique entre le statut socio-économique et le niveau d'éducation. Rappelons que nous ne nous intéressons pas au niveau d'éducation des enfants vu qu'ils sont en général en âge préscolaire.

De façon très directe le niveau socio-économique du ménage va déterminer la disponibilité et partant la sécurité alimentaire du ménage. Mais cette sécurité alimentaire dépend aussi de la taille du ménage c'est-à-dire du nombre de personnes à nourrir. Toutes choses égales par ailleurs, les grandes familles sont plus exposées que les familles de petite taille à l'insécurité alimentaire. La taille du ménage dépend certes de l'étroitesse des liens fraternels dans la communauté; mais aussi du comportement reproducteur du couple.

Figure 2.1 : Cadre d'analyse des déterminants de l'anémie maternelle et infantile



La sécurité alimentaire dans le ménage est corrélée à la sécurité alimentaire dans la communauté en général et donc de la production agricole qui à son tour est modulée par le climat et le relief. En d'autres termes, à niveau socio-économique comparable, on s'attend à ce que les femmes et les enfants des régions écologiquement favorisées soient

moins anémiés que ceux des régions défavorisées. De manière tout autant directe, le niveau socio-économique du ménage et le niveau d'éducation des parents déterminent leur comportement en matière d'alimentation, de santé et de salubrité. Les femmes scolarisées vont être plus attentives à ce qu'elles mangent et à ce qu'elles offrent comme repas à leurs enfants; plus réceptives aux campagnes d'hygiène et de salubrité. Elles sont aussi plus promptes à se faire consulter et à faire vacciner leurs enfants ainsi qu'à soigner ces derniers dans des centres appropriés. Cette prise en charge sanitaire plus significative de l'enfant par les femmes scolarisées est facilitée par le fait qu'à priori, elles ont un meilleur SSE que les femmes non scolarisées c'est-à-dire les moyens pour s'offrir des aliments sains et des soins de santé appropriés.

Les déterminants immédiats sont chez l'enfant, outre ses caractéristiques démographiques et biologiques (âge, sexe), son état de santé son état nutritionnel et son statut immun. Contrairement à la relation entre l'anémie et les variables des deux blocs précédents qui est de type corrélationnelle, la relation entre l'anémie et les causes immédiates est de nature causale. L'état de santé de la mère affecte celui de l'enfant parce qu'une femme malade ne peut prendre soin de son enfant de façon optimale. Aussi, étant donné que l'étude porte sur des jeunes enfants (6 à 59 mois), leur état de santé et nutritionnel est d'autant plus tributaire de celui de leur mère que la probabilité que la malnutrition maternelle soit antérieure à la grossesse et ait continué pendant la grossesse est grande. Peu de variables permettent d'avoir une idée de l'état de santé de la mère au moment de l'enquête; toutefois, l'état de salubrité de l'environnement familial ainsi que les dispositions préventives contre les infections telle la malaria (usage ou non de moustiquaires) et les maladies du péril fécal (type de latrines, source d'eau) permettent dans une certaine mesure de se faire une idée sur son comportement en matière de santé.

Évidemment, de ce qui précède découle l'ampleur de l'exposition à l'anémie tant chez la mère que chez l'enfant. Nous n'avons pas fait de lien direct entre l'anémie maternelle et l'anémie infantile parce que les enfants de moins de 6 mois sont exclus des analyses. Toutefois, nous savons que dans sa forme sévère, l'anémie est invalidante et peut altérer

de façon plus ou moins indirecte la prise en charge sanitaire et alimentaire de l'enfant par la mère.

III. Hypothèses

Trois principales hypothèses sous tendent cette étude sur l'épidémiologie de l'anémie :

- La première est que le niveau d'hémoglobine des mères et celui des enfants dépend à la fois des caractéristiques individuelles propres et des facteurs contextuels.
- La seconde est que les facteurs associés à l'anémie légère diffèrent de ceux associés à l'anémie modérée et sévère.
- La troisième hypothèse est que l'introduction de la modélisation multiniveau dans la recherche des déterminants de l'anémie permettra d'identifier des facteurs de risques nouveaux qui seraient passés inaperçus dans une modélisation classique.

Pour tester ces hypothèses, nous allons scinder notre démarche analytique en deux étapes que nous conduirons conjointement. La première consistera à identifier séparément les facteurs associés à l'anémie légère de ceux associés à l'anémie modérée et à l'anémie sévère. En d'autres termes, chaque forme d'anémie sera traitée comme une variable indépendante dont nous testerons l'association avec les différentes variables explicatives. Les variables explicatives ainsi que les analyses statistiques seront exactement les mêmes pour chaque pays (Bénin, Mali) et chaque groupe cible (femme, enfant). Cette première étape nous permettra d'identifier les facteurs de risque des trois formes d'anémie chez les femmes et les enfants dans les deux pays et partant de répondre aux deux premières hypothèses. La seconde étape consistera à différencier les caractéristiques des

communautés de ceux des individus et à isoler les variations dues aux effets de composition (individuels) de celles dues aux effets de contextes (effets communautaires). Ainsi, les variables seront regroupées par blocs (individu, ménage et communauté) et la corrélation intra-classe sera calculée pour quantifier la contribution de l'individu et celle du contexte au risque d'anémie. Cette seconde séquence d'analyse nous permettra de répondre à notre troisième hypothèse. Les résultats seront présentés de façon à pouvoir visualiser dans le même tableau - les facteurs de niveau individuel et ceux de niveau communautaire associés à l'anémie (hypothèse 1) – les facteurs associés à l'anémie légère et ceux associés à l'anémie modérée et sévère (hypothèse 2) – les résultats des analyses multivariées et ceux des analyses multiniveaux (hypothèse 3).

CHAPITRE 4 : MÉTHODOLOGIE

I. Population d'étude

Les données analysées dans cette thèse proviennent des enquêtes démographiques et de santé (EDS) réalisées en 2001 au Bénin et au Mali. Au Bénin, l'hémoglobine de 3125 femmes de 15 à 49 ans et 2052 enfants de 6 à 59 mois est mesurée; au Mali, nos données portent sur 3694 femmes et 2462 enfants. Les analyses multivariées et multiniveaux portent sur un sous échantillon constitué de femmes et d'enfants avec des données complètes pour toutes les variables incluses dans le modèle. Ce sous échantillon comprend 2010 femmes et 1415 enfants au Bénin, 2760 femmes et 2011 enfants au Mali.

1. Le contexte béninois

Le Bénin est un pays d'Afrique de l'Ouest d'à peu près sept millions d'habitants comptant au plan administratif douze départements et une cinquantaine d'ethnies. Environ 57% de la population vit en milieu rural. D'après le PNUD, avec un Indice de Développement Humain (IDH) de 0,421 en 2002, le Bénin se trouve au 161e rang sur 177 pays (UNDP, 2004). L'espérance de vie en bonne santé à la naissance y est de 44 ans (WHO, 2003). Le taux de mortalité des enfants de moins de cinq ans est d'environ 166 pour 1000 et la proportion d'enfants souffrant de retard de croissance modérée ou grave de 31% (Unicef, 2000). Le taux de scolarisation est très bas au Bénin; parmi les jeunes de 6 à 14 ans, un enfant sur quatre et une fille sur deux ne va pas à l'école. Le taux d'analphabétisme est de 74% chez les hommes et 81% chez les femmes (Unicef, 2000).

L'agriculture domine l'activité économique et occupe 56% de la population active. Malgré cela, le Bénin a du mal à garantir la sécurité alimentaire de sa population; d'après la FAO, 33 des 77 arrondissements du Bénin sont affectés par l'insécurité alimentaire (FAO, 2003). Le coton est la principale culture de rente; le pays produit aussi des céréales (maïs au sud, mil/sorgho au nord), des tubercules (manioc essentiellement), et des légumineuses (principalement les arachides). L'agriculture est encore de type rudimentaire et dépend des pluies. L'élevage des bovins, des caprins et des volailles

occupe une bonne partie du secteur primaire. D'après les statistiques de la FAO, près d'un million de béninois soit environ 15% de la population ne parvenaient pas à couvrir leurs besoins quotidiens en énergie en 1999 (FAOSTAT, 2002). Les céréales représentent 54% de l'apport énergétique total, les légumineuses 28%, les huiles et les graisses 10% et les produits d'origine animale 1%, ce qui laisse présager un fort risque d'anémie nutritionnelle.

2. Le contexte malien

Situé au cœur de l'Afrique de l'Ouest, le Mali est un vaste pays de 1 241 000 km² comptant près de 65% de zones désertiques ou semi désertiques. La saison sèche est très longue et peut durer jusqu'à 11 mois au Nord et 8 mois au Sud. Le pays compte environ 11 millions d'habitants, 71% en milieu rural. D'après les données de la banque mondiale, le taux de fécondité est l'un des plus élevés en Afrique avec en 1999 une moyenne de 6,6 enfants par femme (Banque mondiale, 2004). L'espérance de vie en bonne santé à la naissance est de 38 ans au Mali (OMS, 2002). Le taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans est de 233 pour 1000 et la proportion des enfants souffrant de retard de croissance est de 38% (Unicef, 2000). Avec un indice de développement humain de 0,326, le Mali figure parmi les cinq pays en queue du développement humain (174^e/177) devançant trois de ses voisins, le Burkina Faso, le Niger et la Sierra Léone (UNDP, 2004). L'éducation est presque exclusivement réservée à la population urbaine. Au total, 75% des adultes et 84% des femmes sont analphabètes (FAO, 2002).

L'agriculture et l'élevage constituent les poumons économiques du Mali contribuant pour 42% du Produit National Brut et occupant 80% de la population active. L'agriculture est essentiellement de type vivrière (mil, sorgho, riz, fonio, igname, manioc, haricot) et prioritairement destiné à la consommation domestique. Les arachides, le tabac et le coton seuls sont destinés à l'industrie. A lui seul, le coton représente 40% des revenus d'exportation du Mali. L'essentiel de la production agricole provient du sud du pays dans les régions de Ségou et Sikasso d'où l'appellation de 'Mali utile'. Les régions du nord (Tombouctou, Gao, Kidal) dont l'activité agricole est quasi nulle ne disposent

pratiquement pas d'infrastructures de base. D'après la FAO, 29% de la population malienne ne rejoint pas ses besoins énergétiques journaliers (FAO, 2002). Les produits d'origine végétale représentent 90% des apports en énergie au Mali.

II. Données

Nos données proviennent des Enquêtes Démographiques et de Santé (EDS) réalisées au Mali et Bénin en 2001. Le programme des EDS collecte des données à l'échelle nationale dans plus de 80 pays en développement. L'enquête standard comprend trois questionnaires développés par *Macro International* en collaboration avec le ministère de la santé des deux pays: - **Un questionnaire ménage**, fournissant des informations sur les caractéristiques de base des ménages - **un questionnaire individuel** s'adressant aux femmes en âge de procréer - et un **questionnaire communautaire** sur la disponibilité des services de santé est utilisé dans plusieurs pays au niveau des unités primaires de sondage (district ou quartier par exemple). Une description exhaustive de la méthodologie d'enquête est publiée par ORC Macro (ORC Macro, 1996; 1997). Les données sur l'accès aux services de base (eau, électricité, hygiène) sont disponibles seulement dans l'enquête du Bénin. Les questionnaires détaillés et spécifiques de chaque pays sont publiés en annexes des rapports EDS du Bénin et du Mali (EDSM-III, 2001; EDSB-III, 2001).

Les EDS sont réalisés dans chaque pays par un organisme public central avec le soutien technique de la société américaine ORC Macro et le FNUAP ainsi que l'appui financier de USAID. Les EDS constituent d'excellentes bases de données pondérées et représentatives au niveau national et au niveau des milieux de résidence. Ils sont basés sur un sondage par grappes stratifiées à deux degrés.

Au Bénin, au premier degré, 247 grappes ont été tirés au hasard à partir de la liste des zones de dénombrement établis par le gouvernement béninois pour les besoins de recensement de la population. Au deuxième degré, des ménages ont été tirés à partir de la liste des ménages dénombrés dans chaque grappe. Toutes les femmes de 15 à 49 ans résidant dans ces ménages ont été enquêtées. Au total, 6206 ménages ont été selectinnés,

5945 ont été trouvés et 5769 ont été enquêtés, soit un taux de réponse des ménages de 97%. Parmi les 6448 femmes éligibles dans ces ménages, 6219 ont accepté de participer à l'enquête soit un taux de réponse individuel de 96%.

Au Mali, 403 grappes ont constitué les unités primaires d'échantillonnage (premier degré); ces grappes ont été tirés aléatoirement de 13 strates (Bamako et les régions urbaines et rurales de Kayes, Koulikoro, Sikasso, Ségou, Mopti et Kidal/Gao/Tombouctou). Au deuxième degré, un échantillon de ménage a été sélectionné à partir de la liste des ménages établie lors de l'opération de dénombrement de chacune des 403 grappes sélectionnées. Au total, 13717 ménages ont été sélectionnés, 12617 ont été identifiés et parmi eux, 12331 ont été enquêtés avec succès, soit un taux de réponse de 98%. Au niveau individuel, 13541 femmes ont été identifiées dans les ménages enquêtés et parmi elles, 12849 ont acceptées de participer à l'enquête, soit un taux de réponse de 95%.

L'erreur de sondage qui mesure le degré de variation des réponses d'un échantillon à l'autre dans les deux pays est en dessous de 5%, témoignant de la bonne qualité des données du point de vue sondage (EDS Mali, 2001; EDS Bénin, 2001).

Du point de vue mesure, les erreurs associées à la collecte de l'information, les risques de mauvaise interprétation des réponses lors de l'interview, les erreurs de codage et de saisie peuvent être considérées comme minimales au vu de la formation approfondie du personnel de l'enquête. En effet, les enquêtrices et enquêteurs dans le cadre des enquêtes au Mali et au Bénin ont suivi une formation de quatre semaines. Dans le cas spécifique des prélèvements sanguins pour les tests d'hémoglobine, la formation des enquêteurs était assurée par les spécialistes nationaux et les experts du *Center of Disease Control* américain (CDC) et de ORC Macro. Une description détaillée du module de formation et du protocole de test d'anémie a été publiée par *Macro International* (2000).

Les EDS présentent toutefois des faiblesses pour la plupart liées à leur nature transversale. Ainsi, peut-on soupçonner un biais de survie au niveau des données

nutritionnelles puisque seuls les survivants sont interviewés et l'on sait peu des caractéristiques des 'non survivants'; plus précisément, malgré le caractère endémique de l'anémie au Mali et au Bénin, il est difficile de savoir si l'anémie a contribué au décès des non survivants (en absence de leur hémoglobinémie). Une autre limite de l'utilisation des données transversales pour effectuer les analyses contextuelles est qu'il est difficile de connaître les raisons qui poussent les gens à vivre dans un milieu plutôt que dans un autre; on pourrait penser que les personnes qui ont des problèmes de santé vont voir leur revenus diminuer et être contraints d'aller vivre dans des régions défavorisées où le coût de vie est abordable mais où le risque d'anémie est plus grand. Cette dernière limite est cependant contenue grâce à l'analyse multiniveau qui isole les effets individuels des effets de contexte. En d'autres termes, il n'y a pas de risque de surestimation des effets de la précarité du cadre de vie (milieu défavorisé) même si les personnes anémiées y ont migré pour des raisons de santé.

Malgré ces limites, les données des EDS constituent une source d'informations unique et précieuse de part leur exhaustivité et leur représentativité. Au Bénin et au Mali, les EDS constituent à notre connaissance, les seules enquêtes fiables ayant mesuré l'hémoglobinémie des femmes et des enfants à l'échelle nationale au cours des cinq dernières années. Il s'agit donc d'une gigantesque mine de données malheureusement peu explorée par les nutritionnistes. De l'exploiter dans cette étude nous permettra sans doute d'identifier avec assurance les facteurs sociodémographiques liés à l'anémie sur un large échantillon couvrant l'ensemble des communautés des deux pays et de dégager des résultats minimalement généralisables à l'échelle des pays et possiblement dans la sous région Ouest africaine.

III. Variables

Nous présentons ici une description sommaire des variables retenues dans le cadre de cette étude. Cette description porte essentiellement sur la manière dont les variables ont

été mesurées au cours des enquêtes au Bénin et au Mali. Les détails méthodologiques des enquêtes EDS sont présentés dans le document de référence *DHS Recode Manual* (2003)

1. La variable dépendante : l'anémie

Dans les deux enquêtes, l'anémie est mesurée par le niveau d'hémoglobine dans le sang. Le sang capillaire est prélevé à l'aide d'une *tenderlette* (petite lame rétractable) par piqûre au doigt; une à deux gouttes sont déposées sur une cuvette miniature, laquelle est finalement placée dans un hémoglobinomètre portatif (*HemoCue*). L'*HemoCue* qui est un appareil à lecture directe fiable donne en moins d'une minute la mesure exacte du niveau (en grammes) d'hémoglobine par décilitre de sang. Le coefficient de concordance avec les méthodes de laboratoire 'gold standard' est d'environ 0.99 avec un coefficient de variation de moins de 1%; la sensibilité de l'appareil est de 80% et la spécificité de 95% (Morris et al, 1999).

L'anémie chez l'enfant (WHO, 1968)

- Anémie sévère : Hémoglobinémie inférieure à 7,0 g/dl
- Anémie modérée : Hémoglobinémie comprise entre 7,0 et 9,9 g/dl
- Anémie légère : Hémoglobinémie comprise entre 10,0 et 10,9 g/dl

L'anémie chez la femme (WHO, 1968)

- Anémie sévère : Hémoglobinémie inférieure à 7,0 g/dl
- Anémie modérée : Hémoglobinémie comprise entre 7,0 et 9,9 g/dl
- Anémie légère : Hémoglobinémie comprise entre 10,0 et 11,9 g/dl

L'anémie chez la femme enceinte (WHO, 1968)

- Anémie sévère : Hémoglobininémie inférieure à 7,0 g/dl
- Anémie modérée : Hémoglobininémie comprise entre 7,0 et 9,9 g/dl
- Anémie légère : Hémoglobininémie comprise entre 10,0 et 10,9 g/dl

2. Les variables explicatives

Les variables explicatives ont été choisies suivant nos hypothèses, la revue bibliographique et leur disponibilité dans la base de données (tableau 4.1). Ainsi le premier bloc de variables explicatives représente celles directement liées aux caractéristiques individuelles (âge, sexe, rang de naissance). À ces variables 'intrinsèques', se greffent toujours au niveau individuel les variables directement reliées à l'état de santé (causes immédiates potentielles) notamment l'anthropométrie, le statut immun et les infections chez les enfants ou la grossesse chez la femme.

En second bloc, nous avons les variables de niveau ménage, pour la plupart reliées aux conditions socioéconomiques du ménage; il s'agit notamment du niveau de scolarisation du conjoint, des possessions du ménage, de l'emploi, de la taille du ménage. Ces variables vont comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent (cadre conceptuel), moduler l'effet des variables individuelles.

Enfin, en amont, les variables communautaires qui sont les causes 'lointaines' ou basales sont la région de résidence, le type de milieu de vie (urbain ou rural) et la disponibilité des services de base.

Tableau 4.1 : Variables explicatives utilisées pour les analyses

	Variables explicatives
Chez l'enfant	age – sexe - taille pour âge - poids pour âge - poids pour taille – rang de naissance - statut vaccinal – diarrhées – fièvre - toux – supplémentation en vitamine A
Chez la femme	age – IMC* – niveau d'éducation – grossesse – allaitement – religion
Au niveau du ménage	éducation du mari – possessions – emploi – source d'énergie – taille du ménage – présence d'eau – type de latrines
Au niveau de la communauté	région de résidence – type de place de résidence (rural ou urbain) - disponibilité des services de base (eau, électricité, ramassage ordures).

* Les femmes enceintes et celles ayant eu une naissance dans les deux mois précédant l'enquête ont été exclues des analyses faisant appel à l'IMC.

Description des variables rattachées à l'enfant

Age : le risque d'anémie est étroitement lié à l'âge des enfants. Nous avons regroupé les enfants en trois groupes (6 -11 mois; 12 – 35 mois; 36-49 mois) mois en fonction du risque d'anémie.

Anthropométrie : dans les deux enquêtes, tous les enfants de moins de cinq ans présents dans les ménages sélectionnés ont été pesés et mesurés. Les indices anthropométriques (Poids pour Age, Poids pour Taille, Taille pour Age) ont été calculés et comparés aux standards NCHS/CDC/WHO.

Statut vaccinal : au cours des deux enquêtes (Bénin et Mali), les informations sur la couverture vaccinale des enfants de moins de 5 ans ont été recueillies. Les recommandations de l'OMS stipulent qu'un enfant est complètement vacciné s'il a reçu

le BCG (vaccin anti tuberculeux), le vaccin contre la rougeole, trois doses de vaccin contre la polio et le DTCoq (vaccin anti diphtérique, coquelucheux et tétanique). Suivant le calendrier vaccinal, ces vaccins doivent être administrés avant l'âge d'un an. Nous avons sur cette base, constitué trois catégories : les enfants ayant reçu tous les vaccins requis pour leur âge (complètement vacciné) - les enfants n'ayant pas reçu tous les vaccins requis pour leur âge (partiellement vaccinés) et les enfants n'ayant reçu aucun vaccin (non vaccinés).

Morbidité : les infections respiratoires aiguës, les maladies diarrhéiques et l'état fébrile sont les principaux états morbides prévalents dans les deux pays et mesurés dans l'enquête. Pour évaluer la prévalence de ces maladies chez les enfants de moins de cinq ans, il était demandé à la mère si l'enfant avait souffert de toux, de diarrhée ou fait de la fièvre au cours des deux semaines ayant précédé l'enquête.

Rang de naissance : cette variable représente le rang de l'enfant parmi les naissances vivantes de la femme.

Supplémentation en vitamine A : la question est posée aux mères de savoir si l'enfant a reçu des capsules de vitamines A au cours des six derniers mois précédant l'enquête.

Description des variables rattachées à la femme

Age de la femme: exprimé en années; les femmes enquêtées ont entre 15 et 49 ans.

Indice de masse corporelle : nous avons classé les femmes en trois groupes en fonction de IMC ($IMC < 18,5$; $18,5 \leq IMC < 25$; $IMC \geq 25$). Afin d'éviter d'introduire un biais dans la distribution de l'IMC, les femmes enceintes et celles ayant eu une naissance dans les deux mois précédant l'enquête ont été exclues des analyses faisant appel à l'IMC.

Le niveau de scolarisation de la femme: exprime le plus haut niveau de scolarité complétée par la femme. Dans les deux pays, elle est catégorisée en trois : - aucune scolarité – scolarité primaire – scolarité secondaire ou supérieure.

Grossesse et allaitement : ces deux variables sont dichotomiques. En ce qui concerne la grossesse, le stade d'évolution de la grossesse est estimé en trimestres (1^{er}, 2^e et 3^e trimestre).

Nombre d'enfants : représente le nombre d'enfants vivants que la femme a eu avant l'enquête.

Milieu de socialisation dans l'enfance : détermine le type de milieu dans lequel la femme a passé son enfance (grande ville, petite ville, campagne).

La religion : variable catégorielle; cette variable varie en fonction des pays mais très souvent, retrouve t-on les catégories ci-après :

- Traditionnelle
- Musulmane
- Chrétienne
- Aucune/autres

Variables rattachées au ménage

Le niveau de scolarisation du mari: exprime le plus haut niveau de scolarité complétée par le mari. Dans les deux pays, elle est catégorisée en trois : - aucune scolarité – scolarité primaire – scolarité secondaire ou supérieure.

Statut socio-économique : le statut socio-économique dans les enquêtes est en général mesuré de trois façons : - le revenu – les dépenses – les possessions. Le revenu et les dépenses sont difficiles à obtenir dans la plupart des pays en développement. La plupart

des enquêtes utilisent donc des proxy tels l'électricité, le type d'habitats ou d'autres possessions. ORC Macro, l'organisme en charge de la mise en œuvre des EDS a construit un index de statut socioéconomique basé sur 162 indicateurs dans 81 pays. Cet index basé sur une analyse par composantes principales des possessions du ménage a été éprouvé avec satisfaction sur les données nutritionnelles du Bénin (Gwatkin et al, 2000) et du Mali (Gwatkin et al, 2000). La description exhaustive de la construction et la validation du 'wealth Index' a été publiée par Montgomery et al (1997).

Taille du ménage : nombre total de personnes vivant dans le ménage scindée en trois catégories : les ménages de petite taille (moins de 5 personnes), les ménages de taille moyenne (de 5 à 7 personnes) et les ménages de grande taille (plus de 7 personnes).

Source d'eau : cette variable est groupée en 4 catégories donnant une idée de la potabilité de l'eau de boisson dans les ménages

- Eau de robinet
- Borne fontaine
- Eau de puits
- Eau de pluies et de surface

Type de toilettes : cette variable comprend trois catégories :

- Toilettes modernes avec chasse d'eau
- Latrines traditionnelles
- Pas de latrines

Variables rattachées à la communauté

Les variables contextuelles retenues pour les analyses sont :

Région de résidence : représentant les provinces au Bénin et les départements au Mali. Au total, nous avons 7 départements au Bénin et 9 régions au Mali.

Le type de milieu de vie : urbain ou rural

L'Indice de Développement Communautaire (IDC) : nous avons construit un indice de niveau développement communautaire calculé à partir de la disponibilité de certains services au Bénin notamment:

- Le service d'hygiène
- L'approvisionnement en eau par la société béninoise des eaux
- L'approvisionnement en électricité par la société béninoise d'électricité

Lorsque tous ces services étaient disponibles dans une communauté, nous avons considéré la communauté comme ayant un indice de développement élevé. Lorsque aucun de ces services n'était disponible, nous considérons le niveau de développement communautaire comme nul. Entre ces deux extrêmes, les communautés étaient considérés comme à niveau de développement intermédiaire ou moyen.

IV. Analyses statistiques

Les résultats sont organisés autour de trois principaux types d'analyses statistiques :

- Les analyses descriptives bivariées mettant en relation les trois niveaux d'anémie (légère, modérée, sévère) aux différentes variables prédictives. Ces analyses consistent pour l'essentiel en des tests de Chi^2 car nos variables explicatives sont catégorielles et les variables dépendantes dichotomiques. Ces tests comparent les caractéristiques des femmes et des enfants anémiés (légère, modérée, sévère) aux non anémiés.
- Les analyses multivariées 'uni-niveaux' consistant à une modélisation par régression logistique classique. Les résultats sont présentés par pays et par groupe (femmes – enfants). Pour chaque groupe, la modélisation des facteurs de risque d'anémie légère et celle des facteurs de risque d'anémie modérée à

sévère sont présentées séparément. Les analyses bivariées et multivariées sont faites avec le logiciel SPSS 12.0.

- Les analyses multivariées multiniveaux. Les modèles multiniveaux sont construits suivant la même logique que les modèles multivariés à la différence que les variables pour chaque niveau d'analyse (individu et communauté) ne sont plus toutes spécifiées au niveau individuel. Les analyses multiniveaux sont faites avec le logiciel MLwiN 2.0.

Les données des EDS ont une structure de base hiérarchique avec les enfants (niveau 1) nichés au sein des mères (niveau 2), elles même nichées au sein des ménages (niveau 3) qui sont à leur tour nichés dans des communautés (niveau 4). Au Mali, nous avons en moyenne 1,25 femmes enquêtées par ménage et au Bénin 1,17 femmes par ménage. Avec moins de deux enfants de moins de 5 ans par femmes et moins de deux femmes par ménage, nous avons opté dans cette étude pour des modèles à deux niveaux hiérarchiques : l'individu (femme ou enfant) et la communauté.

La définition de la communauté en analyse multiniveau est un exercice complexe mais capital. Conceptuellement, elle est fonction de la question d'étude et de l'usage envisagée des résultats. Par exemple, une définition géographique du contexte serait appropriée si l'on envisage agir sur l'environnement physique tandis qu'une définition administrative du contexte conviendrait à des études visant à améliorer les politiques publiques (Diez-Roux, 2001). Dans cette étude, la définition du contexte est administrative. Nous avons défini les communautés en regroupant les unités primaires d'échantillonnage (grappes) au sein des unités administratives de façon à avoir un nombre d'unités d'analyses adéquat aux fins statistiques, mais qui respectent l'intégrité administrative.

À priori, étant donné que la variable dépendante peut, à tout moment s'exprimer sous la forme – anémié – ou – non anémié, notre équation de régression logistique à deux niveaux (individu et communauté) se présente sous la forme:

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_{ij} = \pi_{ij} + e_{oij} \sqrt{\pi_{ij} (1 - \pi_{ij})} \\ \text{Logit} (\pi_{ij}) = \ln (\pi_{ij} / 1 - \pi_{ij}) = \beta_{oj} + \beta_k X_{ij} \\ \beta_{oj} = \beta_o + u_{oj} \end{array} \right.$$

π_{ij} représente la probabilité d'être anémié pour l'individu i vivant dans la communauté j . y_{ij} est la variable dépendante (anémie légère ou anémie modérée à sévère). X_{ij} est la matrice des covariables qui peut être définie au niveau de l'individu i ou de la communauté j . β_{oj} est l'intercept qui varie aléatoirement au niveau de la communauté. β_k représente les coefficients de régression des variables explicatives. u_{oj} et e_{oij} représentent les variations aléatoires au niveau communautaire et individuel respectivement.

Effets aléatoires: Nous avons mesuré la contribution de l'environnement communautaire au risque d'anémie par le calcul du coefficient de partition de la variance (VPC) qui est une approximation de la corrélation intra-classe lorsque la variable dépendante est non linéaire (Snijders et Bosker, 1999; Goldstein et al, 2002). Le VPC représente le pourcentage de la variance totale dans le risque d'anémie qui est attribuable aux effets de contexte. Il mesure aussi le niveau de concentration de l'anémie dans la communauté. Pour les variables dichotomiques, la VPC peut se calculer en utilisant la formule utilisée par Snijders et Bosker (1999):

$$\text{VPC} = \text{Variance contextuelle} / (\text{Variance contextuelle} + \Pi^2/3)$$

Une valeur de la VPC élevée indique une forte concentration de l'anémie dans la communauté et une influence importante des effets de contexte sur le risque d'anémie au niveau individuel. Une valeur de VPC faible indique à l'opposé une faible influence des caractéristiques du milieu de vie sur le risque d'anémie chez l'individu.

V. Spécification des modèles

Dans la section précédente, nous avons présenté les principaux groupes de variables explicatives qui ont contribué à bâtir le cadre conceptuel notamment :

- Les facteurs biologiques
- Les facteurs liés à l'état de santé ou à l'état physiologique
- Les facteurs liés aux conditions socio-économiques
- Les facteurs liés à la communauté.

Nos modèles sont construits dans l'optique de tester l'impact de chaque groupe de variables sur l'anémie chez la femme et chez l'enfant. Chaque catégorie d'anémie est considérée comme une variable dépendante dichotomique. A priori nous avons donc trois variables dépendantes :

- Anémie légère vs absence d'anémie
- Anémie modérée vs absence d'anémie
- Anémie sévère vs absence d'anémie.

Le nombre restreint d'individus sévèrement anémiés nous a amené à fusionner l'anémie modérée et l'anémie sévère pour créer la variable anémie modérée à sévère. Cette décision est confortée par les résultats d'analyses bivariées qui montrent que les facteurs de risques d'anémie modérée et d'anémie sévère sont comparables; et aussi par des évidences dans la littérature qui stipulent que l'anémie n'a de conséquences fonctionnelles mesurables que dans sa forme modérée et sévère.

Le premier modèle ou modèle de base comprend les déterminants biologiques. Nous avons décidé d'inclure dans tous les autres modèles afin de contrôler pour les effets 'intrinsèques'. Chez l'enfant, les variables incluses dans le modèle sont l'âge, le sexe, le rang de naissance et l'âge de la mère. Chez la femme ce sont l'âge et l'état de grossesse.

Le modèle 2 ou modèle santé voit à la contribution de l'état de santé au risque d'anémie. Il adjoint au modèle 1 les variables associées à l'état de santé. Chez l'enfant, ce sont le retard de croissance, la diarrhée, l'hygiène, l'usage de moustiquaire et l'immunisation. Chez les mères, ce modèle n'est pas construit puisque nous n'avons pas d'indicateurs fiables de l'état de santé de la femme dans la base de données. Nous avons néanmoins pris en compte des comportements préventifs notamment l'usage de moustiquaires et la qualité de l'eau de boisson.

Le modèle 3 ou modèle socio-économique s'intéresse aux conditions socio-économiques du ménage. Quatre variables clés meublent ce modèle : le niveau de scolarisation de la femme, le niveau de scolarisation de l'homme, la taille du ménage et l'index d'aisance matérielle bâti à partir des possessions du ménage. Dans le modèle des femmes, nous avons ajouté à ces quatre variables, le milieu de socialisation dans l'enfance.

Le modèle 4 ou modèle communautaire recherche l'effet des facteurs communautaires et écologiques sur l'anémie. Nous avons construit un indice de développement communautaire fondé sur la disponibilité des services essentiels tel que l'eau et l'électricité ainsi que sur le niveau d'hygiène communautaire. Dans ce modèle, on retrouve aussi la variable type de milieu de vie (urbain ou rural) ainsi que la région de résidence.

Le modèle 5 combine les deux précédents (modèle socio-économique et modèle communautaire).

Le modèle 6 ou modèle complet regroupe toutes les variables des modèles 1, 2, 3 et 4. C'est notre modèle explicatif par excellence, car il obéit à notre cadre théorique; nos interprétations sont essentiellement fondées sur les estimés obtenus à partir de ce modèle.

NB : Seuls les modèles complets (modèles 6) sont présentés dans les résultats. L'ensemble des modèles pour l'anémie modérée à sévère est présenté en annexe.

CHAPITRE 5: RÉSULTATS

Ce chapitre présente les résultats descriptifs, multivariés et multiniveaux de l'étude. Les résultats sont présentés par pays (le Bénin ensuite le Mali). Pour chaque pays, les résultats sont présentés par groupe cible (les enfants ensuite les femmes). Les tableaux et les commentaires sont à chaque fois organisés suivant notre modèle théorique. Nous présentons en premier les associations entre les variables rattachées directement à l'individu (femme ou enfant) et l'anémie. Ensuite nous présentons les variables rattachées au ménage et enfin celles rattachées à la communauté.

I. Prévalence de l'anémie

Le tableau 5.1 présente la prévalence de l'anémie chez les enfants et les femmes au Bénin et au Mali. Les prévalences sont comparables dans les deux pays. Environ 80% des enfants et 65% des femmes sont anémiées ; près de 25% des femmes et 65% des enfants présentent une anémie dans sa forme modérée ou sévère.

Tableau 5.1 : Prévalence de l'anémie chez les enfants et les femmes au Bénin et au Mali

		Niveau d'anémie				
		Sévère % (n)	Modérée % (n)	Légère % (n)	Non anémié % (n)	Total N
Bénin	Enfants	8,9 (182)	51,7 (1061)	21,6 (444)	17,8 (365)	2052
	Femmes	1,9 (58)	21,8 (680)	40,7 (1272)	35,7 (1114)	3124
Mali	Enfants	12,2 (301)	52,7 (1297)	18,4 (452)	16,7 (412)	2462
	Femmes	2,9 (108)	22,0 (811)	38,9 (1436)	36,2 (1339)	3694

II. Analyses bivariées

Les tableaux 5.2, 5.3, 5.4 et 5.5 présentent les résultats des analyses bivariées chez les enfants et les femmes au Bénin et au Mali. Les pourcentages totalisent 100% pour chaque ligne de manière à pouvoir apprécier les associations relatives de chaque facteur sur les prévalences d'anémie. Les tests de χ^2 comparent la distribution des facteurs étudiés entre les anémiés de chaque type séparément (léger, modéré, sévère) par rapport à leur distribution chez les non anémiés.

1. Le Bénin

Les enfants

Le tableau 5.2 présente la distribution des potentiels facteurs de risque d'anémie chez les enfants au Bénin.

Les variables directement reliées à l'enfant

L'âge des enfants ne semble pas associé à l'anémie légère ($p=0,368$) mais il est significativement associé à l'anémie modérée ($p<0,001$) et à l'anémie sévère ($p<0,001$). La prévalence de l'anémie sévère est cinq fois plus élevée chez les enfants de moins de deux ans que chez ceux de trois ans et plus. Dans l'ensemble les filles semblent légèrement moins anémiées que les garçons (80% vs 84%). Cette différence en fonction du sexe n'est statistiquement significative que dans les cas d'anémie légère. La prévalence de l'anémie augmente avec le rang de naissance : l'anémie affecte 77% des premiers nés et 87% des enfants nés après le cinquième enfant.

L'état de santé

Les variables directement reliées à l'état de santé des enfants (l'anthropométrie, excepté l'indice poids pour âge, la présence de fièvre, de diarrhées ou de toux au cours des deux dernières semaines) ne montrent pas d'associations bivariées significatives avec l'anémie légère. En revanche, d'importantes différences sont notées entre les enfants souffrant des formes modérées ou sévères d'anémie et les enfants non anémiés en fonction de l'état de santé et de l'état nutritionnel. Les enfants présentant un retard staturo-pondéral sévère ($P/T < -3$) et ceux ayant un déficit pondéral sévère ($P/A < -3$) ont des prévalences d'anémie sévère 2 à 3 fois plus importantes que les enfants présentant des scores anthropométriques normaux. La prévalence de l'anémie sévère est trois fois plus grande chez les enfants ayant eu de la fièvre dans les jours précédant l'enquête. La prévalence d'anémie modérée est aussi de 8 à 10% plus importante chez les enfants ayant fait de la fièvre ou de la diarrhée peu avant l'enquête. Les enfants anémiés et les non anémiés ne montrent pas de différences significatives en fonction de la présence ou non d'infections respiratoires.

La prévalence de l'anémie légère est plus faible chez les enfants ayant pris des capsules de vitamines A au cours des six derniers mois (17%) que chez ceux qui n'en ont pas pris (23%). On ne note pas de différence entre les enfants modérément ou sévèrement anémiés et les enfants non anémiés en fonction de la prise des capsules de vitamine A. Les enfants n'ayant reçu aucun vaccin ont une prévalence d'anémie légère ou modérée de 10% supérieure à celle des enfants complètement vaccinés. Les enfants complètement vaccinés ont aussi une plus faible prévalence d'anémie sévère (7,3%) que les enfants non vaccinés (11,3%). La prévalence de l'anémie est de 10% plus faible chez les enfants qui dorment sous une moustiquaire que chez ceux qui dorment sans moustiquaire. Cet usage de moustiquaire est associé à une faible prévalence des trois formes d'anémie. La prévalence de l'anémie est plus importante chez les enfants qui vivent dans des familles ne disposant pas de latrines modernes ou consommant de l'eau de sources non protégées (puits ouverts, pluies, surface).

Les variables reliées à l'environnement familial

La prévalence de l'anémie varie beaucoup en fonction de l'ethnie. La proportion d'enfants peulhs atteints d'anémie sévère est de 21%, celle des enfants des ethnies Yoa et Lokpa de 16% tandis que les enfants Adja et Yoruba sont moins que 5% à faire une anémie sévère.

Le niveau d'anémie des enfants est associé au niveau d'anémie de leur mère. Environ 94% des enfants dont les mères sont sévèrement anémiées sont anémiés. L'anémie affecte néanmoins 77% des enfants dont les mères ne sont pas anémiées. Dans sa forme sévère, l'anémie affecte 19% des enfants dont les mères sont sévèrement anémiées et 8% des enfants dont les mères ne sont pas anémiées.

La prévalence de l'anémie modérée et sévère est plus importante chez les enfants de parents sans scolarité. L'anémie sévère affecte environ 10% des enfants de parents sans aucune scolarisation et 7% des enfants dont les parents (père ou mère) ont déjà été à l'école. Les enfants musulmans sont deux fois plus nombreux à présenter une anémie sévère que les enfants chrétiens.

Les variables socio-économiques sont significativement associées aux trois formes d'anémie. Les enfants des ménages disposant de l'électricité ont une prévalence d'anémie sévère de 5% et de 10% chez ceux des ménages sans électricité. On observe aussi un gradient décroissant net entre la prévalence d'anémie modérée et sévère et l'index socioéconomique. La prévalence de l'anémie est de 65% chez les enfants ayant un index socio-économique élevé (5^e quartile) et d'environ 86% chez ceux ayant un index socioéconomique bas (1^{er} et 2^e quartile)

Les variables communautaires

Pour ce qui est des variables communautaires, les enfants de certaines régions du Bénin ont des prévalences d'anémie particulièrement élevées. Les régions de Borgou et

d'Atacora ont des prévalences d'anémie sévère respectives de 12% et 16% tandis que celles de l'Atlantique et de Momo sont de 5% et de 4% respectivement. Les prévalences de toutes les formes d'anémie sont plus élevées en milieu rural qu'en milieu urbain (85% vs 75%). Le niveau de développement communautaire affecte particulièrement la prévalence de l'anémie sévère ; les enfants provenant des communautés dont l'indice est nul (ni service d'eau, ni service d'électricité, ni service de ramassage des ordures) ou faible (disposant d'un des trois services) ont une prévalence d'anémie sévère deux à trois fois plus grande que ceux dont le développement communautaire est moyen ou élevé.

Tableau 5.2: Distribution des facteurs potentiellement associés à différents niveaux d'anémie chez les enfants de moins de 5 ans au Bénin

Variables	N	Présence d'anémie				
		Sévère % (n) 191	Modérée % (n) 1149	Légère % (n) 495	Non % (n) 481	
Variables intrinsèques						
Age de l'enfant (en mois)						
6 – 11	273	15,8 (43)	53,8 (147)	19,4 (53)	11,0 (30)	
12 – 23	484	15,1 (73)	59,5 (288)	14,0 (68)	11,4 (55)	
24 – 35	449	8,2 (37)	51,7 (232)	22,0 (99)	18,0 (81)	
36 – 47	429	3,5 (15)	49,0 (210)	26,3 (113)	21,2 (91)	
48 – 59	417	3,4 (14)	44,1 (184)	26,6 (111)	25,9 (108)	
		p¹	<0,001	<0,001	0,368	Référence
Sexe de l'enfant						
Masculin	1039	9,2(96)	52,3 (543)	22,6 (235)	15,9 (165)	
Féminin	1013	8,5 (86)	51,1 (518)	20,6 (209)	19,7 (200)	
		p	0,096	0,053	0,029	Référence
Rang de naissance						
1er	414	6,5 (27)	49,0 (203)	21,7 (90)	22,7 (94)	
2-3	654	8,0 (52)	50,0 (327)	22,2 (145)	19,9 (130)	
4 – 5	481	11,0 (53)	52,6 (253)	20,6 (99)	15,8 (76)	
6 ou plus	503	9,9 (50)	55,3 (278)	21,9 (110)	12,9 (65)	
		p	0,002	0,002	0,050	Référence
État de santé						
Poids pour taille						
Normal	1877	7,9 (148)	51,5 (966)	22,3 (418)	18,4 (345)	
-3<z<-2	134	18,7 (25)	52,2 (70)	16,4 (22)	12,7 (17)	
z<-3	40	22,5 (9)	60,0 (24)	10,0 (4)	7,5 (3)	
		p	<0,001	0,082	0,973	Référence
Poids pour age						
Normal	1277	7,2 (92)	49,8 (636)	22,3 (285)	20,7 (264)	
-3<z<-2	355	12,4 (44)	52,4 (186)	24,2 (86)	11,0 (39)	
z<-3	110	18,2 (20)	60,9 (67)	10,9 (12)	10,0 (11)	
		p	<0,001	<0,001	0,003	Référence
Taille pour age						
Normal	1145	9,1 (104)	47,4 (543)	22,8 (261)	20,7 (237)	
-3<z<-2	384	7,6 (29)	56,0 (215)	21,6 (83)	14,8 (57)	
Z<-3	213	10,8 (23)	61,5 (131)	18,3 (39)	9,4 (20)	
		p	0,010	<0,001	0,070	Référence
Fièvre au cours des deux dernières semaines						
Non	1108	4,6 (51)	48,2 (534)	24,9 (276)	22,3 (247)	
Oui	941	13,9(131)	55,8 (525)	17,7 (167)	12,5 (118)	
		p	<0,001	<0,001	0,121	Référence

Variables		Sévère % (n)	Modérée % (n)	Légère % (n)	Non % (n)
Diarrhées au cours des deux dernières semaines					
Non	1719	8,3 (143)	50,0 (860)	22,5 (387)	19,1 (329)
Oui	325	12,0 (39)	60,6 (197)	16,9 (55)	10,5 (34)
	p	<0,001	<0,001	0,166	Référence
Toux au cours des deux dernières semaines					
Non	1491	8,6 (128)	50,2 (748)	22,7 (339)	18,5 (276)
Toux sans difficultés respiratoires	290	9,7 (28)	53,4 (155)	19,7 (57)	17,2 (50)
Toux avec difficultés respiratoires	271	9,6 (26)	58,3 (158)	17,7 (48)	14,4 (39)
	p	0,363	0,099	0,937	Référence
Vitamine A au cours des six derniers mois					
Non	1600	8,8 (140)	51,1 (818)	23,1 (370)	17,0 (272)
Oui	360	10,0 (36)	52,5 (189)	16,9 (61)	20,6 (74)
	p	0,91	0,306	0,011	Référence
Vaccination					
Aucun vaccin	168	11,3 (19)	60,1 (101)	15,5 (26)	13,1 (22)
De 1 à 4 vaccins	228	12,3 (28)	54,4 (124)	20,6 (47)	12,7 (29)
De 5 à 7 vaccins	282	12,4 (35)	54,6 (154)	16,3 (46)	16,7 (47)
Complètement vacciné	1292	7,3 (94)	49,4 (638)	23,8 (308)	19,5 (252)
	p	<0,001	0,010	0,457	Référence
Usage de moustiquaire					
Non	1153	10,1 (117)	55,7 (642)	21,1 (243)	13,1 (151)
Oui	892	7,3 (65)	46,6 (416)	22,3 (199)	23,8 (212)
	p	<0,001	<0,001	<0,001	Référence
Type de latrines					
Inexistantes	1486	10,1 (150)	53,9 (801)	21,8 (324)	14,2 (211)
Traditionnelles	478	5,4 (26)	46,9 (224)	20,7 (99)	27,0 (129)
Modernes	14	0,0 (0)	7,1 (1)	28,6 (4)	64,3 (9)
	p	<0,001	<0,001	<0,001	Référence
Source d'eau					
Eau de robinet	738	5,4 (40)	43,4 (320)	25,2 (186)	26,0 (192)
Eau des puits protégés	396	11,6 (46)	61,6 (244)	17,9 (71)	8,8 (35)
Eau de puits non protégés	501	12,0 (60)	53,9 (270)	19,8 (99)	14,4 (72)
Eau de surface ou de pluies	356	8,7 (31)	56,2 (200)	20,5 (73)	14,6 (52)
	p	<0,001	<0,001	0,006	Référence

Variables	N	Sévère % (n)	Modérée % (n)	Légère % (n)	Non % (n)
Variables rattachables à l'environnement familial					
Ethnie					
Adja	323	4,3 (14)	52,0 (168)	21,7 (70)	22,0 (71)
Bariba	190	11,1 (21)	61,1 (116)	17,4 (33)	10,5 (20)
Dendi	55	16,4 (9)	63,6 (35)	16,4 (9)	3,6 (2)
Fon	876	7,4 (65)	47,8 (419)	23,3 (204)	21,5 (188)
Yoa & Lokpa	99	16,2 (16)	52,5 (52)	18,2 (18)	13,1 (13)
Betamaribe	155	11,6 (18)	60,6 (94)	15,5 (24)	12,3 (19)
Peulh	115	20,9 (24)	53,9 (62)	16,5 (19)	8,7 (10)
Yoruba	165	4,8 (8)	50,3 (83)	27,9 (46)	17,0 (28)
Autres	74	9,7 (7)	43,2 (32)	28,4 (21)	18,9 (14)
	p	<0,001	<0,001	0,222	Référence
Age de la mère					
15-19	57	17,5 (10)	49,1 (28)	22,8 (13)	10,5 (6)
20-24	430	7,4 (32)	54,2 (233)	20,7 (89)	17,7 (76)
25-29	629	9,9 (62)	51,8 (326)	21,1 (133)	17,2 (108)
30-34	438	7,5 (33)	53,4 (234)	19,4 (83)	19,6 (86)
35-39	317	9,8 (31)	48,9 (155)	24,9 (79)	16,4 (52)
40-44	119	9,2 (11)	42,9 (51)	26,9 (32)	21,0 (25)
45-49	62	4,8 (3)	54,8 (34)	21,0 (13)	19,4 (12)
	p	0,083	0,699	0,544	Référence
Niveau d'anémie de la mère					
Non anémiée	757	7,9 (60)	49,5 (375)	19,7 (149)	22,9 (173)
Anémie légère	831	9,6 (80)	50,3 (418)	23,9 (199)	16,1 (134)
Anémie modérée	419	8,4 (35)	57,5 (241)	21,0 (88)	13,1 (55)
Anémie sévère	31	19,4 (6)	54,8 (17)	19,4 (6)	6,5 (2)
	p	0,002	<0,001	0,001	Référence
Niveau d'instruction de la mère					
non scolarisée	1534	9,5 (145)	53,7 (823)	22,4 (344)	14,5 (222)
Scolarisée	518	7,1 (37)	45,9 (238)	19,3 (100)	27,6 (143)
	p	<0,001	<0,001	<0,001	Référence
Niveau d'instruction du père					
Non scolarisé	1071	9,8 (105)	54,4 (583)	21,3 (288)	14,5 (155)
Scolarisé	819	6,6 (54)	49,3 (404)	21,2 (174)	22,8 (187)
	p	<0,001	<0,001	0,002	Référence
Statut emploi					
Ne travaille pas	188	5,9 (11)	55,9 (105)	19,1 (36)	19,1 (36)
Travaille	1864	9,2 (171)	51,3 (956)	21,9 (408)	17,7 (329)
	p	0,148	0,985	0,388	Référence

Variables		Sévère % (n)	Modérée % (n)	Légère % (n)	Non % (n)
Religion					
Traditionnelle	459	8,5 (39)	56,2 (258)	19,8 (91)	15,5 (71)
Musulmane	482	13,1 (63)	53,7 (259)	21,2 (102)	12,0 (58)
Chrétienne	917	6,3 (58)	49,3 (452)	22,1 (203)	22,2 (204)
Aucune / autres	194	11,3 (22)	47,4 (92)	24,7 (48)	16,5 (32)
	p	<0,001	<0,001	0,017	Référence
Présence d'électricité					
Non	1723	9,6 (165)	53,6 (924)	21,8 (376)	15,0 (258)
Oui	326	4,9 (16)	47,1 (136)	20,6 (67)	32,0 (107)
	p	<0,001	<0,001	<0,001	Référence
Taille du ménage					
Moins de 5 personnes	454	8,8 (40)	44,3 (201)	24,2 (110)	25,5 (131)
De 5 à 7 personnes	765	8,4 (64)	53,2 (407)	20,9 (160)	20,3 (176)
Plus de 7 personnes	833	9,4 (78)	54,4 (453)	20,4 (174)	18,6 (174)
	p	0,146	<0,001	0,399	Référence
Statut Socio-économique					
1er quintile	517	10,1 (52)	58,2 (301)	18,2 (94)	13,5 (70)
2e quintile	445	13,3 (59)	51,7 (230)	21,8 (97)	13,3 (59)
3e quintile	411	8,0 (33)	51,6 (212)	27,3 (112)	13,1 (54)
4e quintile	405	6,2 (25)	52,1 (211)	20,7 (84)	21,0 (85)
5e quintile	274	4,7 (13)	39,1 (107)	20,8 (57)	35,4 (97)
	p	<0,001	<0,001	<0,001	Référence
Variables communautaires					
Région					
Atacora	332	15,7 (52)	59,0 (196)	14,2 (47)	11,1 (37)
Atlantique	392	5,1 (20)	39,8 (156)	23,2 (91)	31,9 (125)
Borgou	355	12,1 (43)	56,1 (199)	19,4 (69)	12,4 (44)
Momo	289	3,8 (11)	55,4 (160)	21,1 (62)	19,7 (57)
Ouémé	326	9,5 (31)	50,9 (166)	25,8 (84)	13,8 (45)
Zou	358	7,0 (25)	51,4 (184)	25,7 (92)	15,9 (57)
	p	<0,001	<0,001	<0,001	Référence
Milieu de résidence					
Urbain	632	6,8 (43)	49,1 (310)	19,5 (123)	24,7 (156)
Rural	1420	9,8 (139)	52,9 (751)	22,6 (321)	14,7 (209)
	p	<0,001	<0,001	<0,001	Référence
Développement communautaire					
Nul	1079	9,7 (107)	53,1 (584)	22,2 (244)	14,9 (164)
Faible	309	12,0 (37)	52,8 (163)	23,0 (71)	12,3 (38)
Moyen	282	4,3 (12)	51,4 (145)	18,8 (53)	25,5 (72)
Élevé	187	4,8 (9)	38,5 (72)	23,5 (44)	33,2 (62)
	p	<0,001	<0,001	<0,001	Référence

¹Chi² comparant la distribution de chaque variable chez les anémiés pour chaque type d'anémie comparé séparément au même groupe de non anémiés.

Les femmes

Le tableau 5.3 présente la distribution des variables potentiellement associées à l'anémie chez les femmes au Bénin.

Les variables directement reliées à la femme

On n'observe pas de différences significatives entre les femmes anémiées et les femmes non anémiées en fonction de l'âge ou du nombre d'enfants. La prévalence de l'anémie sévère est plus importante chez les femmes qui se sont mariées avant l'âge de 18 ans que chez celles qui se sont mariées après 18 ans (3,2% vs 1,3%).

L'anémie affecte 73% des femmes enceintes et 63% des femmes non enceintes au Bénin. Le ratio de prévalence est de 3,4 dans les cas sévères et de 2,4 dans les cas modérés. La prévalence d'anémie sévère est nulle pendant le premier trimestre et atteint 7% à partir du deuxième trimestre. Par contre, en ce qui concerne l'allaitement, les femmes allaitantes ont des prévalence d'anémie modérée et sévère légèrement plus faibles que les femmes non allaitantes.

Les variables reliées à l'environnement familial (socioéconomiques)

Les femmes musulmanes ont une prévalence d'anémie sévère plus grande que celle des femmes chrétiennes (3,9% vs 1,1%). La prévalence de l'anémie sévère est plus faible chez les femmes scolarisées que chez celles n'ayant eu aucune scolarisation (1,4% vs 2,0%), par contre les prévalences de l'anémie modérée et de l'anémie légère sont plus élevées chez les femmes scolarisées que chez les femmes non scolarisées. La prévalence de l'anémie sévère est aussi plus faible chez les femmes disposant de l'eau de robinet au foyer. Le statut socioéconomique exprimé par l'index composite de possessions ne discrimine pas entre les femmes anémiées et non anémiées excepté dans les cas d'anémie modérée.

Les variables reliées à la communauté

Comme les enfants, les femmes de la région de Borgou ont une prévalence d'anémie sévère plus importante que celles des autres régions, particulièrement celles de Borgou et Zou (0,9% et 1,0%). La proportion des femmes rurales béninoises affectées par l'anémie (surtout dans sa forme légère ou modérée) est légèrement plus faible que celle des femmes urbaines (61% vs 67%). On note des différences significatives entre les femmes non anémiées et les femmes légèrement ou modérément anémiées en fonction du niveau de développement communautaire. La prévalence de l'anémie (légère, modérée ou sévère) est plus grande chez les femmes des communautés ayant un indice de développement économique faible.

Tableau 5.3: Distribution des facteurs potentiellement associés à différents niveaux d'anémie chez les femmes au Bénin

Variables	N	Présence d'anémie				
		Sévère % (n) 58	Modérée % (n) 680	Légère % (n) 1272	Non % (n) 1114	
Age de la femme						
15-19	594	1,5 (9)	21,4 (127)	42,1 (250)	35,0 (208)	
20-24	634	2,4 (15)	21,8 (138)	41,0 (260)	34,9 (221)	
25-29	583	1,4 (8)	23,7 (138)	37,7 (220)	37,2 (217)	
30-34	428	2,6 (11)	22,2 (95)	42,3 (181)	32,9 (141)	
35-39	387	1,6 (6)	20,7 (80)	39,8 (154)	38,0 (147)	
40-44	265	1,5 (4)	21,1 (56)	43,0 (114)	91,0 (34,3)	
45-49	233	2,1 (5)	19,7 (46)	39,9 (93)	38,2 (91)	
		p ¹	0,647	0,969	0,734	référence
Nombre total d'enfants						
Pas d'enfant	797	1,6 (13)	21,8 (174)	41,3 (329)	35,3 (281)	
1 -2 enfants	787	1,7 (13)	21,3 (168)	41,9 (330)	35,1 (276)	
3 – 4 enfants	586	2,7 (16)	20,8 (122)	38,2 (224)	38,2 (224)	
5 enfants et plus	954	1,7 (16)	22,6 (216)	40,8 (389)	34,9 (333)	
		p	0,593	0,674	0,479	référence
Age au premier accouchement						
Moins de 17 ans	774	3,2 (25)	23,9 (185)	39,0 (302)	33,9 (262)	
18 à 21 ans	1010	1,3 (13)	20,2 (204)	41,2 (416)	37,3 (377)	
22 ans et plus	543	1,3 (7)	21,5 (117)	41,4 (225)	35,7 (194)	
		p	0,004	0,120	0,976	référence
État de grossesse						
Pas enceinte	2744	1,5 (40)	18,8 (518)	43,0 (1181)	36,8 (1013)	
Enceinte	353	5,1 (18)	45,0 (162)	22,9 (91)	27,0 (101)	
		p	<0,001	<0,001	0,087	référence
Trimestre de grossesse						
1er trimestre	114	0,0 (0)	37,7 (43)	25,4 (42)	36,8 (42)	
2e trimestre	147	6,8 (10)	48,3 (71)	24,5 (30)	20,5 (30)	
3e trimestre	111	7,2 (8)	43,2 (48)	23,4 (29)	26,1 (29)	
		p	0,003	0,022	0,276	référence
Allaitement pendant l'enquête						
N'allait pas	2148	2,0 (42)	24,5 (527)	39,5 (849)	34,0 (730)	
Allait	976	1,6 (16)	15,7 (123)	43,3 (423)	39,3 (384)	
		p	0,281	<0,001	0,531	référence
IMC						
IMC < 18,5	330	1,6 (5)	22,7 (73)	42,2 (136)	33,5 (108)	
IMC 18,5-25	2258	2,2 (48)	21,7 (481)	40,6 (899)	35,4 (784)	
IMC > 25	601	0,9 (5)	21,6 (125)	40,2 (232)	37,5 (217)	
		p	0,097	0,697	0,586	référence
Religion						
Traditionnelle	601	1,5 (9)	17,5 (103)	40,1 (241)	41,3 (248)	
Musulmane	692	3,9 (27)	23,3 (161)	40,3 (279)	32,5 (225)	
Chrétienne	1609	1,1 (17)	23,3 (374)	41,0 (661)	34,6 (557)	
Aucune	222	2,1 (5)	18,8 (42)	41,3 (91)	37,9 (84)	
		p	<0,001	0,001	0,203	référence

Variables	N	Sévère % (n)	Modérée % (n)	Légère % (n)	Non % (n)	
Ethnie						
Adja	542	1,7 (9)	17,9 (97)	44,3 (240)	36,2 (196)	
Bariba	275	4,7 (13)	26,9 (74)	39,3 (108)	21,9 (80)	
Dendi	87	3,4 (3)	33,3 (29)	44,8 (39)	18,4 (16)	
Fon	1369	1,1 (15)	22,1 (303)	40,7 (557)	36,1 (494)	
Yoa & Lokpa	106	4,7 (5)	23,6 (25)	39,6 (42)	32,1 (34)	
Betamaribe	179	1,1 (2)	15,6 (28)	33,5 (60)	49,7 (89)	
Peulh	124	4,8 (6)	27,4 (34)	41,9 (52)	25,8 (32)	
Yorouba	308	0,6 (2)	19,2 (59)	40,6 (127)	39,6 (122)	
Autres	134	2,2(3)	23,1(31)	36,6(49)	38,1(51)	
		p	<0,001	<0,001	0,003	référence
Socialisation dans l'enfance						
Mégapole	382	1,3(5)	22,0(84)	45,0(172)	31,7(121)	
Grande ville	438	2,5(11)	22,6(99)	40,0(175)	34,9(153)	
Ville (town)	558	2,0(11)	21,7(121)	41,0(229)	35,3(197)	
Campagne	1469	1,8(26)	20,8(306)	39,5(580)	37,9(557)	
Étranger	272	1,8(5)	25,4(69)	42,3(115)	30,5(83)	
		p	0,774	0,144	0,104	référence
Variables socio-économiques						
Usage moustiquaire						
Non	2076	1,8(38)	21,1(438)	40,4(839)	36,7(761)	
Oui	1048	1,9(20)	23,1(242)	41,3(433)	33,7(353)	
		p	0,666	0,098	0,239	référence
Niveau d'instruction de la femme						
Aucun	2026	2,2 (44)	20,6 (417)	39,6 (802)	37,7 (763)	
Primaire	685	1,0 (7)	23,9 (163)	42,3 (290)	32,8 (225)	
Secondaire et plus	413	1,7 (7)	24,6 (100)	43,6 (180)	30,5 (126)	
		p	0,316	0,007	0,016	référence
Niveau d'instruction du mari						
Non scolarisé	1216	2,4(29)	21,5(262)	39,8(484)	36,3(441)	
Scolarisé	1054	2,0(21)	21,8 (230)	39,8(419)	36,4(384)	
		p	0,531	0,943	0,952	référence
Statut emploi						
Travaille	2634	1,7 (45)	21,4 (564)	40,7 (201)	36,3 (160)	
Ne travaille pas	490	2,6 (13)	23,8 (116)	40,9(1071)	32,7 (954)	
		p	0,092	0,125	0,328	
Présence d'électricité						
Oui	765	0,9 (7)	22,9 (175)	43,1 (330)	33,1 (253)	
Non	2258	2,1 (48)	21,3 (480)	36,8 (899)	39,8 (831)	
		p	0,067	0,113	0,052	référence
Taille du ménage						
Moins de 5 personnes	849	1,9 (16)	22,6 (192)	40,5 (344)	35,5 (297)	
De 5 à 7 personnes	1085	1,9 (19)	22,8 (234)	38,8 (398)	36,5 (314)	
Plus de 7 personnes	1250	1,8 (23)	20,3 (254)	42,4 (530)	35,4 (443)	
		p	0,986	0,576	0,469	référence

Variables	N	Sévère % (n)	Modérée % (n)	Légère % (n)	Non % (n)	
Type de latrines						
Moderne	77	1,3 (1)	28,6 (22)	41,6 (32)	28,6 (22)	
Traditionnelle	1003	1,7 (17)	22,3 (224)	41,0 (411)	35,0 (351)	
Inexistant	1921	1,8 (34)	21,1 (405)	40,5 (778)	36,6 (704)	
		p	0,998	0,144	0,535	référence
Source d'eau						
Eau de robinet	1378	0,9(13)	21,4(295)	41,7(575)	35,9(495)	
Eau des puits protégés	521	2,1(11)	25,5(133)	39,0(203)	33,4(174)	
Eau des puits non protégés	662	1,9(9)	21,9(145)	40,9(271)	33,8(224)	
Eau de surface ou de pluies	466	1,8(55)	17,6(82)	39,3(183)	41,2(192)	
		p	0,002	0,009	0,311	référence
Statut Socio-économique						
1er quintile	597	1,5(9)	21,3(127)	40,2(240)	37,0(221)	
2e quintile	605	3,0(18)	21,3(129)	38,8(235)	36,9(223)	
3e quintile	529	1,7(9)	22,3(118)	40,5(214)	35,5(188)	
4e quintile	658	2,3(15)	18,8(124)	41,1(270)	37,8(249)	
5e quintile	735	1,0(7)	24,8(182)	42,6(313)	31,7(233)	
		p	0,181	0,036	0,297	référence
Variables reliées à la communauté						
Région						
Atacora	376	2,1 (8)	22,8 (86)	38,0 (142)	37,1 (140)	
Atlantique	766	1,6 (8)	21,9 (186)	40,6 (322)	32,6 (250)	
Borgou	498	4,6 (23)	26,2 (131)	38,5 (192)	30,5 (152)	
Momo	446	2,0 (9)	14,3 (64)	42,4 (189)	41,3 (184)	
Ouémé	552	0,9 (5)	24,7 (137)	43,2 (238)	31,2 (172)	
Zou	486	1,0 (5)	15,7 (76)	38,9 (189)	44,4 (216)	
		p	<0,001	<0,001	0,007	référence
Milieu de résidence						
Urbain	1293	1,8 (22)	23,3 (284)	43,0 (526)	32,9 (389)	
Rural	1833	1,9 (36)	20,7 (396)	39,2 (746)	38,9 (725)	
		p	0,641	0,004	0,001	référence
Développement communautaire						
Nul	1403	1,9 (26)	19,5 (274)	39,5 (554)	39,1 (549)	
Faible	433	2,3 (10)	25,2 (109)	44,6 (193)	27,9 (121)	
Moyen	542	1,8 (10)	19,7 (107)	40,6 (220)	37,8 (205)	
Élevé	487	1,4 (7)	23,4 (114)	42,7 (208)	32,4 (158)	
		p	0,481	<0,001	0,002	référence

¹Chi² comparant la distribution de chaque variable chez les anémiés pour chaque type d'anémie comparé séparément au même groupe de non anémiés.

2. Le Mali

Les enfants

Le tableau 5.4 présente la distribution des facteurs potentiels liés à différents niveaux d'anémie chez les enfants maliens.

Les variables directement reliées à l'enfant

Les résultats bivariés de l'association entre l'anémie et les différentes variables explicatives chez les enfants maliens sont présentés dans le tableau 5.4. La prévalence de l'anémie augmente dans la première année de vie puis diminue avec l'âge. En moyenne la prévalence de l'anémie est de 86% chez les enfants de moins de trois ans et de 79% chez ceux de trois ans et plus. La prévalence de l'anémie modérée est de 13% plus importante chez les enfants de un an que chez ceux de quatre ans ; dans sa forme sévère, l'anémie affecte 20% des enfants de un an et 6% des enfants de 4 ans. On n'observe pas de différence significative selon le sexe de l'enfant excepté dans les cas d'anémie légère où les filles semblent plus anémiées que les garçons (20% vs 17%). Les enfants ayant un rang de naissance supérieur ou égal à 4 sont plus anémiés que les premiers nés (85% vs 81%).

L'état de santé

En ce qui a trait à l'état nutritionnel, on remarque que les enfants ayant des indices anthropométriques en deçà des normales (P/T , T/A , $P/A < -2$) ont des prévalences d'anémies plus importantes que ceux ayant des indices normaux. L'anémie sévère affecte trois fois plus les enfants maliens ayant une insuffisance pondérale chronique ($P/A < -3$) que ceux ayant un Poids pour Age normal. Toujours au niveau des variables reliées à l'état de santé, les enfants qui ont souffert de diarrhées ou de fièvre au cours des deux semaines précédant l'enquête ont des prévalences d'anémie modérée et sévère plus élevées que ceux qui n'ont pas été malades. Par ailleurs, les enfants ayant reçu cinq

vaccins ou plus sont moins sévèrement anémiés (10%) que ceux ayant reçu moins de 5 vaccins (15%). On n'observe pas de différence dans la prévalence de l'anémie chez les enfants maliens anémiés et non anémiés en fonction de la prise ou non de capsules de vitamine A.

Les variables reliées à l'environnement familial

Les enfants dont les mères sont scolarisées ont des prévalences d'anémie plus faibles (78%) comparativement à ceux des mères non scolarisées (84%). Les enfants de pères scolarisés sont aussi moins anémiés sensiblement dans les mêmes proportions que ceux des mères scolarisées (16% et 15% respectivement). La prévalence de l'anémie sévère est quatre fois plus élevée chez les enfants vivant dans des ménages sans électricité. Ceux disposant de l'eau de robinet ont aussi des prévalences d'anémie sévère plus faibles que ceux qui se désaltèrent à l'eau de puits ou de surface (8% vs 15%). La prévalence d'anémie modérée est de 10% plus importante chez les enfants ayant un index socio-économique élevé par rapport à ceux ayant un index faible (45% vs 55%); celle de l'anémie sévère est environ quatre fois plus grande chez les enfants de ménages ayant un index socio-économique faible (4% vs 15%).

Les variables communautaires

Exception faite de la capitale Bamako où la prévalence est de 70%, la prévalence de l'anémie infantile est au-delà de 75% dans toutes les régions du Mali. L'anémie sévère touche particulièrement les deux provinces au sud-ouest du Mali (Kayes et Koulikoro, 18% et 20%) et beaucoup moins Bamako, Ségou et Gao (4%, 5% et 7% respectivement). Le milieu rural est plus affecté par toutes les formes d'anémie que le milieu urbain (85% vs 75%).

Tableau 5.4: Distribution des facteurs potentiellement associés à différents niveaux d'anémie chez les enfants de moins de 5 ans au Mali.

Variables	N	Sévère % (n) 301	Modérée % (n) 1297	Légère % (n) 452	Non % (n) 412
Variabiles intrinsèques					
Age de l'enfant (en mois)					
6 – 11	334	9,0 (30)	55,4 (185)	18,0 (60)	17,7 (59)
12 – 23	567	20,3 (115)	57,5 (326)	10,9 (62)	11,3 (64)
24 – 35	538	14,9 (80)	57,6 (310)	14,9 (80)	12,6 (68)
36 – 47	587	8,3 (49)	48,0 (282)	23,9 (140)	19,8 (116)
48 – 59	436	6,2 (27)	44,5 (194)	25,2 (110)	24,1 (105)
		<0,001	<0,001	<0,001	référence
Sexe de l'enfant					
Masculin	1251	11,8 (147)	54,0 (675)	16,6 (208)	17,7 (221)
Féminin	1211	12,7 (154)	51,4 (622)	20,1 (244)	15,8 (191)
		0,225	0,306	0,029	référence
Rang de naissance					
1er	356	11,0 (39)	52,2 (186)	18,8 (67)	18,0 (64)
2 à 3	750	10,7 (80)	52,0 (390)	18,1 (136)	19,2 (144)
4 à 5	585	14,9 (87)	53,7 (314)	17,6 (103)	13,8 (81)
6 ou plus	771	12,3 (95)	52,8 (407)	18,9 (146)	16,0 (123)
		0,011	0,126	0,384	référence
Variabiles rattachables à l'état de santé de l'enfant					
Poids pour taille					
Normal	2102	11,3 (238)	53,1 (1116)	18,8 (396)	16,7 (352)
-2<z<-3	244	21,3 (52)	50,8 (124)	14,3 (35)	13,5 (33)
z<-3	51	17,6(9)	47,1 (24)	17,6 (9)	17,6 (9)
		0,001	0,633	0,946	référence
Poids pour age					
Normal	1832	7,2 (131)	49,3 (904)	20,0 (367)	23,5 (430)
-2<z<-3	638	16,9 (108)	52,8 (337)	16,0 (102)	14,3 (91)
z<-3	296	23,6 (70)	53,4 (158)	14,9 (44)	8,1 (24)
		<0,001	<0,001	0,077	référence
Taille pour age					
Normal	1401	8,6 (120)	51,3 (719)	20,0 (280)	20,1 (282)
-2<z<-3	502	16,1 (81)	56,2 (282)	15,3 (77)	12,4 (62)
z<-3	493	19,9 (98)	53,1 (262)	16,8 (83)	10,1 (50)
		<0,001	<0,001	0,026	référence
Diarrhée au cours des deux dernières semaines					
Non	1893	10,3 (195)	51,8 (980)	19,9 (376)	18,1 (342)
Ou	559	18,4 (103)	56,2 (314)	13,1 (73)	12,3 (69)
		<0,001	<0,001	0,453	référence

Variables	N	Sévère % (n)	Modérée % (n)	Légère % (n)	Non % (n)
Fièvre au cours des deux dernières semaines					
Non	1652	10,2 (168)	51,9 (857)	19,9 (328)	18,1 (299)
Oui	798	16,4 (131)	54,6 (436)	15,2 (1224)	13,7 (109)
	p	0,005	<0,001	0,479	référence
Toux au cours des deux dernières semaines					
Non	1868	11,2 (209)	52,1 (973)	19,8 (369)	17,0 (317)
Toux sans difficultés respiratoires	278	14,0 (39)	54,7 (152)	14,4 (40)	16,9 (47)
Toux + difficultés respiratoire	277	16,2 (45)	55,5 (154)	13,0 (36)	15,2 (42)
	p	0,622	0,087	0,203	référence
Vitamine A au cours des 6 derniers mois					
Non	1338	11,9 (159)	53,6 (717)	18,1 (242)	16,4 (220)
Oui	1031	12,0 (124)	52,4 (540)	18,4 (190)	17,2 (177)
	p	0,304	0,452	0,458	référence
Vaccination					
Aucun vaccin	515	13,4 (69)	54,0 (278)	18,1 (93)	14,6 (75)
De 1 à 4 vaccins	466	17,4 (81)	50,6 (236)	13,9 (65)	18,0 (84)
De 5 à 7 vaccins	573	10,5 (60)	52,5 (301)	20,1 (115)	16,9 (97)
Complètement vacciné	864	9,8 (85)	52,9 (457)	20,0 (173)	17,2 (149)
	p	0,024	0,481	0,127	référence
Usage de moustiquaire					
Non	1100	13,1 (144)	53,0 (583)	17,1 (188)	16,8 (185)
Oui	1334	11,7 (156)	52,5 (700)	19,2 (256)	16,6 (222)
	p	0,520	0,276	0,199	référence
Type de latrines					
Inexistantes	529	16,1 (85)	52,2 (276)	18,5 (98)	13,2 (70)
Traditionnelles	1737	10,2 (177)	53,8 (935)	18,8 (326)	17,2 (299)
Modernes	154	18,8 (29)	46,1 (71)	14,9 (23)	20,1 (31)
	p	<0,001	0,082	0,109	référence
Source d'eau					
Eau de robinet	618	8,3 (51)	51,5 (318)	20,1 (124)	20,2 (125)
Eau des puits protégés	394	16,5 (65)	56,9 (224)	14,8 (58)	11,9 (47)
Eau des puits non protégés	1260	12,1 (153)	52,6 (663)	19,0 (241)	16,1 (203)
Eau de surface ou des pluies	143	14,7 (21)	50,3 (72)	16,8 (24)	18,2 (26)
	p	<0,001	0,011	0,573	référence

Variables	N	Sévère % (n)	Modérée % (n)	Légère % (n)	Non % (n)
Variables rattachables à l'environnement familial					
Ethnie					
Bambara	773	12,2 (94)	53,8 (416)	19,9 (154)	14,1 (109)
Malinke	249	8,0 (20)	40,6 (101)	18,9 (47)	32,5 (81)
Peulh	322	15,8 (51)	53,4 (172)	14,0 (45)	16,8 (54)
Sarakole/Soninke/Marka	290	16,6 (48)	56,6 (164)	15,5 (45)	11,4 (33)
Sonrai	173	9,8 (17)	56,6 (98)	15,5 (45)	11,4 (33)
Dogon	141	11,3 (16)	57,4 (81)	19,1 (27)	21,1 (17)
Tamacheck	78	16,7 (13)	51,3 (40)	16,7 (13)	15,4 (12)
Senoufo/Minianka	227	10,1 (23)	50,7 (115)	19,4 (44)	19,8(45)
Bobo	108	6,5 (7)	60,2 (65)	22,2 (24)	11,1 (12)
	p	<0,001	<0,001	0,002	référence
Age de la mère					
15-19	129	10,9 (14)	56,6 (73)	17,1 (22)	15,5 (20)
20-24	597	12,1 (72)	53,3 (318)	17,8 (106)	16,9 (101)
25-29	595	11,9 (71)	53,4 (318)	17,1 (102)	17,5 (104)
30-34	510	11,6 (59)	49,8 (254)	20,0 (102)	18,6 (95)
35-39	377	13,0 (49)	53,3 (201)	18,3 (69)	15,4 (58)
40-44	193	16,1 (31)	51,8 (100)	20,2 (39)	11,9 (23)
44-49	61	8,2 (5)	54,1 (33)	19,7 (12)	18,0 (11)
	p	0,264	0,588	0,708	référence
Niveau d'anémie de la mère					
Non anémiée	980	7,3 (72)	49,4 (484)	19,4 (190)	23,9 (234)
Anémie légère	1169	11,4 (133)	51,4 (601)	18,5 (216)	18,7 (219)
Anémie modérée	626	14,2 (89)	51,9 (325)	17,4 (109)	16,5 (103)
Anémie sévère	67	25,4 (17)	40,3 (27)	14,9 (10)	19,4 (13)
	p	<0,001	0,009	0,336	référence
Scolarisation de la mère					
Non éduquée	2092	12,8 (268)	53,3 (1114)	18,2 (380)	15,8 (330)
Éduquée	370	8,9 (33)	49,5 (183)	19,5 (72)	22,2 (82)
	p	0,001	0,003	0,076	référence
Scolarisation du père					
Non éduqué	1892	12,8 (243)	53,2 (1007)	18,9 (357)	15,1 (285)
Éduqué	505	9,9 (50)	50,1 (253)	17,0 (86)	23,0 (116)
	p	< 0,001	< 0,001	0,001	référence
Statut emploi de la mère					
Ne travaille pas	1857	9,5(92)	52,1(507)	17,7(172)	20,8(202)
Travaille	973	11,7(218)	49,7(923)	18,2(351)	19,7(365)
	p	0,085	0,942	0,341	référence
Religion					
Traditionnelle	111	16,2 (18)	47,7 (53)	23,4 (26)	12,6 (14)
Musulmane	2242	12,1 (271)	52,9 (1185)	18,1(406)	16,9 (380)
Chrétienne	81	8,6 (7)	55,6 (45)	18,5 (15)	17,3 (14)
Aucune/autres	26	19,2 (5)	53,8 (14)	19,2 (5)	7,7 (2)
	p	0,122	0,663	0,291	référence

Variables	N	Sévère % (n)	Modérée % (n)	Légère % (n)	Non % (n)
Présence d'électricité					
Non	2174	13,0 (282)	54,4 (1183)	18,1 (394)	14,5 (315)
Oui	238	3,4 (8)	40,8 (97)	21,0 (50)	34,9 (83)
	p	<0.001	<0.001	<0.001	référence
Taille du ménage					
Moins de 5 personnes	513	11,9 (61)	50,1 (257)	19,3 (99)	18,7 (93)
De 5 à 7 personnes	945	12,9 (122)	53,7 (507)	17,9 (163)	15,6 (147)
Plus de 7 personnes	1004	11,8 (118)	53,1 (533)	18,3 (184)	16,8 (41,0)
	p	0.376	0.248	0.834	référence
Statut socio-economique					
1er quintile	625	15,0 (94)	55,2 (345)	17,6 (110)	12,2 (76)
2e quintile	487	12,9 (63)	52,4 (255)	18,5 (90)	16,2 (79)
3e quintile	524	13,4 (70)	56,1 (294)	17,6 (92)	13,0 (68)
4e quintile	464	12,7 (59)	51,7 (240)	18,3 (85)	17,2 (80)
5e quintile	362	4,1 (15)	45,0 (163)	20,7 (75)	30,1 (109)
	p	<0,001	< 0,001	0.004	référence
Variables communautaires					
Région					
Kayes	404	17,8 (72)	48,3 (195)	11,4 (46)	22,5 (91)
Koulikoro	404	19,6 (79)	53,0 (214)	18,6 (75)	8,9 (36)
Sikasso	532	10,9 (58)	57,7 (307)	19,2 (102)	12,2 (65)
Segou	371	5,4 (20)	50,1 (186)	22,9 (85)	21,6 (80)
Mopti	282	15,2 (43)	56,4 (159)	19,5 (55)	8,9 (25)
Tombouctou	109	11,0 (12)	57,8 (63)	15,6 (17)	15,6 (17)
Gao	91	6,6 (6)	57,1 (52)	13,2 (12)	23,1 (21)
Kidal	13	15,4 (2)	53,8 (7)	23,1 (3)	7,7 (1)
Bamako	256	3,5 (9)	44,5 (114)	22,3 (57)	29,7 (76)
	p	<0.001	<0.001	<0.001	référence
Milieu de résidence					
Urbain	478	6,7 (32)	48,1 (230)	20,3 (97)	24,9 (119)
Rural	1984	13,6 (269)	53,8 (1067)	17,9 (355)	14,8 (293)
	p	<0.001	<0.001	0.007	référence

¹Chi² comparant la distribution de chaque variable chez les anémiés pour chaque type d'anémie comparé séparément au même groupe de non anémiés.

Les femmes

Le tableau 5.5 présente la distribution des variables potentiellement associées à l'anémie chez les femmes au Mali.

Les variable directement reliées à la femme

Les femmes anémiées ne présentent pas de différences significatives avec les femmes non anémiées en fonction de l'âge des femmes et du nombre d'enfants. La prévalence de l'anémie légère est plus faible chez les femmes nullipares et primipares que chez celles ayant déjà eu plus d'un enfant. Cette différence est moins marquée dans les cas d'anémie modérée et sévère. Les femmes enceintes ont des prévalences d'anémie modérée et sévère 2,5 fois plus élevées que les femmes non enceintes. La prévalence de ces deux formes d'anémies est plus importante au cours des deuxièmes et troisièmes trimestres de grossesse. Comme au Bénin, la prévalence de l'anémie modérée et sévère est légèrement moins grande chez les femmes allaitantes. Les femmes faisant du surpoids (IMC > 25) ont des prévalences d'anémie modérée à sévère deux fois moins élevées que les femmes ayant un IMC \leq 25.

Les variables reliées à l'environnement familial (socio-économiques)

Les femmes scolarisées ont une prévalence moins importante d'anémie : 48% chez les femmes ayant une scolarisation secondaire ou plus, 58% chez celles ayant une scolarité primaire et 66% chez celles n'ayant aucune scolarisation. L'anémie sévère est trois fois plus prévalente et l'anémie modérée deux fois plus chez les femmes non scolarisées que chez les femmes ayant au moins une scolarisation secondaire. Les femmes ayant des conjoints éduqués (scolarisés) ont des prévalences d'anémie sévère et modérée moindres par rapport aux femmes ayant des maris non scolarisés (1,5% vs 3,6% et 18,5% vs 24,7% respectivement). Les femmes dont le niveau socio-économique est élevé (dernier quintile) sont environ deux fois moins sévèrement et modérément anémiées que celles ayant un index socioéconomique faible (1^{er} et 2^e quartile).

Dans les grands ménages, la prévalence de l'anémie sévère est moins importante que dans les ménages de moins grande taille (2,2% dans les ménages de plus de 7 personnes, 3,0% dans les ménages de 5 à 7 personnes et 3,9% dans les ménages de moins de 5 personnes).

Les variables communautaires

Les femmes ayant passé leur enfance à Bamako ou dans d'autres mégapoles maliennes ont des prévalences d'anémie modérée et sévère plus faibles que les femmes dont la socialisation dans l'enfance s'est opérée en campagne. Comme chez les enfants, l'ampleur de l'anémie est faible à Bamako (49%) mais varie entre 58 et 73% dans les autres régions du pays. L'anémie affecte 68% des villageoises et 52% des citadines maliennes ; l'anémie sévère touche environ deux fois plus de femmes en milieu rural qu'en milieu urbain (ratio de prévalence = 1,8)

Tableau 5.5: Distribution des facteurs potentiellement associés à différents niveaux d'anémie chez les femmes au Mali.

Variables	N	Présence d'anémie			
		Sévère % (n) 108	Modérée % (n) 811	Légère % (n) 1436	Non % (n) 1339
Variabiles reliées à la femme					
Age de la femme					
15-19	726	2,8 (20)	21,1 (153)	39,8 (289)	36,4 (264)
20-24	726	2,9 (21)	23,6 (171)	36,2 (263)	37,3 (271)
25-29	629	3,5 (22)	23,5 (148)	37,5 (236)	35,5 (223)
30-34	533	2,6 (14)	22,7 (121)	37,1(198)	37,5 (200)
35-39	456	3,9 (18)	22,1 (101)	41,0 (187)	32,9 (150)
40-44	354	2,5 (9)	18,6 (66)	42,4 (150)	36,4 (129)
45-49	270	1,5 (4)	18,9 (51)	41,9 (113)	37,8 (102)
	p ¹	0,421	0,638	0,619	référence
Nombre total d'enfants					
Pas d'enfant	731	3,3 (24)	17,9 (131)	36,9 (270)	41,9 (306)
1 -2 enfants	875	2,7 (24)	25,6 (224)	35,2 (308)	36,5 (319)
3 – 4 enfants	734	3,1 (23)	23,2 (170)	39,1 (287)	34,6 (254)
5 enfants et plus	1354	2,7 (37)	21,1 (286)	42,2 (571)	34,0 (460)
	p	0,938	0,002	0,005	référence
Age au premier accouchement					
Moins de 18 ans	1402	2,9 (41)	23,3 (327)	40,7 (570)	33,1 (464)
18 ans et plus	1561	2,8 (43)	22,6 (353)	38,2 (596)	36,5 (569)
	p	0,282	0,198	0,066	référence
État de grossesse					
Pas enceinte	3185	2,4 (77)	18,1 (577)	41,2 (1312)	38,3 (1219)
Enceinte	509	6,1 (31)	46,0 (234)	24,4 (124)	23,6 (120)
	p	<0,001	<0,001	0,406	référence
Trimestre de grossesse					
1er trimestre	128	2,3 (3)	35,2 (45)	31,3 (40)	31,3 (40)
2e trimestre	199	8,5 (17)	46,7 (93)	25,1 (50)	19,6 (39)
3e trimestre	182	6,0 (11)	52,7 (96)	18,7 (34)	22,5 (41)
	p	0,017	0,013	0,378	référence
Allaitement pendant l'enquête					
N'allait pas	2316	3,2 (75)	23,7 (550)	36,8 (853)	36,2 (838)
Allait	1378	2,4 (33)	18,9 (261)	42,3 (583)	36,4 (501)
	p	0,178	0,016	0,087	référence
Religion					
Traditionnelle	3403	2,8 (4)	20,1 (29)	40,3 (58)	36,8 (53)
Musulmane	106	3,0 (101)	22,1 (752)	38,6 (1315)	36,3 (1235)
Chrétienne	144	2,8 (3)	20,8 (22)	41,5 (44)	34,9 (37)
Aucune	37	0,0 (0)	21,6 (8)	45,9 (17)	32,4 (12)
	p	0,801	0,968	0,848	référence

Variabiles	N	Sévère % (n)	Modérée % (n)	Légère % (n)	Non % (n)
Ethnie					
Bambara	1092	11,1(98)	51,5 (455)	19,3 (171)	18,1 (160)
Malinke	378	7,4 (21)	40,0 (114)	16,8 (48)	35,8 (102)
Peulh	497	14,0 (51)	51,0 (186)	15,6 (57)	19,5 (71)
Sarakole/Soninke/Marka	432	14,8 (49)	53,0 (175)	17,0 (56)	15,2 (50)
Sonrai	296	9,0 (18)	54,5 (109)	19,0 (38)	17,5 (35)
Dogon	239	9,4 (16)	53,2 991)	19,0 (34)	17,5 (30)
Tamacheck	118	14,0 (13)	51,6 (48)	15,1 (14)	19,4 (18)
Senoufo/Minianka	312	9,7 (26)	51,1 (137)	19,4 (52)	19,8 (53)
Bobo	148	5,5 (7)	56,3 (72)	22,7 (29)	15,6 (20)
	p	0,002	<0,001	0,545	référence
Variabiles socioéconomiques					
Usage moustiquaire					
Non	1599	2,9 (46)	21,3 (340)	39,2 (627)	36,6 (586)
Oui	2054	3,0 (61)	22,6 (464)	38,7 (795)	35,7 (734)
	p	0,840	0,344	0,878	référence
Statut emploi					
Travaille	1340	3,4 (45)	22,0 (295)	38,0 (509)	36,6 (491)
Ne travaille pas	2341	2,6 (62)	22,0 (715)	39,5 (924)	35,9 (840)
	p	0,300	0,853	0,476	référence
Niveau d'instruction de la femme					
Aucun	2942	3,2 (94)	23,5 (690)	39,5 (1163)	33,8 (995)
Primaire	456	2,4 (11)	18,2 (83)	37,7 (173)	41,7 (190)
Secondaire et plus	296	1,0 (3)	12,8 (38)	34,1 (101)	52,0 (154)
	p	0,006	<0,001	<0,001	référence
Niveau d'instruction du mari					
Aucune scolarisation	2470	3,6 (90)	24,7 (609)	39,0 (963)	32,7 (808)
Scolarisé	600	1,5 (9)	18,5 (111)	35,8 (215)	44,2 (265)
	p	<0,001	<0,001	<0,001	référence
Statut socio-économique					
1er quintile	824	3,3 (27)	23,4 (193)	41,3 (340)	32,0 (264)
2e quintile	663	4,1 (27)	25,5 (169)	38,5 (255)	32,0 (212)
3e quintile	710	2,5 (18)	26,6 (189)	39,0 (277)	31,8 (226)
4e quintile	725	3,2 (23)	21,7 (157)	40,4 (293)	34,8 (252)
5e quintile	770	1,7 (13)	13,4 (103)	35,1 (270)	49,9 (384)
	p	0,002	<0,001	<0,001	référence
Source d'eau					
Eau de robinet	1105	1,8 (20)	17,6 (194)	35,9 (397)	44,7 (494)
Eau de puits protégés	554	3,2 (18)	26,0 (144)	40,4 (224)	30,3 (168)
Eau de puits non protégés	1676	3,3 (55)	22,9 (391)	39,4 (661)	34,4 (577)
Eau de surface ou de pluies	260	3,8 (10)	25,4 (66)	45,0 (117)	25,8 (67)
	p	<0,001	<0,001	<0,001	référence

Variabiles	N	Sévère % (n)	Modérée % (n)	Légère % (n)	Non % (n)
Milieu de socialisation dans l'enfance					
Bamako, mégapoles	321	1,6 (5)	11,2 (360)	34,3 (110)	53,0 (170)
grande Ville	260	1,2 (3)	16,9 (44)	35,0 (91)	46,9 (122)
ville	309	1,9 (6)	20,7 (64)	37,2 (115)	40,1 (124)
campagne	2654	3,2 (85)	20,4 (647)	39,8 (1055)	32,7 (867)
Etranger	144	5,6 (8)	13,2 (19)	43,8 (63)	37,5 (54)
	p	0,002	<0,001	<0,000	référence
IMC					
< 18,5	420	3,1 (13)	23,3 (98)	39,6 (167)	34,0 (142)
18,5 -25	2645	3,1 (81)	23,1 (611)	39,4 (1042)	34,4 (911)
> 25	521	1,5 (8)	14,4 (75)	36,3 (189)	47,8 (249)
	p	0,018	<0,001	<0,001	référence
Présence d'électricité					
Oui	3077	3,1 (95)	23,4 (719)	39,6 (1220)	33,9 (1043)
Non	519	1,7 (9)	13,1 (68)	34,3 (178)	50,9 (264)
	p	0,002	0,001	<0,001	référence
Taille du ménage					
Moins de 5 personnes	984	3,9 (38)	24,8 (244)	37,3 (367)	34,0 (335)
De 5 à 7 personnes	1228	3,0 (37)	21,8 (268)	39,0 (479)	36,2 (444)
Plus de 7 personnes	1482	2,2 (33)	20,9 (299)	39,8 (590)	37,8 (560)
	p	0,028	0,019	0,915	référence
Type de latrines					
Moderne	292	4,8 (140)	21,2 (62)	38,4 (212)	35,6 (104)
Traditionnelle	2529	2,4 (60)	20,4 (517)	39,3 (993)	37,9 (959)
Inexistant	785	3,9 (31)	26,9 (211)	38,8 (298)	31,2 (245)
	p	0,002	<0,001	0,255	référence
Variabiles communautaires					
Région					
Kayes	552	3,8 (21)	29,2 (161)	38,9 (215)	28,1 (155)
Koulikoro	575	3,8 (22)	26,8 (154)	37,4 (215)	32,0 (184)
Sikasso	676	2,2 (15)	18,5 (125)	39,6 (268)	39,6 (268)
Segou	496	2,2 (11)	16,5 (82)	39,9 (198)	41,3 (205)
Mopti	473	3,4 (16)	27,9 (132)	42,1 (199)	26,6 (126)
Tombouctou	155	4,5 (7)	26,5 (41)	40,0 (62)	29,0 (45)
Gao	143	4,2 (6)	28,0 (40)	40,6 (58)	27,3 (39)
Kidal	32	0,0 (0)	6,3 (2)	40,6 (13)	53,1 (17)
Bamako	592	1,7 (10)	12,5 (74)	35,1 (208)	50,7 (300)
	p	<0,001	<0,001	<0,001	référence
Milieu de résidence					
Urbain	966	1,8 (17)	15,4 (149)	35,3 (341)	47,5 (459)
Rural	2728	3,3 (91)	24,3 (662)	40,1 (1095)	32,3 (880)
	p	<0,001	<0,001	<0,001	référence

¹Chi² comparant la distribution de chaque variable chez les anémiés pour chaque type d'anémie comparé séparément au même groupe de non anémiés.

III. Analyses multivariées et analyses multiniveaux

Les modèles multivariés et multiniveaux sont présentés dans les tableaux 5.5 et 5.6; étant donné qu'entre autres objectifs nous voulons comparer les estimés de la modélisation multivariée à ceux de la modélisation multiniveau, nous avons choisi de présenter les résultats des deux modèles dans les mêmes tableaux. Les modèles présentés obéissent à notre logique conceptuelle des déterminants de l'anémie à savoir qu'elle est la résultante :

- Des caractéristiques individuelles (Bloc1 : variables de contrôle)
- De l'état de santé (Bloc 2 : Variables reliées à l'état de santé)
- De l'environnement familial ou socio-économique (Bloc 3 : variables socioéconomiques)
- Du contexte (Bloc 4 : Variables communautaires).

Au niveau de nos variables dépendantes (anémie légère, anémie modérée et anémie sévère), nous avons fusionné les formes modérées et sévères pour en faire une seule variable que nous avons appelé 'anémie modérée à sévère'. Cette catégorisation est motivée par la faible proportion des personnes présentant une anémie sévère. En analyses bivariées, la plupart des variables significativement associées à l'anémie modérée le sont aussi avec l'anémie sévère, ce qui conforte notre choix de fusionner les deux formes d'anémie. Les catégories de certaines variables (Age de l'enfant, indice taille pour âge, vaccination, source d'eau de boisson, statut socioéconomique, âge de la femme, milieu de socialisation dans l'enfance, niveau d'instruction) ont été modifiées par rapport aux tableaux précédents afin de maximiser la taille de chaque cellule. Enfin certaines variables présentées à titre descriptif en analyse bivariée et potentiellement endogènes ne sont pas incluses dans les modèles (Poids pour âge, Taille pour âge, fièvre pour l'enfant et allaitement pour la mère).

Tout comme les résultats des analyses bivariées, ceux des analyses multivariés et multiniveaux sont présentés par pays. Les tableaux 5.6, 5.7, 5.8, 5.9 présentent

respectivement les résultats multivariés et multiniveaux des enfants béninois, des femmes béninoises, des enfants maliens et des femmes maliennes.

Les estimés présentés sont les rapports de cote des modèles logistiques multivariés (RC) et multiniveaux (RC‡). À la fin de chaque tableau, nous présentons les R^2 des modèles multivariés et la proportion de la variabilité attribuable aux effets contextuels des modèles multiniveaux (VPC). Les résultats statistiquement significatifs sont présentés en caractère gras.

1. Le Bénin

Les enfants

L'anémie légère

Le tableau 5.6 présente les résultats des analyses multivariées et multiniveaux chez les enfants béninois. Les enfants de 6 mois à un an ont un risque d'anémie deux fois plus élevé que ceux de trois ans ou plus (RC=2,11 ; 95%IC=1,09-4,10) ; on n'observe pas de différences significatives dans le risque d'anémie en fonction du sexe. Le rang de naissance et l'âge de la mère ne sont pas associés au risque d'anémie légère chez les enfants béninois. Ces résultats sont concordants avec ceux observés en analyses bivariées (voir tableau 5.2).

Les variables reliées à l'état de santé (anthropométrie, diarrhées, le statut vaccinal, usage de moustiquaire, qualité de l'eau) n'affectent pas de façon statistiquement significative le risque d'anémie légère chez les enfants.

Au niveau des variables socio-économiques, l'éducation de la mère montre une association statistiquement significative avec l'anémie légère. Les enfants dont les mères n'ont jamais été à l'école ont un risque 2,3 fois plus élevé que ceux des mères scolarisées (95%IC=1,41-3,86). Le niveau de scolarisation du père, la taille du ménage et le statut socio-économique ne montrent pas d'association significative avec l'anémie légère.

La vie en milieu rural ainsi que la vie dans les communautés ayant un niveau de développement communautaire faible ou nul ne semblent pas associées au risque d'anémie légère chez les enfants au Bénin.

L'analyse multiniveau ne dément pas les résultats observés en analyse multivariée quant au risque d'anémie légère chez les enfants au Bénin. L'âge et l'éducation de la mère qui sont les seules variables présentant une association significative en analyse multivariée le demeurent en analyse multiniveau. La proportion de la variance expliquée par les variables communautaires est d'à peine 2%.

L'anémie modérée à sévère

Les résultats de l'anémie modérée à sévère sont présentés aux côtés de ceux de l'anémie légère dans le tableau 5.6. Le risque d'anémie modérée à sévère diminue avec l'âge ; il est de l'ordre de quatre fois plus grand chez les enfants de moins d'un an et de trois fois plus grand chez ceux de un à trois ans comparativement à ceux de trois ans et plus. On n'observe pas de différence en fonction du sexe. Les enfants nés après le cinquième enfant ont deux fois plus de risque d'anémie modérée à sévère que les premiers enfants (RC=1,96 ; 95%IC=1,04-3,71). L'âge de la mère n'est pas associé au risque d'anémie modérée à sévère chez les jeunes béninois.

Les variables reliées à l'état de santé sont significativement associées à l'anémie modérée à sévère. Les enfants souffrant de malnutrition aigue ($P/T < -2$) et ceux ayant eu des épisodes diarrhéiques au cours des deux semaines précédant l'enquête ont un risque d'anémie plus élevé (RC = 1,89 et 2,43). Les enfants n'ayant pas complété leur calendrier vaccinal sont également plus à risque que ceux l'ayant complété (RC=1,61 ; 95%IC=1,09-2,38). On note aussi que dans les familles où les enfants dorment sous une moustiquaire, le risque d'anémie modérée à sévère est significativement plus faible (RC=1,82 ; 95%IC=1,30-2,71).

Au niveau des variables socioéconomiques, les enfants de mère non scolarisées ont un risque d'anémie modérée à sévère statistiquement plus élevé que les enfants de mères scolarisées (RC=1,84 ; 95%IC=1,20-2,81). L'éducation du père et le statut socioéconomique ne montrent pas d'associations statistiquement significatives avec l'anémie modérée à sévère chez les enfants.

La vie en milieu rural ne montre pas d'association statistiquement significative avec le risque d'anémie modérée à sévère. On peut toutefois remarquer qu'en l'absence de prise en compte des effets de contexte, vivre en milieu rural semble avoir un effet protecteur sur le risque d'anémie (RC = 0,49 ; 95%IC=0,10-2,38) mais en analyse multiniveau, ce risque est nul ou presque (RC = 1,01). Les enfants des communautés ayant un niveau de développement faible présentent des risques d'anémie modérée à sévère de 2,41 (95%IC=1,12-5,47) significativement plus grands que ceux des enfants des communautés ne disposant pas de services de base (eau, hygiène, électricité) qui ont un risque de 1,50 (95%IC=0,70-3,24), la catégorie de référence étant les communautés ayant un niveau de développement élevé (RC =1,0).

Tableau 5.6 : Modélisation des facteurs de risque d'anémie chez les enfants au Bénin

	Anémie légère				Anémie modérée à sévère					
	N	RC [‡]	IC [‡]	RC	IC	N	RC [‡]	IC [‡]	RC	IC
<u>Variables reliées à l'individu</u>										
Age de l'enfant (mois)										
6-11	67	2,01	1,12-3,87	2,11	1,09-4,10	166	4,05	2,40-7,69	3,85	2,17-6,82
12-35	212	1,26	0,85-1,87	1,21	0,78-1,84	555	2,81	1,99-4,52	2,78	1,94-3,99
36-59	285	1,00		1,00		386	1,00		1,00	
Sexe de l'enfant										
Masculin	279	1,27	0,88-1,88	1,26	0,87-1,93	556	1,13	0,83-1,60	1,15	0,82-1,67
Féminin	285	1,00		1,00		551	1,00		1,00	
Rang de naissance										
1	130	1,00		1,00		227	1,00		1,00	
2-3	199	0,87	0,53-1,49	0,89	0,54-1,62	370	0,99	0,61-1,66	1,01	0,66-1,49
4-5	120	1,05	0,59-2,15	1,02	0,55-2,27	253	1,17	0,50-1,95	1,04	0,58-2,03
6 ou plus	115	2,01	1,12-4,77	1,92	1,07-4,29	257	2,05	1,02-3,97	1,96	1,04-3,71
Age de la mère (ans)										
15-29	306	1,30	0,85-2,29	1,27	0,77-2,31	627	1,41	0,87-2,12	1,33	0,85-2,07
30-49	258	1,00		1,00		480	1,00		1,00	
<u>Variables reliées à la santé</u>										
Taille pour age										
Normal	402	1,00		1,00		707	1,00		1,00	
Z<-2	162	1,21	0,54-1,25	1,25	0,83-2,04	400	1,81	1,21-2,89	1,89	1,29-2,72
Diarrhées récentes										
Non	507	1,00		1,00		929			1,00	
Oui	57	1,57	0,86-3,21	1,73	0,88-3,37	178	2,34	1,44-4,23	2,43	1,38-4,28
Vaccination										
Incomplète	136	0,92	0,57-1,44	1,01	0,63-1,62	361	1,49	1,11-2,33	1,61	1,09-2,38
Complète	428	1,00		1,00		746	1,00		1,00	
Usage de moustiquaire										
Non	261	1,26	0,86-1,91	1,13	0,72-1,79	616	1,75	1,32-2,60	1,82	1,30-2,71
Oui	303	1,00		1,00		491	1,00		1,00	

	N	RC‡	IC‡	RC	IC	N	RC‡	IC‡	RC	IC
Source d'eau de boisson										
Protégée	374	1,00		1,00		643	1,00		1,00	
Non protégée	190	0,89	0,73-1,78	0,91	0,56-1,49	464	1,24	0,90-2,07	1,37	0,92-2,08
<u>Variabes socioéconomiques</u>										
Scolarisation de la mère										
Non scolarisée	381	2,23	1,42-3,54	2,30	1,41-3,86	802	1,77	1,28-2,99	1,84	1,20-2,81
Scolarisée	183	1,00		1,00		305	1,00		1,00	
Scolarisation du père										
Non scolarisé	275	0,93	0,60-1,46	0,81	0,58-1,36	588	0,82	0,46-1,07	0,68	0,45-1,03
Scolarisé	289	1,00		1,00		519	1,00		1,00	
Taille du ménage										
< 5 personnes	153	1,00		1,00		249	1,00		1,00	
5 à 7 personnes	205	1,08	0,67-1,80	1,04	0,62-1,73	429	1,72	0,96-2,54	1,52	0,96-2,41
> 7 personnes	206	0,83	0,46-1,34	0,76	0,44-1,31	429	1,20	0,65-1,75	1,04	0,64-1,70
Statut socio-économique										
Faible	105	1,01	0,53-1,93	0,94	0,44-1,86	282	1,29	0,76-2,24	1,22	0,75-1,99
Moyen	227	1,60	0,97-2,86	1,51	0,88-2,58	442	1,26	0,75-1,99	1,16	0,72-1,87
Élevé	232	1,00		1,00		383	1,00		1,00	
<u>Variabes communautaires</u>										
Milieu de résidence										
Urbain	202	1,00		1,00		353	1,00		1,00	
Rural	362	1,11	0,49-1,70	0,64	0,05-1,83	754	1,01	0,34-1,35	0,49	0,10-2,38
Développement communautaire										
Nul	293	1,10	0,50-2,34	0,92	0,41-1,98	629	1,33	0,76-2,86	1,50	0,70-3,24
Faible	82	1,11	0,48-2,40	0,82	0,35-1,96	179	2,71	1,02-4,73	2,41	1,12-5,47
Moyen	106	0,74	0,38-1,43	0,61	0,28-1,30	186	1,13	0,73-2,32	1,37	0,72-2,63
Élevé	83	1,00		1,00		113	1,00		1,00	
R²					0,23**					0,34**
VPC (%)										7,82

RC‡ Ratio de Cotes de l'analyse multiniveau ; IC‡ Intervalle de confiance de l'analyse multiniveau

Les femmes

Les résultats des différents modèles prédictifs de l'anémie chez les femmes béninoises sont présentés dans le tableau 5.7

L'anémie légère

Aussi bien en analyse multivariée qu'en analyse multiniveau, peu des variables explicatives ne semble associée à l'anémie légère chez les femmes au Bénin. Les femmes buvant de l'eau des sources non protégées ont un risque d'anémie légère plus important que celles dont l'eau de boisson provient de sources protégées (RC=1,35; 95%IC=1,02-1,79). Une autre association statistiquement significative lie l'indice de développement communautaire à l'anémie avec un risque d'anémie légère double chez les femmes vivant dans des communautés ayant un IDC faible par rapport à celles vivant dans des communautés dont l'IDC est élevé (RC=2,05 ; 95%IC=1,16-3,61).

L'anémie modérée à sévère

Le tableau 5.7 présente la modélisation des facteurs de risque d'anémie modérée à sévère chez les femmes au Bénin. La grossesse semble être le déterminant principal de l'anémie modérée à sévère chez les femmes béninoises (RC=3,44). Les variables sociodémographiques explorées (qualité de l'eau, milieu de socialisation dans l'enfance, taille du ménage, statut socioéconomique, éducation du conjoint) ne présentent pas d'association avec l'anémie. L'éducation de la femme présente une association contre intuitive statistiquement significative avec l'anémie. En effet, les femmes non scolarisées semblent moins enclines à développer une anémie modérée à sévère (RC=0,65). Les effets de contexte expliquent environ 5% de la variation dans le risque d'anémie modérée à sévère chez les femmes au Bénin.

Tableau 5.7 : Modélisation des facteurs de risque d'anémie chez la femme au Bénin

	Anémie légère				Anémie modérée à sévère				
	N	RC‡	IC‡	IC	N	RC‡	IC‡	IC	
<u>Variables de contrôle</u>									
Age de la femme									
15-24	363	0,82	0,61-1,06	0,85	0,62-1,10	1,11	0,82-1,88	1,14	0,78-1,60
25-34	603	0,95	0,76-1,22	0,95	0,75-1,20	1,08	0,80-1,43	1,06	0,79-1,41
35-49	579	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	
État de grossesse									
Pas enceinte	1385	1,00	1,00	1,00		1,00		1,00	
Enceinte	160	0,79	0,56-1,08	0,79	0,57-1,11	3,17	2,46-4,82	3,44	2,46-4,80
<u>Variables reliées à la santé</u>									
Usage de moustiquaire									
Non	908	1,13	0,92-1,42	1,17	0,93-1,46	1,01	0,77-1,37	1,07	0,79-1,37
Oui	637	1,00	1,00	1,00		1,00		1,00	
Source d'eau									
Protégées	630	1,00	1,00	1,00		1,00		1,00	
Non protégées	915	1,27	1,03-1,97	1,35	1,02-1,79	1,29	0,93-1,75	1,32	0,93-1,89
<u>Variables socioéconomiques</u>									
Scolarisation de la femme									
Non scolarisée	1160	0,84	0,64-1,09	0,84	0,64-1,13	0,65	0,47-0,92	0,65	0,46-0,91
Scolarisée	385	1,00	1,00	1,00		1,00		1,00	
Scolarisation du mari									
Non scolarisé	846	1,02	0,83-1,31	1,04	0,81-1,33	1,24	0,92-1,72	1,28	0,93-1,74
Scolarisé	699	1,00	1,00	1,00		1,00		1,00	
Milieu de socialisation dans l'enfance									
Ville	780	1,00	1,00	1,00		1,00		1,00	
Campagne	765	0,89	0,68-1,45	0,85	0,68-1,08	0,87	0,89-1,59	0,89	0,66-1,19

	N	RC†	IC‡	RC	IC	N	RC†	IC‡	RC	IC
Taille du ménage										
< 5 personnes	451	1,00		1,00		343	1,00		1,00	
5 à 7 personnes	525	0,85	0,62-1,13	0,86	0,66-1,11	427	1,06	0,82-1,49	1,05	0,75-1,48
> 7 personnes	569	0,96	0,70-1,28	0,96	0,73-1,25	429	1,04	0,76-1,44	1,03	0,74-1,45
Statut socio-économique										
Faible	601	1,04	0,68-1,63	1,07	0,69-1,67	471	1,53	0,92-2,74	1,60	0,92-2,80
Moyen	551	1,01	0,68-1,51	1,03	0,69-1,53	430	1,33	0,82-2,24	1,43	0,86-2,36
Élevé	393	1,00		1,00		298	1,00		1,00	
<u>Variables communautaires</u>										
Milieu de résidence										
Urbain	514	1,00		1,00		385	1,00		1,00	
Rural	1031	0,87	0,57-2,29	0,85	0,32-2,24	814	0,74	0,90-2,60	1,01	0,60-1,67
Développement communautaire										
Nul	873	1,05	0,69-1,66	1,10	0,68-1,81	683	0,62	0,36-1,10	0,68	0,36-1,23
Faible	223	1,83	1,16-3,19	2,05	1,16-3,62	166	1,10	0,65-2,18	1,24	0,63-2,41
Moyen	272	0,84	0,55-1,31	0,88	0,57-1,32	204	0,63	0,43-1,07	0,74	0,44-1,24
Élevé	177	1,00		1,00		146	1,00		1,00	
R2				0,067					0,18	
VPC (%)		1,58					4,72			
RC† Ratio de Cotes de l'analyse multiniveau IC‡ Intervalle de confiance de l'analyse multiniveau										

2. Le Mali

Les enfants

Le tableau 5.8 présente les résultats de la modélisation multivariée et multiniveau des facteurs de risque d'anémie chez les enfants au Mali.

L'anémie légère

L'âge et le sexe ne constituent pas des facteurs de risque d'anémie légère chez les enfants au Mali. De même, ni le rang de naissance, ni l'âge de la mère ne présentent des associations statistiquement significatives avec le risque d'anémie légère chez ces enfants.

Au niveau des variables reliées à l'état de santé de l'enfant, seule la vaccination représente un facteur de risque d'anémie légère. Les enfants qui n'ont pas complété leur calendrier de vaccination ont un risque d'anémie plus grand que les enfants complètement vaccinés (RC=1,47 ; 95%IC=1,02-2,12).

Les variables socioéconomiques et les variables communautaires ne sont pas significativement associées au risque d'anémie légère chez les enfants maliens. Les résultats de la modélisation multiniveau montrent que la proportion de la variabilité attribuable aux effets de contexte dans le risque d'anémie légère chez les enfants au Mali est d'environ 10%.

L'anémie modérée à sévère

Les plus jeunes enfants (trois ans ou moins) présentent un risque d'anémie modérée sévère plus grand que les enfants de 4 à 5 ans. Ce risque est de 2,86 (95%IC=2,13-3,84) chez les enfants de 1 à 3 ans et de 1,87 (95%IC=1,25-2,80) chez les enfants de 6 à 11

mois. Le sexe, le rang de naissance et l'âge de la mère ne présentent pas d'associations significatives avec le risque d'anémie légère.

Dans le bloc des variables reliées à l'état de santé, les enfants ayant une insuffisance de croissance ($T/A < -2$) ont un risque d'anémie modérée à sévère plus élevé que les enfants sans retard de croissance. Les enfants ayant souffert de diarrhées au cours des semaines précédant l'enquête ont aussi un risque d'anémie modérée à sévère plus grand que ceux n'ayant pas eu de diarrhées ($RC=1,53$; $95\%IC=1,07-2,19$). La vaccination et l'usage des moustiquaires ne présentent pas d'associations statistiquement significatives avec le risque d'anémie modérée à sévère chez les enfants au Mali.

Au niveau des variables socio-économiques, l'éducation des parents ne semble pas associée au risque d'anémie modérée à sévère chez les enfants au Mali. Les enfants des ménages de cinq personnes et plus semblent présenter des risques d'anémie plus élevés que les plus petits ménages mais ces associations ne rejoignent pas le seuil de significativité statistique. Les enfants vivant dans des ménages dont l'index de possession est intermédiaire ou moyen ont un risque d'anémie modérée à sévère plus grand ($RC=1,85$; $95\%IC=1,24-2,76$) que ceux des ménages ayant un indice élevé (référence, $RC=1,00$) et même ceux ayant un index faible ($RC=1,49$; $95\%IC=0,98-2,27$).

La vie en milieu rural est associée à un risque d'anémie modérée à sévère plus grand chez les enfants au Mali ($RC=1,79$; $95\%IC=1,02-3,13$). Les effets contextuels contribuent pour environ 15% au risque d'anémie modérée à sévère chez les enfants de moins de 5 ans au Mali.

	N	RC‡	IC‡	RC	IC	N	RC‡	IC‡	RC	IC
Usage de moustiquaire										
Non	345	0,73	0,53-1,05	0,81	0,56-1,18	821	0,94	0,66-1,76	0,96	0,70-1,30
Oui	429			1,00		979	1,00		1,00	
Source d'eau de boisson										
Protégée	325	1,00		1,00		763	1,00		1,00	
Non protégée	449	0,94	0,66-1,40	0,97	0,65-1,86	1037	0,97	0,57-1,09	0,81	0,60-1,12
Variables socioéconomiques										
Scolarisation de la mère										
Non scolarisée	638	1,04	0,69-1,86	1,13	0,72-1,79	1541	1,08	0,78-1,59	1,09	0,74-1,61
Scolarisée	136	1,00		1,00		259	1,00		1,00	
Scolarisation du père										
Non scolarisé	586	1,41	0,94-2,18	1,21	0,79-1,86	1416	1,20	0,85-1,72	1,18	0,84-1,67
Scolarisé	188	1,00		1,00		384	1,00		1,00	
Taille du ménage										
< 5 personnes	175	1,00		1,00		370	1,00		1,00	
5 à 7 personnes	294	0,98	0,64-1,60	0,97	0,61-1,55	716	1,51	0,98-2,29	1,46	0,99-2,14
> 7 personnes	305	0,99	0,61-1,72	1,10	0,65-1,87	714	1,40	0,92-2,33	1,45	0,95-2,21
Statut socio-économique										
Faible	236	0,94	0,67-1,84	0,95	0,55-1,63	616	1,34	0,90-2,30	1,49	0,98-2,27
Moyen	231	1,33	0,92-2,37	1,50	0,91-2,48	609	1,73	1,06-2,35	1,85	1,24-2,76
Élevé	307	1,00		1,00		575	1,00		1,00	
Variables communautaires										
Milieu de résidence										
Urbain	198	1,00		1,00		333	1,00		1,00	
Rural	576	1,50	0,84-2,23	1,19	0,59-2,42	1467	2,04	1,38-3,44	1,79	1,02-3,13
R²			0,27**						0,28**	
VPC (%)		10,21					15,35			

RC‡ Ratio de Cotes de l'analyse multiniveau IC‡ Intervalle de confiance de l'analyse multiniveau

La femme

Le tableau 5.8 présente les estimés modèles multivariés et multiniveaux d'anémie chez les femmes maliennes.

Anémie légère

Outre la vie en milieu rural qui constitue un facteur de risque d'anémie légère (RC=1,61; 95%IC=1,08-2,38), aucune autre variable ne semble associée au risque d'anémie légère chez les femmes au Mali.

Anémie modérée à sévère

L'âge de la femme n'est pas associé au risque d'anémie modérée à sévère ; la grossesse en revanche semble en constituer le principal facteur de risque : les femmes enceintes sont environ 5 fois plus à risque d'anémie modérée à sévère que les femmes non gravides (RC= 4,74; 95%IC=3,56-6,31).

L'usage de moustiquaire et la source d'eau de boisson ne sont pas associés au risque d'anémie modérée à sévère chez les femmes au Mali. On ne note pas non plus d'association significative entre le niveau d'éducation de la femme (ou celui du mari) et le risque d'anémie modérée à sévère. Les femmes ayant passé leur enfance hors des centres urbains (en campagne) sont plus à risque d'anémie modérée à sévère que les femmes ayant vécu leur socialisation dans l'enfance à Bamako ou dans les centres urbains (RC=1,60; 95%IC=1,14-2,23). Tout comme les enfants, les femmes dont le niveau de bien être matériel mesuré par l'ensemble des possessions est moyen sont plus à risque d'anémie modérée à sévère (RC=1,46; 95%IC=1,04-2,06) que les femmes ayant des index de possessions élevés (RC=1,00) et les femmes ayant des index de possessions faibles (RC=1,36; 95%IC=0,95-1,94).

L'analyse multivariée montre que notre modèle explique 27% de la variance et le modèle multiniveau démontre que les effets contextuels contribuent pour 13% au risque d'anémie modérée à sévère chez les femmes maliennes.

Tableau 5.8 : Modélisation des facteurs de risque d'anémie chez la femme au Mali

	Anémie légère			Anémie modérée à sévère		
	N	RC‡	IC‡	N	RC‡	IC‡
<u>Variables de contrôle</u>						
Age de la femme						
15-24	592	1,01	0,80-1,29	1,11	0,82-1,49	1,28 0,96-1,72
25-34	718	0,87	0,72-1,10	0,92	0,72-1,17	1,02 0,78-1,34
35-49	724	1,00		1,00		1,00
État de grossesse						
Pas enceinte	1823	1,00		1,00		1,00
Enceinte	211	0,93	0,69-1,25	0,98	0,73-1,17	4,74 3,56-6,31
<u>Variables reliées à la santé</u>						
Usage de moustiquaire						
Non	909	0,97	0,78-1,18	1,09	0,88-1,35	0,95 0,75-1,23
Oui	1125	1,00		1,00		1,00
Source d'eau						
Protégées	896	1,00		1,00		1,00
Non protégées	1138	0,96	0,77-1,18	0,90	0,73-1,12	1,01 0,78-1,31
<u>Variables socioéconomiques</u>						
Scolarisation de la femme						
Non scolarisée	1689	0,97	0,75-1,31	0,99	0,76-1,31	0,95 0,68-1,32
Scolarisée	345	1,00		1,00		1,00
Scolarisation du mari						
Non scolarisé	1604	0,97	0,89-1,45	1,08	0,83-1,39	1,26 0,92-1,73
Scolarisé	430	1,00		1,00		1,00
Milieu de socialisation dans l'enfance						
Ville	479	1,00		1,00		1,00
Campagne	1555	1,11	0,91-1,56	1,22	0,93-1,60	1,60 1,14-2,23

	N	RC‡	IC‡	RC	IC	N	RC‡	IC‡	RC	IC
Taille du ménage										
< 5 personnes	579	1,00		1,00		509	1,00		1,00	
5 à 7 personnes	714	1,04	0,84-1,31	1,01	0,79-1,29	587	0,99	0,,74-1,31	0,99	0,75-1,31
> 7 personnes	741	1,01	0,91-1,56	0,99	0,77-1,30	610	1,02	0,74-1,38	1,05	0,78-1,41
Statut socio-économique										
Faible	745	1,18	0,90-1,62	1,25	0,93-1,67	633	1,34	0,98-1,91	1,36	0,95-1,94
Moyen	692	1,25	0,96-1,63	1,24	0,93-1,66	594	1,50	1,07-2,06	1,46	1,04-2,06
Élevé	597	1,00		1,00		479	1,00		1,00	
<u>Variabes communautaires</u>										
Milieu de résidence										
Urbain	446	1,00		1,00		363	1,00		1,00	
Rural	1588	1,43	1,02-1,86	1,61	1,08-2,38	1343	1,19	0,85-1,99	1,27	0,75-1,87
R2					<i>0,09**</i>					<i>0,27**</i>
VPC (%)			2,66					13,27		

RC‡ Ratio de cotes de l'analyse multiniveau IC‡ Intervalle de confiance de l'analyse multiniveau

IV. Synthèse des résultats

1. Synthèse des analyses bivariées

Les résultats des analyses bivariées présentées dans les pages précédentes confortent nos hypothèses dans le sens où l'anémie, surtout dans sa forme modérée et sévère est significativement associée aussi bien aux variables individuelles que contextuelles dans les deux pays.

Le sexe des enfants et l'anthropométrie (faible poids pour âge, faible taille pour âge) sont les variables potentiellement associées à l'anémie légère au niveau individuel. Au niveau de la famille, le niveau d'éducation des parents et les variables socioéconomiques (possessions, présence d'électricité) sont associés à l'anémie légère dans les deux pays ; à ceux-ci s'ajoutent la religion et les conditions d'hygiène (types de latrines, qualité de l'eau de boisson) au Bénin. Au niveau communautaire, la région de résidence, la vie en milieu rural et le niveau de développement communautaire (au Bénin) sont associés à l'anémie légère.

Dans les cas modérés et/ou sévères, les facteurs individuels associés à l'anémie infantile sont l'âge, le rang de naissance, les indices anthropométriques (poids pour âge, taille pour âge, poids pour taille), les infections (diarrhées, toux, fièvre) et le statut vaccinal. Au niveau familial, le niveau d'éducation des parents, la religion (seulement au Bénin), la présence d'électricité, la qualité de l'eau de boisson, la qualité des latrines et les possessions sont significativement associés à l'anémie modérée et à l'anémie sévère. Au niveau communautaire, la région de résidence, le milieu rural, et le niveau de développement de la communauté (au Bénin) sont tous significativement associés à l'anémie modérée et à l'anémie sévère.

Chez la femme béninoise, l'ethnie, le niveau d'éducation et les variables communautaires (région, ruralité, développement communautaire) sont associés à l'anémie légère. Au Mali, les variables associées à l'anémie légère en analyse bivariée sont le nombre

d'enfants, le niveau d'instruction de la femme et celui de son mari, les possessions du ménage, le milieu de résidence dans l'enfance, la région de résidence et la ruralité. La grossesse, le niveau d'éducation, la qualité de l'eau de boisson, les possessions du ménage, la religion (au Bénin), le milieu de résidence dans l'enfance et l'IMC (au Mali) ainsi que les variables communautaires présentent des associations bivariées statistiquement significatives avec l'anémie modérée et/ou sévère.

L'ensemble de ces associations est résumé dans les deux tableaux (5.9, 5.10, 5.11 et 5.12).

Tableau 5.9 : Comparaison des résultats des analyses bivariées chez les enfants au Mali et au Bénin

Variables	Anémie légère Bénin	Anémie légère Mali	Anémie modérée Bénin	Anémie modérée Mali	Anémie sévère Bénin	Anémie sévère Mali
Age						
Sexe						
Rang de naissance						
Age de la mère						
Poids pour taille						
Poids pour âge						
Taille pour âge						
Fièvre						
Diarrhées						
Toux						
Anémie maternelle						
Vitamine A						
Vaccination						
Ethnie						
Usage de moustiquaire						
Eau de boisson						
Latrines						
Éducation de la mère						
Scolarisation du père						
Emploi						
Réligion						
Electricité						
Taille du ménage						
Statut socioéconomique						
Région						
Ruralité						
Developpement communautaire		ND		ND		ND

*Les cases grises représentent les variables présentant une association significative à ($p \leq 0.005$) avec l'anémie et les cases blanches l'absence d'association.

Tableau 5.10 : Comparaison des résultats bivariés chez les femmes au Mali et au Bénin

Variables	Anémie légère Bénin	Anémie légère Mali	Anémie modérée Bénin	Anémie modérée Mali	Anémie sévère Bénin	Anémie sévère Mali
Age						
Nombre d'enfants						
Age au premier accouchement						
Grossesse						
Allaitement						
Ethnie						
Résidence dans l'enfance						
Usage de moustiquaire						
Eau de boisson						
Latrines						
Scolarisation de la femme						
Scolarisation du mari						
Emploi						
Réligion						
Electricité						
Taille du ménage						
Statut socioéconomique						
Région						
Ruralité						
Developpement communautaire		ND		ND		ND

*Les cases grises représentent les variables présentant une association significative à ($p \leq 0.005$) avec l'anémie et les cases blanches l'absence d'association.

2. Synthèse analyses multivariées et multiniveaux

En résumé, les enfants en bas âge et ceux dont les mères ne sont pas scolarisées sont les plus à risque d'anémie au Bénin. Comme souvent identifié dans la littérature les infections représentent les principaux facteurs de risque d'anémie modérée à sévère chez les enfants béninois. Ceci se traduit par le fait que les enfants ayant eu des épisodes de diarrhées, les enfants incomplètement vaccinés et ceux n'ayant pas accès à l'eau potable sont les plus à risque d'anémie sévère. En plus des infections diarrhéiques, le statut socioéconomique et la vie en milieu rural sont les principaux facteurs associés au risque d'anémie modérée à sévère chez les enfants au Mali.

La grossesse représente le principal facteur de risque d'anémie modérée à sévère au Bénin et au Mali. Mais on peut aussi relever que les femmes ayant passé leur enfance en milieu rural et celles vivant dans des ménages de grandes tailles ont des risques d'anémie plus importants au Bénin.

Tableau 5.11 : Comparaison des facteurs de risque d'anémie chez l'enfant au Bénin et au Mali

	Anémie légère Bénin	Anémie légère Mali	Anémie modérée à sévère Bénin	Anémie modérée à sévère Mali
Age				
Sexe				
Rang de naissance				
Age de la mère				
Taille pour âge				
Diarrhées				
Vaccination				
Usage de moustiquaire				
Eau de boisson				
Scolarisation de la mère				
Scolarisation du père				
Taille du ménage				
Statut socioéconomique				
Ruralité				
Développement communautaire		ND		ND

*Les cases grises représentent les variables présentant une association significative à ($p \leq 0.005$) avec l'anémie et les cases blanches l'absence d'association.

Tableau 5.12: Comparaison des facteurs de risque d'anémie chez la femme au Bénin et au Mali

	Anémie légère Bénin	Anémie légère Mali	Anémie modérée à sévère Bénin	Anémie modérée à sévère Mali
Age				
Grossesse				
Age de la mère				
Usage de moustiquaire				
Eau de boisson				
Scolarisation de la femme				
Scolarisation du mari				
Résidence dans l'enfance				
Taille du ménage				
Index des possessions				
Ruralité				
Développement communautaire		ND		ND

*Les cases grises représentent les variables présentant une association significative à ($p \leq 0.005$) avec l'anémie et les cases blanches l'absence d'association.

ND= Le niveau de développement communautaire est une variable non disponible au Mali.

CHAPITRE 6: DISCUSSION

I. Interprétation des résultats

Le principal objectif de cette thèse était d'identifier les facteurs associés à l'anémie chez les femmes et les enfants au Bénin et au Mali. Pour atteindre cet objectif, trois hypothèses maîtresses ont guidé notre travail:

- La première est que le niveau d'hémoglobine des mères et celui des enfants dépend à la fois des caractéristiques individuelles propres et des facteurs contextuels.
- La seconde est que les facteurs associés à l'anémie légère diffèrent de ceux associés à l'anémie modérée et sévère.
- La troisième hypothèse est que l'introduction de la modélisation multiniveau dans la recherche des déterminants de l'anémie permettra d'identifier des facteurs de risques qui seraient passés inaperçus dans une modélisation classique.

Pour tester ces hypothèses, nous avons scindé notre démarche en deux étapes menées conjointement. La première a consisté à séparer les facteurs associés à l'anémie légère de ceux associés à l'anémie modérée et sévère. Et la seconde à isoler les effets individuels des effets communautaires. Ensuite, nous avons scruté les associations bivariées entre une vingtaine de potentiels facteurs de risque d'anémie et les trois formes d'anémie (légère, modérée et sévère). En nous basant sur les résultats de ces analyses bivariées, nous avons procédé à des modélisations logistiques multivariées et multiniveaux des facteurs associés à l'anémie. En raison du nombre de sujets assez faible dans la catégorie 'anémie sévère' et confortés par les analogies qui ressortent entre les facteurs de risque d'anémie modérée et d'anémie sévère, nous avons fusionné les deux formes d'anémie pour les analyses de régression. Les résultats ont été présentés par pays (Bénin, Mali) et pour les enfants et les femmes séparément. La présente section est structurée dans la logique des trois hypothèses de la recherche. Nous organisons la discussion autour des

facteurs de risque associés à chaque niveau d'anémie chez les femmes et les enfants avec une composante comparative des deux pays chaque fois que nécessaire.

Hypothèse 1 : Le niveau d'hémoglobine des mères et celui des enfants dépend à la fois des caractéristiques individuelles propres et des facteurs contextuels.

Les facteurs individuels

Chez l'enfant

Nos résultats ont montré que l'âge était un facteur de risque d'anémie au Bénin et au Mali. Les enfants de 6 à 35 mois présentent des risques d'anémie 2 à 4 fois plus élevés que ceux de 36 à 59 mois. Au Bénin, ce risque est particulièrement important chez les enfants de 6 à 12 mois. Ces chiffres sont comparables à ceux rapportés par De Almeida et al (2004) chez les jeunes brésiliens. Les Besoins Moyens Estimatifs (BME) en fer chez les enfants de 7 à 12 mois sont environ deux fois plus importants que ceux des enfants de un à cinq ans (NAS, 2001), ce qui explique en partie le risque accru chez les enfants de moins d'un an. Les pratiques d'allaitement et de sevrage au Bénin et au Mali peuvent aussi être mises en cause dans cette grande susceptibilité des plus jeunes à l'anémie. En effet, dans les deux pays, le sevrage est assez précoce. Nos données sur le sevrage ont montré que seulement 25% des enfants au Mali et 38% au Bénin sont allaités exclusivement au lait maternel jusque l'âge de 6 mois. Certaines études ont néanmoins rapporté que même en contrôlant pour les variables alimentaires telles l'allaitement et la consommation de fer héminique, les enfants dans la deuxième moitié de leur première année de vie demeurent plus à risque d'anémie que leurs aînés (Schellenberg et al, 2003; De Almeida et al, 2004; Osorio et al, 2004). Ceci serait en partie expliqué par l'épuisement entre le 4^e et le 6^e mois, des réserves martiales emmagasinées par le fœtus durant la grossesse (FAO/WHO, 1988; Hercberg et al, 1988; NAS, 1991). La possibilité que le sevrage soit accompagné d'une augmentation d'infections intestinales, causes d'anémie est aussi à prendre en compte.

Aussi bien au Bénin qu'au Mali, nos résultats démontrent que le retard de croissance est significativement associé à l'anémie modérée à sévère chez les enfants. On pourrait se demander si le retard de croissance est une cause ou une conséquence de l'anémie. L'anémie peut être une cause de retard de croissance mais le retard de croissance peut avoir d'autres causes nutritionnelles ou infectieuses dont une des conséquences est l'anémie. En d'autres termes, le déficit de croissance ne peut à priori être une conséquence de l'anémie chez les enfants maliens et béninois. Il peut en être une des causes ou un facteur facilitateur. La malnutrition protéino-énergétique réduirait jusqu'à 20% la concentration sérique d'hémoglobine (Warrier et al, 1990). Mais il est aussi fort probable que les deux pathologies partagent les mêmes étiologies puisque le retard de croissance est en général associé à des conditions socioéconomiques médiocres (Semba et Bloem, 2001; Tomkins, 1986; Scrimshaw et SanGiovanni, 1968).

Le risque d'anémie modérée à sévère est environ deux fois plus élevé chez les enfants qui ont eu des épisodes diarrhéiques dans les deux pays. Ce risque de diarrhée subsiste après contrôle pour la qualité de l'eau de boisson et le milieu de vie. Le fait que la question sur les épisodes diarrhéiques couvre l'ensemble de deux semaines précédant l'enquête rend le sens de l'association difficile à établir. Dépendamment de la cause de la diarrhée (infectieuse, alimentaire) et du nombre d'épisodes et donc du degré de déshydratation, la diarrhée pourrait conduire à une anémie légère, modérée voire sévère (Desai et al, 2005). Mais l'hypothèse la plus probable est que la diarrhée et l'anémie partagent une origine commune dans ces deux pays. Plusieurs études montrent que les enfants vivant dans les conditions défavorisées ont plus de chance de souffrir simultanément de malnutrition et de diarrhée que de souffrir de malnutrition ou de diarrhée seulement (Fotso et Kuate-Defo, 2005; Browne et al, 2002; Tomkins, 1986). Aussi, le fait que la diarrhée soit associée à une baisse de l'appétit amplifie le risque d'anémie chez les enfants qui voient leurs apports en fer diminués.

Les enfants ayant complété leur calendrier vaccinal ont un risque d'anémie moins important que leurs pairs non complètement vaccinés. En renforçant leur système immunitaire, les enfants contrecarrent quelque peu l'effet délétère de la carence en fer sur

leurs cellules immunitaires (Kuvibidila et al, 2001; Schellenberg et al, 2003). La vaccination protège aussi les enfants de nombreuses infections qui sont des causes potentielles d'anémie. Par ailleurs, on pourrait penser que les enfants qui complètent leur calendrier vaccinal ont des parents plus soucieux de leur état de santé. Cette préoccupation à l'égard de l'état de santé de l'enfant n'est pas exclusivement le fruit d'un bon niveau de scolarisation, du développement communautaire ou du statut socioéconomique puisque nous avons contrôlé pour l'ensemble de ces variables. La couverture vaccinale est asymétriquement distribuée au Mali. Tandis que dans des régions comme Bamako la capitale nationale, 60% des enfants ont complété leur calendrier vaccinal, ils sont à peine 14% à l'avoir fait dans les régions de l'Ouest comme Kayes. Cette couverture vaccinale est plus uniforme au Bénin mais reste faible, variant entre 50 et 65% sur l'ensemble du pays.

Les enfants béninois de moins de cinq ans qui dorment sous des moustiquaires ont un risque d'anémie moins élevé que ceux ne dormant pas sous une moustiquaire. La malaria est endémique au Bénin et au Mali et représente d'après l'OMS l'une des principales causes de consultation (40% au Bénin) et de mortalité (24% au Bénin, indisponible au Mali) chez les enfants de moins de cinq ans (WHO, 2001). Au Mali, une étude récente de Ayoya et al (2003) estime que la malaria contribue pour 29% dans le risque d'anémie chez les femmes enceintes. Plusieurs autres études en Afrique de l'Ouest ont démontré que la lutte contre la malaria par l'usage des moustiquaires imprégnées diminuait substantiellement l'incidence de l'anémie (Ter Kuile et al, 2003; Habluetzel et al, 1999; Fraser-Hurt et al, 1999). Récemment, nous avons réalisé une revue extensive en vue de quantifier l'impact de l'usage des moustiquaires imprégnées sur l'anémie (Ngnié-Téta et al, 2004). Nous en sommes arrivés à la conclusion que l'usage des moustiquaires imprégnées pourrait réduire en moyenne de 40% la prévalence de l'anémie sévère chez les enfants et les femmes enceintes dans les régions endémiques. L'effet protecteur des moustiquaires est certainement sous estimé dans cette étude puisque nous ne disposons pas d'informations sur l'état des moustiquaires. Dans une étude relative au traitement des moustiquaires, Marchant (2002) rapporte une augmentation de 8% dans la prévalence de

l'anémie chez les utilisateurs de moustiquaires non traitées comparativement aux utilisateurs de moustiquaires imprégnées d'insecticides.

Chez la femme

La grossesse ressort comme le principal facteur associé à l'anémie modérée et sévère chez les femmes aussi bien au Bénin qu'au Mali avec un risque 3 à 4 fois plus élevé chez les femmes enceintes. Elle n'est pas associée à l'anémie légère. La prévalence de l'anémie chez les femmes non enceintes est de 63% au Bénin et 62% au Mali; la plupart des femmes dans ces deux pays sont donc anémiées au moment de la conception, ce qui exacerbe le risque pendant la grossesse. Les résultats descriptifs (tableau 5.3 et 5.5) ont montré que les prévalences de l'anémie modérée et sévère explosent à partir du deuxième trimestre de grossesse; ce qui correspond à une période de besoins en oxygène accrus aussi bien chez la mère que chez le fœtus (DeLeeuw et al, 1966; FAO/WHO, 1988). On peut penser qu'en raison des besoins en fer élevés pendant la grossesse, les femmes non anémiées ou faisant une anémie légère passent à un niveau modéré ou sévère lorsqu'elles sont enceintes. Ceci n'explique pas entièrement l'absence d'association en analyses multivariées et multiniveaux entre l'anémie légère et la grossesse puisque près de 25% des femmes enceintes au Bénin et au Mali présentent une anémie légère et sensiblement la même proportion est non anémiée.

Les facteurs socioéconomiques

Au Bénin et au Mali, la prévalence d'anémie modérée et sévère est plus importante chez les enfants de mères non scolarisées. Cette association disparaît au Mali une fois que l'on contrôle pour les autres variables socioéconomiques notamment le statut socioéconomique mesuré par l'ensemble des possessions du ménage. Au Bénin, le statut socioéconomique n'est pas associé à l'anémie chez les enfants. Le lien entre le statut socioéconomique et le niveau de scolarisation des mères diffère donc d'un pays à un autre. Un niveau de scolarisation élevé augmente les chances de trouver un emploi rémunéré et par conséquent assure une certaine sécurité alimentaire dans le ménage.

Même si dans l'ensemble, les femmes défavorisées (statut socioéconomique bas, niveau de scolarisation nul) ont des prévalences d'anémies significativement plus élevées que les femmes moins défavorisées (Tableau 5.3 et 5.5), aucune de ces associations ne reste substantiellement associée à l'anémie une fois que l'on contrôle pour les infections et le milieu de vie au Bénin (tableau 5.7). Osorio et al (2004) observent aussi que les associations significatives en analyses bivariées entre le niveau socio-économique (ici le revenu) et l'anémie chez les enfants brésiliens disparaissent en analyses multivariées quand on contrôle pour les infections. Ce qui pourrait s'expliquer comme nous l'avons postulé dans le cadre conceptuel par la présence des infections dans le chemin causal du niveau socio-économique vers l'anémie. Dans une étude chez des enfants Tanzaniens de 0 à 5 ans, Schellenberg et al (2003) n'observent pas d'association significative entre l'anémie et le statut socioéconomique. Au Mali, les femmes matériellement défavorisées (statut socioéconomique faible ou moyen) ont des risques d'anémie plus élevés que celles matériellement aisées; ces résultats rejoignent ceux de Bendeck et al (1996) qui rapportent qu'au Mali, l'alimentation des familles pauvres est essentiellement à base de mil et de sorgho qui sont des céréales très pauvres en fer. La teneur en fer du sorgho est d'environ 11 mg pour 100 g et celle du mil d'environ 20 mg pour 100 g (FAO, 1970). Toujours d'après l'étude de Bendeck et al (1996), les protéines animales ne représentent que 9% de l'énergie totale dans ces familles défavorisées; or outre leur forte teneur en fer héminique, ces protéines faciliteraient l'absorption du fer.

La cadre de vie

La vie en milieu rural n'est pas associée à l'anémie au Bénin. Par contre, elle est associée au risque d'anémie légère chez les femmes maliennes et au risque d'anémie modérée à sévère chez les enfants maliens. Ce résultat au Mali corrobore celui de Dicko et al (2003) qui ont étudié la prévalence de l'anémie chez les femmes enceintes dans la région de Bandiara au Mali et qui rapportent un risque 4 fois plus élevé en milieu rural. La grande susceptibilité des enfants vivant en milieu rural rejoint aussi les résultats d'autres études qui démontrent que la malnutrition est plus prévalente en milieu rural (Kuate-Defo, 2001; Tharakan et al, 1999; Sommerfelt, 1991).

Toutefois, le niveau de développement communautaire est associé à l'anémie modérée à sévère chez les enfants et à l'anémie légère chez la femme au Bénin. Dans les deux cas (chez les femmes et les enfants), le risque d'anémie est beaucoup plus important dans les communautés ayant un niveau de développement intermédiaire que dans celles ayant un niveau bas ou élevé. Même si l'indice de développement communautaire que nous avons construit ne capture pas toute la réalité du développement dans la région, on peut postuler au regard de ces résultats que les communautés en transition (processus d'urbanisation) sont celles dont les populations sont les plus à risque d'anémie. Cette explication rejoint la théorie de la transition nutritionnelle qui attribue à l'urbanisation une augmentation des problèmes de malnutrition (Popkin, 2004). Une piste de recherche à approfondir serait celle de l'effet de la transition nutritionnelle sur les apports en fer.

Hypothèse 2 : les facteurs associés à l'anémie légère diffèrent de ceux associés à l'anémie modérée et sévère.

L'anémie légère représente environ 25% des cas d'anémie chez les enfants et 60% chez les femmes au Bénin et au Mali (voir tableau 5.1). En nous fixant cet objectif d'identifier séparément les facteurs de risque d'anémie légère et ceux de l'anémie modérée à sévère, nous voulons contribuer à scinder la cible des interventions dans la lutte contre l'anémie. L'anémie légère affecte aussi bien les populations aisées que celles vivant dans une insécurité alimentaire (Scrimshaw, 1997; Zhu et Haas, 1998). En présence de certains facteurs l'anémie légère évolue vers les formes modérées et sévères préjudiciables. Ces facteurs ne sont par conséquent pas associés nécessairement à l'anémie légère mais contribuent au risque d'anémie modérée à sévère. D'où la nécessité d'étudier séparément les facteurs de risque de l'anémie légère et ceux de l'anémie modérée et sévère. Nos résultats, aussi bien au Mali qu'au Bénin, chez les femmes comme chez les enfants, confortent cette réflexion. Les tableaux synthèses 5.11 et 5.12 sont éloquentes à ce sujet.

Chez les enfants béninois, seuls deux facteurs parmi les quinze dans le modèle ressortent comme associés à l'anémie légère, à savoir l'âge et le niveau de scolarisation de la mère. Par contre six variables sont associées à l'anémie modérée à sévère (âge, retard de

croissance, diarrhées, vaccination, usage des moustiquaires et niveau de scolarisation de la mère). Au Mali, une seule variable, la vaccination, est associée à l'anémie légère tandis que cinq variables sont associées à l'anémie modérée à sévère (âge, retard de croissance, diarrhées, le statut socioéconomique et la vie en milieu rural).

Chez les femmes béninoises (tableau 5.12), deux variables sur douze dans les modèles multivariés et multiniveaux sont associées à l'anémie légère, à savoir la source d'eau de boisson et le niveau de développement communautaire. Deux variables différentes de celles associées à l'anémie légère sont associées à l'anémie modérée à sévère notamment la grossesse et le niveau de scolarisation. Au Mali, seule la vie en milieu rural est associée à l'anémie légère. La grossesse, le milieu de socialisation dans l'enfance et le statut socioéconomique sont associées à l'anémie modérée à sévère.

La surestimation de la prévalence de l'anémie en Afrique est une hypothèse de plus en plus crédible. Dans ses nouvelles analyses sur l'ajustement des valeurs d'hémoglobine lors des enquêtes populationnelles, l'INACG recommande de réduire de 1 g/dl le seuil de définition de l'hémoglobine dans tous les groupes d'âge pour les individus d'origine africaine (INACG, 2002). Cette recommandation est justifiée par des résultats d'études américaines qui indiquent que les populations d'origine africaine ont une distribution des concentrations d'hémoglobine de 0,5 à 1 g/dl plus bas que celle des caucasiens, des hispaniques, des indiens et des asiatiques (Dallman et al, 1978; Pan et Habicht, 1991; Perry et al, 1992; Johnson-Spear et Yip 1994). Cette différence dans la distribution de l'hémoglobine est indépendante du statut en fer (Johnson-Spear et Yip, 1994). Outre cet argument biologique, l'INACG justifie la recommandation par le fait qu'une utilisation des seuils élevés résulte en une surestimation des faux-positifs dans le diagnostic de l'anémie et par conséquent une augmentation de la proportion des individus considérés comme non adhérents aux traitements contre l'anémie. Une telle redéfinition de l'anémie correspond mathématiquement à une 'éradication' de l'anémie légère dans sa définition actuelle chez les enfants et les femmes enceintes. Le tableau suivant (6.1) illustre en effet les conséquences qu'aurait un abaissement du niveau de définition de l'anémie à 11 g/dl.

Tableau 6.1: Comparaison de la prévalence de l'anémie chez les femmes et les enfants au Bénin avec et sans anémie légère.

		Prévalence de l'anémie		
		Avec anémie légère %	Sans anémie légère %	Total N
Bénin	Enfants	82,2	59,7	2052
	Femmes	64,3	23,6	3124
	Femmes enceintes	73,0	50,1	353
Mali	Enfants	83,3	64,9	2462
	Femmes	63,8	24,9	3694
	Femmes enceintes	76,6	52,2	509

Nos résultats apportent un argument substantif à cette réflexion sur la nécessité de reconsidérer la définition de l'anémie. Il est opportun de constater que dans l'ensemble, les facteurs de risque connus d'anémie tels les infections chez les enfants et la grossesse chez les femmes, ne ressortent pas comme associés à l'anémie légère dans cette étude. En attendant d'être confirmés par des devis expérimentaux, ces résultats questionnent les interventions ad large et coûteuses qui en ciblant toute la population, aboutissent à des résultats mitigés parce que ne rejoignant pas adéquatement les plus nécessiteux.

D'autre part, nos analyses montrent l'intérêt de cibler des interventions sur les niveaux d'anémie modérés à sévères dont les principaux facteurs de risque sont soulignés ici : la grossesse chez les femmes et les infections chez les enfants.

Hypothèse 3 : L'introduction de la modélisation multiniveau dans la recherche des déterminants de l'anémie permettra d'identifier des facteurs de risques nouveaux qui seraient passés inaperçus dans une modélisation classique.

Les résultats présentés dans les tableaux 5.6, 5.7, 5.8 et 5.9 infirment notre troisième hypothèse. En effet, les estimés des analyses multivariées et ceux des analyses multiniveaux sont comparables chez les femmes et les enfants aussi bien au Mali qu'au Bénin. L'analyse multiniveau ne décèle aucun facteur de risque qui aurait 'échappé' à la

modélisation multivariée classique. L'infirmité de notre troisième hypothèse trouverait son explication dans la faible proportion de variance attribuable au contexte (corrélation intra-classe). En effet, d'après nos résultats, l'anémie au Bénin et au Mali tiendrait ses 'origines' des caractéristiques des individus et des ménages et non de celles des communautés. Toutefois, Austin et al (2003) qui se sont prêtés à l'exercice de comparer les résultats de l'analyse multivariée à ceux de l'analyse multiniveau en milieu hospitalier sont arrivés à des conclusions différentes des nôtres. Dans leur étude sur les risques d'infarctus du myocarde en milieu hospitalier (patients nichés dans les médecins eux même nichés dans les hopitaux), ils rapportent que malgré une faible variabilité inter-contexte (entre 3% et 13%), la régression logistique classique a permis d'identifier 5 facteurs de risque d'infarctus tandis que la régression logistique multiniveau n'en identifiait aucun. La régression classique dans leur étude sous estimait en général l'erreur standard des variables de niveau 3 (hôpital).

Les analyses de régressions classiques ne peuvent cependant pas nous informer si une intervention doit davantage être orientée vers les individus ou les communautés. L'analyse multiniveau nous a permis de quantifier les effets du milieu de vie sur le risque d'anémie des femmes et des enfants, ceci par le calcul de la proportion de la variabilité dans le risque d'anémie attribuable aux individus/ménages et celle attribuable au contexte (corrélation intra-classe). L'information fournie par la corrélation intra-classe est capitale pour la planification des interventions. Plus la variation dans le risque d'une maladie entre les individus au sein d'une communautés est grande comparée à la variation entre les communautés, moins les déterminants de la maladie en question ont à voir avec le milieu de vie (Snijders et Backer, 1999). Dans notre étude, la proportion de la variation attribuable au contexte varie entre 2% et 15%. Ces proportions sont proches de celles observées par Fotso et Kuate-Defo (2005) dans leur étude sur les corrélats de la malnutrition en Afrique. Ces auteurs rapportent une contribution des effets de contexte de 5% au Burkina-Faso, 10% en Égypte et 25% au Cameroun.

Nos résultats réfutent dans une certaine mesure l'affirmation implicite que ces effets de contexte sont réels et immuables indépendamment du problème étudié et que l'analyse

multivariée classique échouerait à les identifier (Duncan et al, 1998; Kreft et DeLeeuw, 1998; Rasbash et al, 2004; Radenbush et Bryk, 2002). Par ailleurs, même s'ils ne prennent pas la peine de comparer les résultats obtenus en analyse multiniveau à ceux qu'ils auraient obtenus par une modélisation classique, les auteurs admettent couramment que la régression classique sous-estime les écarts types (Duncan et al, 1998; Goldstein, 2002; Radenbush et Bryk, 2002). Comprendre si les différences dans les effets fixes de l'analyse multivariée et ceux de l'analyse multiniveau sont fonction du niveau de variabilité attribuable au contexte reste cependant une piste de recherche intéressante à explorer.

II. Quelques limites à considérer dans l'interprétation des résultats.

La principale limite de cette étude est liée à la nature transversale des enquêtes démographiques et de santé. Malgré la robustesse des analyses, le contrôle pour les principaux facteurs confondants potentiels et la conformité de nos principaux résultats avec ceux des études clés sur la question, toute hypothèse de causalité doit être abordée avec circonspection. L'objectif de la présente thèse n'est pas de trancher sur les facteurs de risque d'anémie mais de contribuer à leur identification en tenant compte des facteurs contextuels.

Une autre limite de notre étude est la fiabilité des informations recueillies auprès des participants. Toutefois la nature objective des variables considérées dans cette thèse nous met à l'abri des biais potentiels de mémoire et de désirabilité sociale puisque nos variables clés ne font pas appel à la mémoire et ne sont pas liées à la perception des femmes enquêtées. Fait exception, la question sur l'état de santé récent de l'enfant. À ce niveau, il était demandé aux mères de dire si les enfants ont eu de la diarrhée ou de la fièvre dans les deux semaines précédant l'enquête. Même si le biais de mémoire est par définition présent dans cette question, on peut le considérer comme minime étant donné la période relativement courte pour laquelle on fait appel à la mémoire. Il semble à priori

peu probable qu'une mère oublie les épisodes morbides de son enfant au bout de deux semaines. Quant au biais de désirabilité sociale, il est difficile d'en prédire le sens dans cette étude. En effet, certaines mères peuvent sous rapporter les épisodes de maladie pour des raisons de commodité sociale tandis que d'autres pourront les surestimer afin de mettre l'emphase sur la précarité de leur situation sociale.

La saisonnalité des maladies comme la malaria et partant l'anémie est un facteur important. Plusieurs auteurs ont montré que l'association entre l'anémie et la malaria était plus forte pendant les saisons de pluies que les saisons sèches (D'Alessandro et al, 1996 en Gambie ; Ter Kuile et al 2003 au Kenya ; Koram et al 2003 au Ghana). Au Mali, Dicko et al, (2003) rapportent que le risque d'anémie est beaucoup plus important en saison de pluies qu'en saison sèche (RC=1,93; 95%IC = 1,10 – 3,39). Dans la présente étude, l'enquête au Mali s'est déroulée entre les mois de janvier et de mai. Ce qui correspond à la saison sèche. Il faut noter que la saison des pluies ne dure qu'entre un et quatre mois au Mali.

Au Bénin, la question de la saisonnalité est contrôlée par le devis puisque l'enquête s'est déroulée entre les mois d'août et de novembre correspondant à deux mois de saisons sèche (août - septembre) et deux mois de saisons de pluies (octobre - novembre).

Enfin, l'anémie telle que définie par l'hémoglobinémie rend son étiologie (carence en fer, carences en d'autres nutriments, hémoglobinopathies, infections) difficile à déterminer. Toutefois, comme nous l'avons remarqué dans la revue de littérature, la carence en fer et les infections sont les principales causes d'anémie au Bénin et au Mali. Reste que l'absence d'information sur la proportion de risque d'anémie attribuable à chaque facteur est un handicap qui mérite l'attention des chercheurs dans les futures recherches.

CHAPITRE 7: CONCLUSIONS ET IMPLICATIONS

On pourrait résumer nos résultats en trois principaux points : - les infections constituent les principaux facteurs associés à l'anémie modérée à sévère chez l'enfant - la grossesse est le principal facteur associé à l'anémie modérée à sévère chez les femmes et – la variabilité dans le risque d'anémie est d'avantage associée aux caractéristiques des individus et des ménages que celles des communautés. Ces trois conclusions nous orientent vers trois pistes d'intervention : - la prévention et le contrôle des infections chez les enfants en particulier la malaria et les infections intestinales– la prise en charge de la grossesse – l'orientation des interventions davantage vers des changements de 'comportement' que des changements d'environnement.

1. Prévention et contrôle des infections chez les enfants

Usage des moustiquaires

Cette étude fait ressortir la forte prévalence de l'anémie chez les enfants au Mali et au Bénin et confirme la forte association entre l'anémie modérée à sévère et les infections dans ces deux pays. Un constat majeur est que l'usage des moustiquaires est solidement associé à de faibles prévalences d'anémie modérée et sévère chez les enfants de moins de 5 ans. Dans des contextes minés par la résistance aux antipaludéens classiques, (notamment la chloroquine, la mefloquine et la nivaquine, (Le bras et al, 1986; Chippaux et al, 1989; Djimde et al, 2001) et une accessibilité difficile aux médicaments à efficacité avérée (Djimde et al, 2001; Bloland, 2001), l'usage de moustiquaire compte parmi les méthodes préventives de choix. Cependant l'accès aux moustiquaires est un autre défi dans ces populations pauvres; à peine la moitié des enfants ont droit à une moustiquaire au Bénin (44%) et au Mali (55%). Les disparités sont aussi très grandes selon qu'on vit au nord ou sud du Bénin (13% dans l'Atacora et 54% dans l'Atlantique). Ces disparités sont comparables à celles que l'on observe dans la prévalence d'anémie modérée à sévère (75% dans l'Atacora et 45% dans l'Atlantique). Les mêmes différences sont aussi observées au Mali. La proportion de ménages avec des enfants dormant sous une moustiquaire varie entre 45% (Sikasso) et 81% (Tombouctou). Dans la plupart des études

sur l'usage des moustiquaires dans des contextes comparables, les participants ont indiqué le coût comme principal obstacle à l'achat des moustiquaires. Dans une étude récente en Tanzanie, 92% des femmes non utilisatrices de moustiquaires accusaient les prix trop élevés (Marchant, 2002). La lutte contre l'anémie passe donc, entre autres par la facilitation de l'accès des ménages aux moustiquaires imprégnées.

Ceci ne doit pas obstruer les efforts pour l'accès à des médicaments efficaces et surtout les mesures de santé publique. Ces mesures de santé publique, notamment les règles élémentaires d'hygiène sont d'autant plus indispensables que outre la malaria, les maladies du péril fécal qui se traduisent par des épisodes diarrhéiques ressortent dans cette étude comme des facteurs de risque d'anémie.

Cette recommandation dans le sens de l'accentuation de la lutte contre les infections doit aller de pair avec la lutte contre la carence en fer (par la supplémentation, la fortification ou la diversification alimentaire). Répondant à la question *Anemia in African children : malaria or iron deficiency?* Verhoef et West, (2003) se refusent à donner plus d'importance à l'une qu'à l'autre. Autant l'usage des moustiquaires imprégnées que l'amélioration des apports en fer augmentent substantiellement les niveaux d'hémoglobine chez les femmes et les enfants. Les évidences à l'effet que l'usage des moustiquaires imprégnées (et donc la lutte contre la malaria) réduit considérablement l'anémie sévère et partant la mortalité contribuent à dissocier de plus en plus la définition de la carence en fer de celle de l'anémie. Par ricochet, la lutte contre la carence en fer devient malheureusement dans la planification des interventions, un enjeu de moins en moins important (Jorgen et al, 2003). Verhoef et West (2003) expliquent cette lacune par le manque de ressources qui oblige les décideurs africains à parer au plus urgent (sauver des vies (combattre la malaria) plutôt que de prévenir la carence en fer).

Dans une certaine mesure, nos résultats vont dans le sens d'une association rigide entre l'anémie sévère et la malaria mais n'infirmement pas la réalité de la carence en fer, ni sa contribution au risque d'anémie. D'après l'OMS, la carence en fer est à l'origine de la moitié des cas d'anémie dans les pays pauvres (WHO, 2001); l'étude de Asobayire et al

(2001) en Côte d'Ivoire confirme cette contribution de 50% dans le contexte Ouest-Africain. Il devient alors important pour garder l'attention (légitime) sur la carence en fer, de l'adresser comme un problème de santé publique en soi indépendamment de l'anémie qui n'en est qu'une conséquence parmi d'autres, notamment le retard cognitif chez les enfants.

Vaccination des enfants

Nos résultats permettent aussi de renforcer le plaidoyer pour un élargissement des campagnes de vaccination au Bénin et au Mali. Les enquêtes EDS qui ont servi de support à cette étude rapportent que seulement 29% des enfants maliens et 49% des enfants béninois de 12 à 23 mois ont complété leur calendrier vaccinal. Dans certaines régions du Mali telles que Mopti et Kayes, à peine 13% des enfants sont vaccinés tandis qu'ils sont 60% à être vaccinés à Bamako. Nos résultats ont montré que la vaccination était associée à une réduction du risque d'anémie au Mali et ont démontré que l'essentiel de la variabilité dans ce risque d'anémie est intra-individuel et non inter-communautaire. Ces deux résultats mis ensemble nous amènent à penser qu'un élargissement de la couverture vaccinale réduirait le risque d'anémie indépendamment de la région. En d'autres termes, une augmentation de la couverture vaccinale dans ces régions devrait entraîner une diminution du risque d'anémie. Au Mali tout comme au Bénin, les programmes élargis de vaccination (PEV) gagneraient donc à être davantage implantés et suivis sur l'ensemble du pays.

2. Prise en charge de l'anémie pendant la grossesse

L'anémie pendant la grossesse accroît le risque de prématurité, et conséquemment le faible poids à la naissance (Harris, 1992; Murphy et al, 1986; Steer, 2000). Dans les cas sévères, elle est associée à la mortalité maternelle (Brabin, 2001). La prise en charge de l'anémie pendant la grossesse se fait par la supplémentation dans les pays comme le Canada et donc à plus forte raison dans des contextes où l'anémie est endémique et les apports en fer inadéquats. Dans cette étude, l'enquête ne fournit pas d'informations sur la supplémentation en fer chez les femmes enceintes ni sur les apports alimentaires en fer.

Plusieurs études en Afrique de l'Ouest ont cependant montré que la supplémentation en fer augmentait l'hémoglobine et la ferritine sérique chez les femmes enceintes (Dawson et al, 1996; Svanberg, 1975; Fleming, 1986). En Côte d'Ivoire, Carre et al (2003) ont rapporté qu'une supplémentation martiale conjointe avec un traitement prophylactique anti-malaria pendant la grossesse réduisait la prévalence de l'anémie de 13% chez les femmes supplémentées. Dans les cas sévères, la supplémentation a permis une augmentation moyenne de l'hémoglobine d'environ 3 g/dl.

Les bénéfices de la supplémentation en fer en terme d'amélioration des paramètres hématologiques (hémoglobine, ferritine sérique) vont au-delà de la grossesse et s'étendent à la période post-partum (Preziosi, 1997). Cette supplémentation pendant la grossesse aide à réduire les effets des pertes sanguines liées à l'accouchement. Les bénéfices post-partum de la supplémentation sont d'autant plus importants que l'intervalle inter-génésique au Bénin et au Mali est très petit. L'espace entre deux naissances consécutives est de moins de 24 mois chez 15% des femmes au Bénin et 21% au Mali. La supplémentation aide donc ces femmes à commencer la prochaine grossesse avec un niveau de réserves martiales acceptable. Il est important ici de noter que même si peu d'emphase est mis dessus dans la littérature, l'anémie altère considérablement la qualité de vie de la femme en raison de la fatigue qu'elle engendre et qui vient se coupler au stress d'être enceinte ou de porter un jeune enfant dans les bras.

La supplémentation telle que pratiquée ne comble toutefois pas efficacement le déficit martial chez les femmes qui rentrent dans la grossesse tout en étant déjà carencées (Rush, 2000). Au Bénin et au Mali, les lacunes dans la prise en charge médicale de la grossesse exposent d'avantage les femmes aux conséquences de l'anémie. Peu de femmes ont des visites prénatales régulières. Au Bénin, nos données montrent que 40% de femmes ont moins de 4 visites prénatales pendant la grossesse et environ 50% des visites commencent au 2^e trimestre de la grossesse. Au Mali, ces chiffres sont encore plus élevés : 42% des femmes n'ont aucune consultation prénatale durant la grossesse et 70% ont eu moins de 4 consultations tout au long de la grossesse. Parmi les femmes qui ont consulté un spécialiste, seulement 20% l'ont fait durant le premier trimestre de grossesse.

Pour toutes ces raisons, il est primordial de prévenir l'anémie en amont (bien avant la grossesse) par des stratégies de lutte durables telles les fortifications des aliments de base, l'éducation des communautés à consommer des aliments riches en fer ou en nutriments favorisant son absorption (protéines, acide ascorbique) et les mesures de santé publique pour les anémies non nutritionnelles. Ces mesures nécessitent un plaidoyer soutenu auprès des décideurs politiques béninois et maliens ainsi que des bailleurs de fonds internationaux. Toutefois, dans le cas particulier de la femme enceinte dans ces deux pays, la supplémentation apparaît incontournable pour prévenir et traiter les anémies modérées et sévères durant la grossesse.

3. La cible des interventions

Une conclusion clé de cette étude est la découverte que les effets communautaires dans le cas très précis de l'anémie sont minimes. Dans les deux pays, aussi bien chez les mères que chez les enfants, la contribution du milieu de vie au risque d'anémie varie entre 2% et 15%. Ce constat, pourrait apporter une contribution majeure à la planification des interventions. En fait, ce que nous apprenons ici est qu'il n'y a pas une concentration communautaire de l'anémie au Bénin et au Mali. Les prévalences peuvent varier d'une région à l'autre mais ceci est sans doute expliqué par une variation dans la distribution des variables aux niveaux individuels et ménages. Les programmes de lutte contre l'anémie dans ces deux pays n'ont pas besoin d'être spécifiques pour chaque quartier, chaque village ou chaque région. En d'autres termes, vu que les facteurs associés à l'anémie ne sont pas contexte-spécifiques, un programme s'attaquant aux facteurs de risque d'anémie qui donnerait des résultats concluants au nord du pays aurait de fortes chances d'être un succès à l'Est, à l'Ouest et au Sud. Les facteurs de risque à cibler pour élaborer de tels programmes implantables à l'échelle du pays pourraient cibler chez l'enfant la lutte contre les infections (vaccination, usage des moustiquaires, hygiène et salubrité des aliments) et chez la femme un suivi adéquat de la grossesse. Il serait donc opportun d'établir des stratégies nationales de lutte contre l'anémie au Bénin et au Mali. Cette conclusion ne remet pas en cause l'opportunité des enquêtes sociologiques

indispensables à l'implantation de tout programme dans une communauté en raison des spécificités culturelles de chaque localité.

Enfin, nous pensons que l'attention doit être davantage centrée sur l'anémie modérée à sévère. Sans considérer l'anémie légère et l'anémie modérée à sévère comme des problèmes non interreliés, il est évident que la démesure dans l'ampleur de l'anémie en terme de prévalence invite à concentrer les efforts vers les plus nécessiteux. Ce raisonnement rejoint celui de l'OMS lors de l'élaboration des récentes recommandations des besoins en fer. Explicitement, le rapport conjoint FAO/WHO de Bangkok (2002) recommande de ne pas utiliser les ANREF comme critère des besoins dans les pays en développement parce que des recommandations trop élevées seraient de nature à éloigner de sa cible les programmes d'intervention. Nos résultats illustrent par ailleurs que l'anémie légère disparaîtra davantage à long terme avec l'amélioration du niveau d'éducation et du niveau socio-économique, améliorations dont on doit s'assurer qu'elles s'accompagnent d'une amélioration de la qualité de l'alimentation en général et des apports en fer en particulier. L'anémie modérée à sévère, de part ses conséquences sur la santé et de par les facteurs de risque identifiés mérite d'être le focus de nos interventions en combattant les causes d'infections et en améliorant le suivi des grossesses. Il reste aussi, étant donné l'association persistante entre l'anémie modérée à sévère et le retard statural que les efforts plus larges sont nécessaires à long terme pour optimiser la santé des enfants car si l'anémie modérée à sévère peut être une cause de retard de croissance, elle peut aussi être la conséquence d'un syndrome de privation plus vaste.

RÉFÉRENCES

- Abrahams P. Geophagy (soil consumption) and iron supplementation in Uganda. *Trop Med Int Health*. 1997 Jul;2(7):617-23.
- Adewuyi J and Chitsike I. Hematologic features of HIV in black children in Harare. *Centr Afr J Med*. 1994;40:333-336.
- Ahmad P, Khan A, Hasan B, Sinha S. Morbidity pattern in relation to birth interval and birth order in children. *Indian J Pediatr*. 1982 Sep;49(400):689-93.
- Alderman H. Nutritional status in Ghana and its determinants. Working paper no3, policy analysis, World Bank, Washington DC, 1990.
- Allen L. Pregnancy and iron deficiency: Unresolved issues. *Nutr Rev* 1997;55; 91-101.
- Antelman G, Msamanga G, Spiegelman D, Urassa E, Narh R, Hunter D, Fawzi W. Nutritional factors and infectious disease contribute to anemia among pregnant women with human immunodeficiency virus in Tanzania. *J Nutr* 2000;130: 1950-1957.
- Asobayire FS, Adou P, Davidsson L, Cook JD, Hurrell RF. Prevalence of iron deficiency with and without concurrent anemia in population groups with high prevalences of malaria and other infections: a study in Cote d'Ivoire. *Am J Clin Nutr*. 2001 Dec;74(6):776-82.
- Austin C, Tu J, Alter D. Comparing hierarchical modeling with traditional logistic regression analysis among patients hospitalized with acute myocardial infarction: Should we be analyzing cardiovascular outcomes data differently? *Am. Heart Journal* 2003 Jan;145 (1).
- Ayoya M, Garza C. Anemia in pregnancy in urban Mali: Prevalence and Etiology. *FASEB Journal*, vol 17, number 5, 2003 March; A1100:690.2.

- Backman DR, Haddad EH, Lee JW, Johnston PK, Hodgkin GE. Psychosocial predictors of healthful dietary behavior in adolescents. *J Nutr Educ Behav* 2002 Jul-Aug;34(4):184-92.
- Baggs RB and Miller SA. Nutritional iron deficiency as a determinant of host resistance in the rats. *J Nutr* 1973;103:1554-60.
- Beard JL, Connor J, Jones B. Iron in the brain. *Nutr. Rev.* 1993 51: 157–170
- Beard JL, Gomez LH, Haas JD. Functional anemia of complicated protein-energy malnutrition at high altitude. *Am J Clin Nutr.* 1986 Aug;44(2):181-7.
- Beasley NM, Tomkins AM, Hall A, Kihamia CM, Lorri W, Nduma B, Issae W, Nokes C, Bundy DA. The impact of population level deworming on the haemoglobin levels of schoolchildren in Tanga, Tanzania. *Trop Med Int Health.* 1999 Nov;4(11):744-50.
- Bendeck A, Chauliac M, Gerbouin-Rerolle P, Malvy D. Complémentarité des alimentations à et hors domicile à Bamako (Mali) : aspects nutritionnels et économiques. Quelle rationalité dans les choix des consommateurs ? *Rev Epidemiol Sante Publique.* 1999 Apr;47(2):151-64.
- Bendeck A, Chauliac M, Gerbouin-Rerolle P, Malvy D. Variability of home dietary habits of families living in Bamako (Mali) according to their socioeconomic status. *Sante.* 1996 Sep-Oct;6(5):285-97.
- Bentley ME, Griffiths PL. The burden of anemia among women in India. *Eur J Clin Nutr.* 2003 Jan;57(1):52-60.
- Blackely TA, Woodward AJ. Ecological Effects in multi-level studies. *J Epidemiol Community Health.* 2000 May;54(5):367-74.
- Boerma JT, Bicego GT. Preceding birth intervals and child survival: searching for pathways of influence. *Stud Fam Plann.* 1992 Jul-Aug;23(4):243-56.
- Bothwell TH, Charlton RW. Current problems of iron overload. *Recent Results Cancer Res.* 1979;69:87-95.

- Bothwell TH. Iron requirements in pregnancy and strategies to meet them. *Am J Clin Nutr* 2000;72(suppl):257S–64S.
- Brabin BJ, Premji Z, Verhoeff F. An analysis of anemia and child mortality. *J Nutr*. 2001 Feb;131(2S-2):636S-645S; discussion 646S-648S.
- Brault-Dubuc M, Nadeau M, Dickie J. Iron status of French-Canadian children: a three year follow-up study. *Hum Nutr Appl Nutr*. 1983 Jun;37 A(3):210-21.
- Breman JG. Malaria control stymied in 2010, mastered in 2025. *Bull World Health Organ*. 2000;78(12):1450-2.
- Browne W, Draper D, Goldstein H and Rasbash J. Bayesian and likelihood methods for fitting multilevel models with complex level-1 variation. *Computational Statistics and Data Analysis* 2002; 39: 203-225.
- Brune M, Rossander-Hulten L, Hallberg L, Glerup A, Sandberg AS. Iron absorption from bread in humans: inhibiting effects of cereal fiber, phytate and inositol phosphates with different numbers of phosphate groups. *J Nutr* 1992 Mar;122(3):442-9.
- Bwibo NO. Common causes of death in children at Mulago Hospital, Kampala, Uganda. *Clin Pediatr (Phila)*. 1970 Nov;9(11):691-4.
- Calvo EB, Galindo AC, Aspres NB. Iron status in exclusively breast-fed infants *Pediatrics*. 1992 Sep;90(3):375-9
- Cantwell R. The long term neurological sequelae of anemia in infancy. *Pediatr Res* 1974;342:68.
- Carol J, Crowley MF. *Nutrition: Principles and application in health promotion*. 2nd Edition Library Congress 1984:42-57.
- Carre N, Eono P, Kouakou K, Duponchel JL, Marquis M, Zahui KH.. Iron supplementation associated with malaria prevention among pregnant women in Abidjan. *Rev Epidemiol Sante Publique*. 2003 Feb;51.
- Castaldo A, Tarallo L, Palomba E. Iron deficiency and malabsorption in HIV disease. *J Pediatr Gastroenter Nutr*. 1996; 22(4):359-363.

- Chaix B, Chauvin P. L'apport des modèles multiniveaux dans l'analyse contextuelle en épidémiologie sociale: une revue de la littérature. *Rev épidémiol Sante Publique* 2002 juin;50 : 489-499
- Cheng-Chi I, Agoestina T, Harbin J. Maternal mortality at twelve teaching hospitals in Indonesia—an epidemiologic analysis. *Int. J. Gynaecol. Obstet.* 1981;19:259-266
- Chippaux JP, Massougboji A, Olliaro P, Gay F, Caligaris S, Danis M. Sensitivity in vitro of *Plasmodium falciparum* to chloroquine and mefloquine in two regions of Benin. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 1989 Sep-Oct;83(5):584-5.
- Commey JO, Dekyem P. Childhood deaths from anaemia in Accra, Ghana. 1: West Afr J Med. 1995 Apr-Jun;14(2):101-4.
- Courgeau D, Baccaïni B. Analyse multiniveau en sciences sociales. *Population*, 1997; (4) 831-64.
- Crawley Jane. Reducing the burden of anemia in infants and young children in malaria-endemic countries in Africa: From evidence to action. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2004;71(Suppl 2) 25–34.
- D'Alessandro U, Langerock P, Bennett S, Francis N, Cham K, Greenwood BM. The impact of a national impregnated bed net programme on the outcome of pregnancy in primigravidae in The Gambia. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 1996 Sep;90(5):487-92.
- Dallman PR, Barr GD, Allen CM, Shinefield HR. Hemoglobin concentration in white, black, and Oriental children: is there a need for separate criteria in screening for anemia? *Am J Clin Nutr.* 1978 Mar;31(3):377-80.
- Dallman PR. Biochemical basis for the manifestations of iron deficiency. *Annu Rev Nutr.* 1986;6:13-40.
- Dallman PR. Manifestations of iron deficiency. *Semin Hematol.* 1982 Jan;19(1):19-30.
- Daramola AO, Banjo AA, Elesha SO. Maternal deaths in the Lagos University Teaching Hospital: a ten-year review (1989 - 1998). *Niger Postgrad Med J.* 2004 Dec;11(4):274-8.

- Davies KJ, Donovan CM, Refino CJ, Brooks GA, Packer L, Dallman PR. Distinguishing effects of anemia and muscle iron deficiency on exercise bioenergetics in the rat. *Am J Physiol.* 1984 Jun;246(6 Pt 1):E535-43.
- Davies KJ, Maguire JJ, Brooks GA, Dallman PR, Packer L. Muscle mitochondrial bioenergetics, oxygen supply, and work capacity during dietary iron deficiency and repletion. *Am J Physiol.* 1982 Jun;242(6):E418-27.
- Dawson H, John L, Domingo J, Iron metabolism: A comprehensive review. *Nutr Rev* 1996;(54) 295-317.
- De Almeida CA, Ricco R, Del Ciampo L, Souza A, Pinho A^V, Dutra deOliveira J. Factors associated with iron deficiency anemia in Brazilian preschool children. *J. Pediatr. (Rio de J.)* 2004; vol.80 no.3.
- De Maeyer EM, Dallman P, Gurney JM, Hallberg L, Sood SK, Srikantia SG. Preventing and controlling iron deficiency anaemia through primary health care. A guide for health administrators and programme managers. Geneva: WHO 1989.
- De Pee S, Bloem M, Sari M, Kiess L, Yip R. The high prevalence of low hemoglobin concentration among indonesia infants aged 3-5 months is related to maternal anemia. *J. Nutr* 2002; 132:2215-21.
- DeLeeuw NK, Lowenstein L, Hsieh YS. Iron deficiency and hydremia in normal pregnancy. *Medicine (Baltimore).* 1966 Jul;45(4):291-315.
- Demeayer EM. Prévenir et combattre l'anémie ferriprive. OMS 1991. Geneva.
- Demographic and Health Surveys Recode Manual (DHS III). Version 1.1. 2003.
- Desai MR, Terlouw DJ, Kwena AM, Phillips-Howard PA, Kariuki SK, Wannemuehler KA, Odhacha A, Hawley WA, Shi YP, Nahlen BL, Ter Kuile FO. Factors associated with hemoglobin concentrations in pre-school children in Western Kenya: cross-sectional studies. *Am J Trop Med Hyg.* 2005 Jan;72(1):47-59.
- Dhur A, Galan P, Hercberg S. Iron status, immune capacity and resistance to infections. *Comp Biochem Physiol A.* 1989;94(1):11-9.

- Dicko A, Mantel C, Thera MA, Doumbia S, Diallo M, Diakite M, Sagara I, Doumbo OK. Risk factors for malaria infection and anemia for pregnant women in the Sahel area of Bandiagara, Mali. *Acta Trop*. 2003 Dec;89(1):17-23.
- Diez-Roux AV, Nieto FJ, Muntaner C, Tyroler HA, Comstock GW, Shahar E, et al. Neighborhood environments and coronary heart disease : a multilevel analysis. *Am J Epidemiol* 1997;146: 48-63.
- Diez-Roux AV. Bringing context back into epidemiology: variables and fallacies in multilevel analysis. *Am J Public Health*. 1998 Feb;88(2):216-22.
- Diez-Roux AV. Investigating neighborhood and area effects on health. *Am J Public Health* 2001;91:1973-9.
- Diez-Roux AV. Multilevel analysis in public health research. *Annu Rev Public Health*. 2000;21:171-92.
- Disler PB, Lynch SR, Charlton RW, Torrance JD, Bothwell TH, Walker RB, Mayet F. The effect of tea on iron absorption. *Gut*. 1975 Mar;16(3):193-200.
- Djimde A, Doumbo OK, Steketee RW, Plowe CV . Application of a molecular marker for surveillance of chloroquine-resistant falciparum malaria. *Lancet*. 2001 Sep 15;358(9285):890-1.
- Dommergues JP, Archambeaud MP, Ducot B, Gerval Y, Hiard C, Rossignol C, Tchernia G. Iron deficiency and psychomotor development tests. Longitudinal study between 10 months and 4 years of age. *Arch Fr Pediatr*. 1989; 46(7):487-90.
- Dossa RA, Ategbo EA, de Koning FL, van Raaij JM, Hautvast JG. Impact of iron supplementation and deworming on growth performance in preschool Beninese children. *Eur J Clin Nutr*. 2001 Apr;55(4):223-8.
- Dreyfuss ML, Msamanga GI, Spiegelman D, Hunter DJ, Urassa EJ, Hertzmark E, Fawzi W. Determinants of low birth weight among HIV-infected pregnant women in Tanzania. *Am J Clin Nutr* 2001;74: 814–826.
- Duncan B, Schiffman RB, Corrigan JJ Jr, Schaefer C. Iron and the exclusively breast-fed infant from birth to six months. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 1985 Jun;4(3):421-5

- Duncan C, Johns K, Moon G. Context, composition and heterogeneity: using multilevel models in health research. *Soc Sci Med*. 1998 Jan;46(1):97-117. Review.
- Dwivedi SN, Banerjee N, Yadav OP. Malnutrition among children in an urban Indian slum and its associations. *Indian J Matern Child Health*. 1992 Jul-Sep;3(3):79-81.
- El-Nawawy S, Barakat T, Elwalily A, Abdel-Moneim D, Hussein M. Evaluation of erythropoiesis in protein energy malnutrition. *East Med Health J* 2002;Vol 8 Nos 2/3
- Emond AM, Hawkins N, Pennock C, Golding J. Haemoglobin and ferritin concentrations in infants at 8 months of age. *Arch Dis Child*. 1996 Jan;74(1):36-9.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2000. FAOSTAT database. FAO, Rome, Italy. <http://faostat.fao.org>.
- FAO. Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique. 1970 FAO, Rome.
- FAO/WHO Requirement of vitamin A, iron, folate and vitamin B12. FAO: Food Nutr Ser 1988:23.
- Farthing MJ. Iron and immunity. *Acta Paediatr Scand Suppl*. 1989;361:44-52.
- Faruk Ahmed. Anaemia in Bangladesh: a review of the prevalence and aetiology. *Pub Health Nutrition* 2000 March;3(4). 385 – 395.
- Findley S, Sogoba N, Balk D. Tracking the sensitivity of early childhood diseases to climate variability in Niono District, Mali. Paper presented at: Population Association of America, 2002; Atlanta, Georgia.
- Fleming AF, Ghatoura GB, Harrison KA, Briggs ND, Dunn DT. The prevention of anaemia in pregnancy in primigravidae in the guinea savanna of Nigeria. *Ann Trop Med Parasitol*. 1986 Apr;80(2):211-33.
- Fleming AF. Haematological manifestations of malaria and other parasitic diseases. *Clin Haematol*. 1981 Oct;10(3):983-1011.
- Fleming AF. The aetiology of severe anaemia in pregnancy in Ndola, Zambia. *Ann Trop Med Parasitol*. 1989 Feb;83(1):37-49.
- Food and Nutrition Board Report. Nutrition During Pregnancy: Part I: Weight Gain, Part II: Nutrient Supplements. National academy press, Washington DC. 1990.

- Fotso JC, Kuate-Defo B. Socioeconomic inequalities in early childhood malnutrition and morbidity: modification of the household-level effects by the community SES. *Health Place*. 2005 Sep;11(3):205-25.
- Fraser-Hurt N, Felger I, Edoh D, Steiger S, Mashaka M, Masanja H, Smith T, Mbena F, Beck HP. Effect of insecticide-treated bed nets on haemoglobin values, prevalence and multiplicity of infection with *Plasmodium falciparum* in a randomized controlled trial in Tanzania. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 1999 Feb;93 Suppl 1:47-51.
- Friis H, Mwaniki D, Omondi B, Muniu E, Thiong'o F, Ouma J, Magnussen P, Geissler PW, Michaelsen KF. Effects on haemoglobin of multi-micronutrient supplementation and multi-helminth chemotherapy: a randomized, controlled trial in Kenyan school children. *Eur J Clin Nutr*. 2003 Apr;57(4):573-9.
- Friis H and Michaelsen KF. Micronutrients and HIV infection: A review. *Eur J Clin Nutr*. 1998 ; 52:157-163
- Garenne M et Vimard P. Un cadre pour l'analyse des facteurs de la mortalité des enfants. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér.Sci.Hum.*, vol XX, no2, 1984 :305-310.
- Garn SM, Ridella SA, Petzold AS, Falkner F. Maternal hematologic levels and pregnancy outcomes. *Semin Perinatol*. 1981 Apr;5(2):155-62.
- Geissler PW, Mwaniki DL, Thiong'o F, Friis H. Geophagy among school children in western Kenya. *Trop Med Int Health*. 1997 Jul;2(7):624-30.
- Gera T, Sachdev HP. Effect of iron supplementation on incidence of infectious illness in children: systematic review. *BMJ*. 2002 Nov 16;325(7373):1142.
- Ghattas H, Fulford T, Prentice A. Effect of moderate anaemia on later mortality in rural African children. *Lancet*. 2003 Jun 14;361(9374):2048-50.
- Gillepsie SR, Mason J. Controlling iron deficiency; ACC/SCN. 1991.
- Gleason GR. Iron deficiency anemia finally reaches the global stage of public health. *Nutr Clin Care*. 2002;(5):217-9.
- Glerup A, Rossander-Hulthen L, Gramatkovski E, Hallberg L. Iron absorption from the whole diet: comparison of the effect of two different distributions of daily calcium intake. *Am J Clin Nutr*. 1995 Jan;61(1):97-104.

- Goldstein H, Browne W, and Rasbash J. Multilevel modelling of medical data. *Statistics in Medicine*. 2002; 2:3291-3315.
- Goldstein H, Browne W, Rasbash J. Multilevel modelling of medical data. *Stat Med*. 2002 Nov 15;21(21):3291-315.
- Green R, Charlton R, Seftel H, Bothwell T, Mayet F, Adams B, Finch C, Layrisse M. Body iron excretion in man: a collaborative study. *Am J Med*. 1968 Sep;45(3):336-53.
- Guyatt HL, Brooker S, Kihamia CM, Hall A, Bundy DA. Evaluation of efficacy of school-based anthelmintic treatments against anaemia in children in the United Republic of Tanzania. *Bull World Health Organ*. 2001;79(8):695-703.
- Gwatkin D, Rutstein S, Johnson K, Pande R, Wagstaff A. Socio-economic differences in health, nutrition and population. Mali.. HNP/Poverty thematic group of the world bank; may 2000.
- Gwatkin D, Rutstein S, Johnson K, Pande R, Wagstaff A. Socio-economic differences in health, nutrition and population. Benin. HNP/Poverty thematic group of the world bank; may 2000.
- Haas JD, Brownlie T . Iron deficiency and reduced work capacity: a critical review of the research to determine a causal relationship. *J Nutr*. 2001 Feb;131(2S-2):676S-688S.
- Haddy TB, Castro O. Overt iron deficiency in sickle cell disease. *Arch Intern Med*. 1982 Sep;142(9):1621-4.
- Hadler MC, Juliano Y, Sigulem DM. Anemia in infancy: etiology and prevalence. *J Pediatr*. 2002;78(4):321-6.
- Hahn PF, Carothers EL, Darby WJ, Martin M, Sheppard CW, Cannon RO, Beam AS, Densen PM, Peterson JC, McClellan GS. Iron metabolism in human pregnancy as studied with radioactive isotope, Fe59. *Am J Obstet Gynecol*. 1951 Mar;61(3):477-86.
- Hallberg L, Bjorn-Rasmussen E, Howard L, Rossander L. Dietary heme iron absorption. A discussion of possible mechanisms for the absorption-promoting effect

- of meat and for the regulation of iron absorption. *Scand J Gastroenterol.* 1979;14(7):769-79.
- Hallberg L, Born-Rasmussen E. Determination of iron absorption from whole diet. A new two-pool model using two radioiron isotopes given as haem and non-haem iron. *Scand J Haematol* 1972;9:193-7.
 - Hallberg L, Hogdahl AM, Nilsson L, Rybo G. Menstrual blood loss and iron deficiency. *Acta Med Scand.* 1966 Nov;180(5):639-50.
 - Hallberg L, Hulthen L, Gramatkovski E. Iron absorption from the whole diet in men: how effective is the regulation of iron absorption? *Am J Clin Nutr.* 1997 Aug;66(2):347-56.
 - Hallberg L, Hulthen L, Garby L. Iron stores in man in relation to diet and iron requirements. *Eur J Clin Nutr* 1998;52(9):623-31.
 - Hallberg L, Hulthen L. Prediction of dietary iron absorption: an algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron. *Am J Clin Nutr.* 2000 May;71(5):1147-60.
 - Hallberg L, 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, Rossander L. Effect of different drink on absorption of non heme iron from composite meals. *Hum Nutr App Nutr* 1982;36A:116-23.
 - Hallberg L, 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 Apr;39(4):577-83.
 - Hallberg L, Rossander-Hulthen L, Brune M, Glerup A. Calcium and iron absorption: mechanism of action and nutritional importance. *Eur J Clin Nutr.* 1992 May;46(5):317-27.
 - Hallberg L, Rossander-Hulthen L. Iron requirements in menstruating women. *Am J Clin Nutr.* 1991 Dec;54(6):1047-58.
 - Hallberg L, Solvell L, Brise H. Search for substances promoting the absorption of iron. Studies on absorption and side-effects. *Acta Med Scand* 1966;459:11-21.

- Hallberg L. Advantages and disadvantages of an iron-rich diet. *Eur J Clin Nutr* 2002 Mar;56 Suppl 1:S12-8.
- Hallberg L. Iron absorption methods in man. Possibilities and limitations. *Sangre (Barc)*. 1964;38:157-62.
- Hallberg L. Iron and vitamins. *Bibl Nutr Dieta* 1995;(52):20-9.
- Hallberg L. Perspectives on nutritional iron deficiency. *Annu Rev Nutr* 2001;21:1-21.
- Hardy R, Wadsworth M, Kuh D. The influence of childhood weight and socioeconomic status on change in adult body mass index in a British national birth cohort. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2000 Jun;24(6):725-34.
- Harvey PW, Dexter PB, 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.
- Hassan K, Sullivan KM, Yip R, Woodruff BA. Factors associated with anemia in refugee children. *J Nutr*. 1997 Nov;127(11):2194-8.
- Hercberg S, Duggan S. Evaluation of iron status in tropical populations: choice of epidemiological indicators. *Ann Trop Paediatr*. 1988 Sep;8(3):196-7.
- Hercberg S, Galan P. Nutritional anaemias. *Baillieres Clin Haematol*. 1992 Jan;5(1):143-68.
- Hienrich HC. Iron deficiency without anemia. *Lancet*. 1968 Aug 24;2(7565):460.
- Hinton PS, Giordano C, Brownlie T, Haas JD. Iron supplementation improves endurance after training in iron-depleted, nonanemic women. *J Appl Physiol*. 2000 Mar;88(3):1103-11.
- Hodges RE, Robert B, Rucker, Garner H. Vitamin A deficiency and abnormal metabolism of iron. *Ann N Y Acad Sci* 1980;335:58-61.
- Horton, S., Birth Order and Child Nutritional Status: Evidence from the Philippines. *Economic Development and Cultural Change*. 1988. 36: 341-35
- Hox JJ. Applied Multilevel analysis. Amsterdam: 1995 TT-Publikaties.
- Hunt JR, Zito CA, Erjavec J, Johnson LK. Severe or marginal iron deficiency affects spontaneous physical activity in rats. *Am J Clin Nutr*. 1994 59(2):413-8.
- Hurrell RF, Juillerat M, Reddy M, Lynch M, Dasenko S, Cook J. Soy protein, phytate, and iron absorption in humans. *Am J Clin Nutr* 1992; 56(3):573-8.

- Hurtado EK, Claussen AH, Scott KG. Early childhood anemia and mild or moderate mental retardation. *Am J Clin Nutr.* 1999;69(1):115-9.
- Hutchinson SE, Powell CA, Walker SP, Chang SM, Grantham-McGregor SM. Nutrition, anaemia, geohelminth infection and school achievement in rural Jamaican primary school children. *Eur J Clin Nutr.* 1997 Nov;51(11):729-35
- INACG Symposium. Why iron is important and what to do about it. A new perspective. INACG Atlanta, 2002.
- Islam MZ, Lamberg Allardt C, Bhuyan MA, Salamatulla Q. Iron status of premenopausal women in two regions of Bangladesh: Prevalence of deficiency in high and low socio-economic group. *Eur J Clin Nutr* 2001; 55: 598-604.
- Johnson-Spear and Yip R. Hemoglobin difference between black and white women with comparable iron status: justification for race-specific anemia criteria. *Am J Clin Nutr.* 1994 Jul;60(1):117-21.
- Kaufer M, Casaneuva E. Relation of pregnancy serum ferritin levels to hemoglobin levels throughout pregnancy. *Eur J Clin Nutr.* 1990;44(10):709-15.
- Klebanoff MA, Shiono PH, Selby JV, Trachtenberg AI, Graubard BI. Anemia and spontaneous preterm birth. *Am J Obstet Gynecol.* 1991 Jan;164(1 Pt 1):59-63.
- Klipstein-Grobusch K, Koster JF, Grobbee DE, Lindemans J, Boeing H, Hofman A, Witteman JC. Serum ferritin and risk of myocardial infarction in the elderly: the Rotterdam Study., *Am J Clin Nutr.* 1999 Jun;69(6):1231-6.
- Kochanowski BA, Sherman AR. Decreased antibody formation in iron-deficient rat pups--effect of iron repletion. *Am J Clin Nutr.* 1985 Feb;41(2):278-84.
- Korenromp EL, Armstrong-Schellenberg JR, Williams BG, Nahlen BL, Snow RW. Impact of malaria control on childhood anaemia in Africa; a quantitative review. *Trop Med Int Health.* 2004 Oct;9(10):1050-65.
- Kreft I & De Leeuw J. *Introducing multilevel modeling.* 1998; SAGE publications.
- Kuate-Defo B, Diallo K. Geography of child mortality clustering within African families. *Health Place.* 2002 Jun;8(2):93-117.

- Kuate-Defo B, Modelling Hierarchically Clustered Longitudinal Survival Processes with Applications to Childhood Mortality and Maternal Health. *Canadian Studies Population* 2000;28 (2).
- Kuate-Defo B, Nutrition and child health in Cameroon . Price-Patterson Ltd. Montréal, 2001.
- Kurl S, Tuomainen TP, Laukkanen JA, Nyysönen K, Lakka T, Sivenius J, Salonen JT. Plasma vitamin C modifies the association between hypertension and risk of stroke. *Stroke*. 2002 Jun;33(6):1568-73.
- Kuvibidila S, Mark JA, Warriar RP, Yu L, Ode D, Tshetu KA. Soluble transferrin receptor as an index of iron status in Zairian children with malaria. *J Trop Med Hyg*. 1995 Dec;98(6):373-8.
- Kuvibidila SR, Porretta C, Baliga BD. Iron deficiency alters the progression the progression of mitogen-treated murine splenic lymphocytes through the cell cycle. *J Nutr* 2001; 131:2028-2033.
- Layrisse M, Cook JD, Martinez Torres C, Roche M, Kuhn IM, Walker RB, Food iron absorption: A comparison of vegetable and animal foods. *Blood* 1969;33:430-33
- Le Bras J, Hatin I, Bouree P, Coco-Cianci O, Garin JP, Rey M, Charmot G, Roue R. Chloroquine-resistant falciparum malaria in Benin. *Lancet*. 1986 Nov 1;2(8514):1043-4.
- Leenstra T, Phillips-Howard PA, Kariuki SK, Hawley WA, Alaii JA, Rosen DH, Oloo AJ, Nahlen BL, Kager PA, ter Kuile FO. Permethrin-treated bed nets in the prevention of malaria and anemia in adolescent schoolgirls in western Kenya. *Am J Trop Med Hyg*. 2003 Apr;68(4 Suppl):86-93.
- Li R, Chen XC, Yan HC, Deurenberg P, Garby L, Hautvast JG. Prevalence and type of anaemia in female cotton mill workers in Beijing, China. *Br J Nutr*. 1993 Nov;70(3):787-96.
- Liberman E, Ryan KJ, Monson RR, Schoenbaum SC. Risk factors accounting for racial differences in the rate of premature birth. *N Engl J Med* 1987;317:743-8.
- Llewellyn-Jones D. Severe anaemia in pregnancy (as seen in Kuala-Lumpur, Malaysia). *Aust N Z J. Obstet Gynaecol* 1965;5:191-7.

- Lonnerdal B, Cederblad A, Davidsson L, Sandstrom B. The effect of individual components of soy formula and cows' milk formula on zinc bioavailability. *Am J Clin Nutr.* 1984 Nov;40(5):1064-70.
- Lopez R. Urban sprawl and risk for being overweight or obese. *Am J Public Health.* 2004 Sep;94(9):1574-9.
- Lozoff B. Perinatal iron deficiency and the developing brain. *Pediatr Res.* 2000 Aug;48(2):137-9.
- Lozoff, B, Jimenez E, Hagen J, Mollen E, Wolf AW. Poorer Behavioral and Developmental Outcome More Than 10 Years After Treatment for Iron Deficiency in Infancy. *Pediatrics* 2000; 105 (4) E51.
- Lukaski HC, Hall CB, Siders WA. Altered metabolic response of iron-deficient women during graded, maximal exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1991;63(2):140-5.
- Macro International. Anemia Testing in Population-Based Surveys, 2000. <http://www.measuredhs.com>
- Macro International. An Analysis of Sampling Designs and Sampling Errors of the Demographic and Health Surveys, 1997. <http://www.measuredhs.com/pubs>
- Macro International. Sampling Manual, 1996. <http://www.measuredhs.com>
- Majumder AK, May M, Pant PD. Infant and child mortality determinants in Bangladesh: are they changing? *J Biosoc Sci.* 1997 Oct;29(4):385-99.
- Male C, Persson LA, Freeman V, Guerra A, van't Hof MA, Haschke F; Euro-Growth Iron Study Group. Prevalence of iron deficiency in 12-mo-old infants from 11 European areas and influence of dietary factors on iron status (Euro-Growth study). *Acta Paediatr.* 2001 May;90(5):492-8.
- Malhotra M, Sharma JB, Batra S, Sharma S, Murthy NS, Arora R. Maternal and perinatal outcome in varying degrees of anemia. *Int J Gynaecol Obstet.* 2002 Nov;79(2):93-100.
- Marchant T, Schellenberg JA, Edgar T, Nathan R, Abdulla S, Mukasa O, Mponda H, Lengeler C. Socially marketed insecticide-treated nets improve malaria and anaemia in pregnancy in southern Tanzania. *Trop Med Int Health.* 2002 Feb;7(2):149-58.

- Marx JJ. Iron deficiency in developed countries: prevalence, influence of lifestyle factors and hazards of prevention. *Eur J Clin Nutr.* 1997 Aug; 51(8): 491-4.
- Meda N, Dao Y, Toure B, Yameogo B, Cousens S, Graham W. Assessing severe maternal anemia and its consequences: the value of a simple examination of the coloration of palpebral conjunctiva. *Sante.* 1999 Jan-Feb;9(1):12-7.
- Meda N, Mandelbrot L, Cartoux M, Dao B, Ouangre A, Dabis F. Anaemia during pregnancy in Burkina Faso, west Africa, 1995-96: prevalence and associated factors. *Bull World Health Organ.* 1999;77(11):916-22.
- Meis PJ, Michielutte R, Peters TJ, Wells HB, Sands RE, Coles EC, Johns KA. Factors associated with preterm birth in Cardiff, Wales. II. Indicated and spontaneous preterm birth. *Am J Obstet Gynecol.* 1995 Aug;173(2):597-602.
- Mocroft A, Kirk O, Barton SE. Anemia is an independent predictive marker for clinical prognosis in HIV-infected patients from across Europe. EuroSIDA Study Group. *AIDS,* 1999;13(8):943-950.
- Moerbeek M, van Breukelen GJ, Berger MP. A comparison between traditional methods and multilevel regression for the analysis of multicenter intervention studies. *J Clin Epidemiol.* 2003 Apr;56(4):341-50.
- Monsen ER, Hallberg L, Larysse M. Estimation of available dietary iron. *Am J Clin Nutr* 1978;31:134-41.
- Monteiro CA, Conde WL, Lu B, Popkin BM. Obesity and inequities in health in the developing world. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2004 Sep;28(9):1181-6.
- Montgomery M, Burke K, Parades E. Measuring living standards with DHS data. Mimeo, Research Division, The population council, New York.
- Morck TA, Lynch SR, Cook JD. Inhibition of food iron absorption by coffee. *Am J Clin Nutr.* 1983 Mar;37(3):416-20.
- Morris SS, Ruel MT, Cohen RJ, Dewey KG, de la Briere B, Hassan MN. Precision, accuracy, and reliability of hemoglobin assessment with use of capillary blood. *Am J Clin Nutr.* 1999 Jun;69(6):1243-8.

- Mosley W, Chen L. An Analytical Framework for the Study of Child Survival in Developing Countries, in W.H. Mosley and Lincoln C. Chen (eds) *Child Survival Strategies for Research*, A supplement to *Population and Development Review*, 1984;10:24-45.
- Murila FV, Macharia WM, Wafula EM. Iron deficiency anaemia in children of a peri-urban health facility. *East Afr Med J*. 1999 Sep;76(9):520-3.
- Murphy JF, O'Riordan J, Newcombe RG, Coles EC, Pearson JF. Relation of haemoglobin levels in first and second trimesters to outcome of pregnancy. *Lancet*. 1986 May 3;1(8488):992-5.
- Murphy SP, Beaton GH, Calloway DH. Estimate mineral intakes of toddlers : Predicted prevalence of inadequacy in village populations in Egypt, Kenya and Mexico. *Am J Clin Nutr* 1992;56:565-72.
- Murray CJ, Lopez AD Global and regional cause-of-death patterns in 1990.. *Bull World Health Organ*. 1994;72(3):447-80.
- Nalder BN, Mahoney AW, Ramakrishnan R, Hendricks DG. Sensitivity of the immunological response to the nutritional status of rats. *J Nutr* 1971;102:535-42.
- NASIOM. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, Arsenic, Iron. IOM/NAS (2000).
- Nash T. Schistosome Infections in Humans: Perspectives and Recent Findings. *Anns. of Internal Medicine* 1982 97: 740745.
- National Research Council. *Nutrient Adequacy : Assessment using population data*. Washington DC: National Academy Press, 1986.
- Ngnié-Téta I, Receveur O, Berti P. Review of the efficacy of Insecticide Treated Nets in reducing or preventing anemia among women and children. Support paper for Appropriate Strategies for Anemia Control (ASAC) Program. CIDA 2004.
- Ngnié-Téta I. Influence des apports alimentaires inadéquats en vitamine A et en fer sur les infections respiratoires aiguës chez les enfants de 18 à 30 mois en Égypte, au Kenya et au Mexique. Mémoire de Maîtrise, Université de Montréal. 2003.

- Nkrumah FK, Neequaye JE, Ankra-Badu G. Bone marrow in sickle cell anaemia at time of anaemic crisis. *Arch Dis Child*. 1984 Jun;59(6):561-5.
- O'Campo P, Xue X, Wang M, Caughy M. Neighborhood risk factors for birthweight in Baltimore: a multilevel analysis. *Am J. Public Health*, 1997;87:1113-8.
- O'Campo P, Rao RP, Gielen AC, Royalty W, Wilson M. Injury-producing events among children in low-income communities: the role of community characteristics. *J Urban Health*. 2000 Mar;77(1):34-49.
- Omar MM, Hogberg U, Bergstrom B. Maternal health and child survival in relation to socioeconomic factors. *Gynecol Obstet Invest*. 1994;38(2):107-12.
- Oppenheimer SJ, MacFarlane SB, Moody JB, Harrison C, Spencer A, Bunari O. Iron supplementation increases prevalence and effects of malaria: report on clinical studies in Papua New Guinea. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1986;80(4):603-12.
- Oppenheimer SJ. Iron and its relation to immunity and infectious disease. *J Nutr*. 2001 Feb;131(2S-2):616S-633S; discussion 633S-635S.
- Organisation Mondiale de la Santé. Malaria profile by country. 2003. <http://www.afro.who.int/malaria/country-profile/benin.pdf>
- Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Aperçu nutritionnel par pays – Bénin juillet 2003.
- Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Aperçu nutritionnel par pays – Mali, juillet 2003.
- Osorio MM, Lira PI, Ashworth A. Factors associated with Hb concentration in children aged 6-59 months in the State of Pernambuco, Brazil. *Br J Nutr*. 2004 Feb;91(2):307-15.
- Osorio MM, Lira PI, Batista-Filho M, Ashworth A. Prevalence of anemia in children 6-59 months old in the state of Pernambuco, Brazil. *Rev Panam Salud Pública*. 2001;10(2):101-7.
- Osorio MM. Determinant factors of anemia in children. *J Pediatr (rio J)* 2002;78(4):269-78.

- Pan W, Habbicht JP. The non-iron-deficiency-related difference in hemoglobin concentration distribution between blacks and whites and between men and women. *Am J Epidemiol.* 1991 Dec 15;134(12):1410-6.
- Perry G, Byers T, Yip R, Margen S. Iron nutrition does not account for the hemoglobin differences between blacks and whites. *J Nutr.* 1992 Jul;122(7):1417-24.
- Pollit E. Iron deficiency and educational deficiency. *Nutr Rev.* 1997 Apr;55(4):133-41.
- Pollit E. Poverty and child development: relevance of research in developing countries to the United States. *Child Dev.* 1994 Apr;65(2 Spec No):283-95.
- Pollitt E, Hathirat P, Kotchabhakdi NJ, Missell L, Valyasevi A. Iron deficiency and educational achievement in Thailand. *Am J Clin Nutr.* 1989 Sep;50(3 Suppl):687-96; discussion 696-7.
- Popkin BM. The nutrition transition: an overview of world patterns of change. *Nutr Rev.* 2004 Jul;62(7 Pt 2):S140-3.
- Ramakrishnan U, Kuklina E, Stein AD. Iron stores and cardiovascular disease risk factors in women of reproductive age in the United States. *Am J Clin Nutr.* 2002 Dec;76(6):1256-60.
- Rasbash J, Steele F, Browne W, Prosser B. A user's guide to MLwiN version 2.0. 2004; London Institute of Education.
- Raudenbush S, Bryk A. *Hierarchical Linear Models: Applications and Data Analysis Methods.* 2002 Sage Publications.
- Robert SA, Reither EN. A multilevel analysis of race, community disadvantage, and body mass index among adults in the US. *Soc Sci Med.* 2004 Dec;59(12):2421-34.
- Ross J, Thomas E. Iron Deficiency Anemia and Maternal Mortality. Profiles 3, Working Notes Series No. 3. 1996 Washington, D.C.: Academy for Educational Development.
- Rush D. Nutrition and maternal mortality in the developing world. *Am J Clin Nutr* 2000;72(suppl):212S-40S.

- Sargent JD, Stukel TA, Dalton MA, Freeman JL, Brown MJ. Iron deficiency in Massachusetts communities: Socioeconomic and demographic risk factors among children. *Am J Public Health*. 1996 Apr;86(4):544-50.
- Sarin A. Severe anemia of pregnancy, recent experience, *International Journal of Gynecology and Obstetrics*, 1995; 50 (Supple.2): s45-s49.
- Sarnak MJ, Tighiouart H, Manjunath G, MacLeod B, Griffith J, Salem D, Levey AS. Anemia as a risk factor for cardiovascular disease in The Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. *J Am Coll Cardiol*. 2002 Jul 3;40(1):27-33.
- Schellenberg D, Schellenberg JR, Mushi A, Savigny D, Mgalula L, Mbuya C, Victora CG. The silent burden of anaemia in Tanzanian children: a community-based study. *Bull World Health Organ*. 2003;81(8):581-90. Epub 2003 Oct 14.
- Scrimshaw NS, SanGiovanni JP. Interactions of nutrition and infection: WHO, Geneva 1968.
- Scrimshaw NS, SanGiovanni JP. Synergism of nutrition, infection, and immunity: an overview. *Am J Clin Nutr*. 1997 Aug;66(2):464S-477S.
- Scrimshaw NS, Taylor CE, Gordon JE. Functional consequences of iron deficiency in human populations. *Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 1984 Feb;30(1):47-63.
- Scrimshaw NS. An overview of nutrition and development. *Southeast Asian J Trop Med Public Health*. 1997;28 Suppl 2:48-9.
- Sempos CT, Looker AC, Gillum RF, Makuc DM. Body iron stores and the risk of coronary heart disease. *N Engl J Med*. 1994 Apr 21;330(16):1119-24.
- Siegenberg D, Baynes RD, Bothwell TH, MacFarlane BJ, Lamparelli RD, Car NG, McFail P, Schmidt U, Tal A, Mayet F. Ascorbic acid prevents the dose-dependent inhibitory effects of polyphenols and phytates on nonheme-iron absorption. *Am J Clin Nutr*. 1991 53(2):537-41.
- Silva L, Giugliani E, Aerts R. Prevalencia e determinantes de Anemia en crianças de Porto Alegre, RS, Brasil. *Revista de Saude Publica* 2001;35 (1): 66-73.
- Snijders T, Bosker RJ. *Multilevel Analysis: an Introduction to Basic and Advanced Multilevel Modeling* London etc.: Sage Publishers, 1999.

- Soh P, Ferguson EL, McKenzie JE, Homs MY, Gibson RS. Iron deficiency and risk factors for lower iron stores in 6-24-month-old New Zealanders. *Eur J Clin Nutr.* 2004 Jan;58(1):71-9.
- Sommerfelt AE. Comparative analysis of the determinants of children's nutritional status. *Demographic and Health Surveys World Conference*, vol 2, 981-98. 1991 Washington DC, 722-43.
- Steer P, Alam MA, Wadsworth J, Welch A.; Relation between maternal haemoglobin concentration and birth weight in different ethnic groups. *BMJ.* 1995 Feb 25;310(6978):489-91.
- Steer PJ. Maternal hemoglobin concentration and birth weight. *Am J Clin Nutr.* 2000 May;71(5 Suppl):1285S-7S.
- Stoltzfus RJ, Albonico M, Chwaya HM, Savioli L, Tielsch J, Yip R. Hemoquant determination of hookworm-related blood loss and its role in iron deficiency in African children. *Am J Trop Med Hyg.* 1996 Oct;55(4):399-404.
- Stoltzfus RJ, Dreyfuss ML, Chwaya HM, Albonico M, 1997. Hookworm control as a strategy to prevent iron deficiency. *Nutr Rev* 55: 223-232.
- Stoltzfus RJ, Dreyfuss ML. International Nutritional Anemia Consultative Group/WHO/UNICEF. Guidelines for the use of iron supplements to prevent and treat iron deficiency anemia. Washington, DC: ILSI Press, 1998.
- Stoltzfus RJ. Iron-deficiency anemia: reexamining the nature and magnitude of the public health problem. Summary: implications for research and programs. *J Nutr.* 2001 Feb;131(2S-2):697S-700S; discussion 700S-701S.
- Subramania SV, Kawachi I, Kennedy BP. Does the state you live in make a difference? Multilevel analysis of self-rated health in U.S. *Soc Sci Med* 2001; 53: 9-19.
- Sullivan PS, Hanson DL, Chu SY, Jones JL, Ward JW. Epidemiology of anemia in human immunodeficiency virus (HIV)-infected persons: results from the multistate

adult and adolescent spectrum of HIV disease surveillance project. *Blood*. 1998 Jan 1;91(1):301-8.

- Svanberg B. Iron absorption in early pregnancy - a study of the absorption of non-haeme iron and ferrous iron in early pregnancy. *Acta Obstet Gynecol Scand Suppl*. 1975;(48):69-85.
- Silverman C, Clarke W, Dyer, Karen L, Stem E, Nichols H, Sokoll J. Investigation of Animal Bloods as Alternative Sources for Point-of-Care Testing Validation and Proficiency Materials. *Point of Care: The Journal of Near-Patient Testing & Technology*. 2003 Dec;2(4):243-248.
- Taylor DJ, Lind T. Red cell mass during and after normal pregnancy. *Br J Obstet Gynaecol*. 1979 May;86(5):364-70.
- ter Kuile FO, Terlouw DJ, Kariuki SK, Phillips-Howard PA, Mirel LB, Hawley WA, Friedman JF, Shi YP, Kolczak MS, Lal AA, Vulule JM, Nahlen BL. Impact of permethrin-treated bed nets on malaria, anemia, and growth in infants in an area of intense perennial malaria transmission in western Kenya. *Am J Trop Med Hyg*. 2003 Apr;68(4 Suppl):68-77.
- Tomkins AM, Garlick PJ, Schofield WN, Waterlow JC The combined effects of infection and malnutrition on protein metabolism in children. *Clin Sci (Lond)*. 1983 Sep;65(3):313-24.
- Tomkins, AM Protein-energy malnutrition and risk of infection. *Proc Nutr Soc*. 1986 Sep;45(3):289-304.
- Torlesse H, Hodges M. Albendazole therapy and reduced decline in haemoglobin concentration during pregnancy (Sierra Leone). *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 2001 Mar-Apr;95(2):195-201.
- Torres MA, Sato K, Queiroz Sde S. Anemia in children under 2 years in basic health care units in the State of Sao Paulo, Brazil *Rev Saude Publica*. 1994 Aug;28(4):290-4.
- Turrell G, Blakely T, Patterson C, Oldenburg B. A multilevel analysis of socioeconomic (small area) differences in household food purchasing behaviour. *J Epidemiol Community Health*. 2004 Mar;58(3):208-15.
- UNAIDS 2002 Report on the global AIDS epidemic. www.unaids.org

- UNAIDS 2004 Report on the global AIDS epidemic. www.unaids.org
- UNDP. Human Development Report 2004 Cultural Liberty in Today's Diverse World. New York, Oxford University Press, 2004.
- UNICEF Strategy for improved nutrition of children and women in developing countries. Unicef USA, 1990.
- UNICEF. The progress of nations 2000, United Nations Children's Fund, New York, 2000.
- Untoro J, Gross R, Schultink W, Sediaoetama D. The association between BMI and haemoglobin and work productivity among Indonesian female factory workers. *Eur J Clin Nutr.* 1998 Feb;52(2):131-5.
- Van den Broeck J, Eeckels R, Devlieger H. Child morbidity patterns in two tropical seasons and associated mortality rates. *Int J Epidemiol.* 1993 Dec;22(6):1104-10.
- van den Broek NR, Letsky EA. Etiology of anemia in pregnancy in south Malawi. *Am J Clin Nutr* 2000;72 (Suppl 1): 247S–256S.
- van den Broek, White N, Neilson J. The relationship between asymptomatic human immunodeficiency virus infection and the prevalence and severity of anemia in pregnant Malawian women. *Am J Trop Med Hyg.* 1998 Dec;59(6):1004-7.
- van Eijk AM, Ayisi JG, ter Kuile FO, Misore AO, Otieno JA, Kolczak MS, Kager PA, Steketee RW, Nahlen BL. Malaria and human immunodeficiency virus infection as risk factors for anemia in infants in Kisumu, western Kenya. *Am J Trop Med Hyg* 2002;67: 44–53.
- Varat MA, Adolph RJ, Fowler NO. Cardiovascular effects of anemia. *Am Heart J.* 1972 Mar;83(3):415-26.
- Verhoeff FH, Brabin BJ, Chimsuku L, Kazembe P, Broadhead RL. An analysis of the determinants of anaemia in pregnant women in rural Malawia basis for action. *Ann Trop Med Parasitol* 1999; 93: 119–133.
- Viteri FE, Torun B. Anaemia and physical work capacity. *Clin Haematol* 1974;3:609-626.

- Von Korff M, Koepsell T, Curry S, Diehr P. Multi-level analysis in epidemiologic research on health behaviors and outcomes. *Am J Epidemiol.* 1992 May 15;135(10):1077-82.
- Wallace HM. Status of infant and perinatal morbidity and mortality: a review of the literature. *Public Health Rep.* 1978 Jul-Aug;93(4):386-93.
- Walter T, Olivares M, Pizzaro F, Munoz C. Iron, anemia, and infection. *Nutr Rev.* 1997 ;55(4):111-24.
- Warriar RP. The anemia of malnutrition. In: Suskind RM, Suskind LL, eds. *The malnourished child.* New York, Lippincott-Raven, 1990, 19:61–72 (Nestlé Nutrition Workshop Series).
- Waters HR, Dougherty L, Tegang SP, Tran N, Wiysonge CS, Long K, Wolfe ND, Burke DS. Coverage and costs of childhood immunizations in Cameroon. *Bull World Health Organ.* 2004 Sep;82(9):668-75.
- WHO/UNICEF, 2004. Focusing on anemia. Towards an integrated approach for effective anemia control. Joint statement by WHO and UNICEF. Geneva, 2004.
- WHO/UNICEF/UNU. Indicators for assessing iron deficiency and strategies for its prevention (draft based on a WHO/UNICEF/UNU Consultation, 6-10 December 1993). Geneva, 1996.
- WHO/UNICEF/UNU. Iron deficiency anemia : assessment, Prevention, and control. Geneva, 2001.
http://www.who.int/nut/documents/ida_assessment_prevention_control.pdf.
- Witte JS, Greenland S, Haile RW, Bird CL. Hierarchical regression analysis applied to a study of multiple dietary exposures and breast cancer. *Epidemiology.* 1994 Nov;5(6):612-21.
- Woodson RD, Wills RE, Lenfant C. Effect of acute and established anemia on O₂ transport at rest, submaximal and maximal work. *J Appl Physiol.* 1978 Jan;44(1):36-43.
- World Bank 2004. Poverty and Income. The Poverty Group.
<http://devdata.worldbank.org/hnpstats/pvd.asp>.

- World Health Organisation global database on child growth and malnutrition. Geneva, 2002.
- World Health Organisation. Nutritional anemias. Report of WHO Scientific Group. Geneva, WHO, 1968 (WHO Technical Report Series, No.405).
- World Health Organisation. Iron Deficiency Anaemia – Assessment, Prevention and Control. A guide for programme managers. Geneva, 2001.
- World Health Organisation. Removing obstacles for healthy development. Report in infectious diseases. Geneva, 1999.
- World Health Organisation. Report of the WHO Informal Consultation on the Use of Chemotherapy for the Control of Morbidity Due to Soil-Transmitted Nematodes in Humans. Geneva, 1996.
- World Health Organization. World Health Report 2003. Shaping the future. Geneva, 2003.
- Yip R, Ramakrishnan U. Experiences and challenges in developing countries. *J Nutr.* 2002 Apr;132(4 Suppl):827S-30S.
- Yip R. Significance of an abnormally low or high hemoglobin concentration during pregnancy: special consideration of iron nutrition. *Am J Clin Nutr.* 2000 Jul;72(1 Suppl):272S-279S. Review.
- Yip R. The challenge of improving iron nutrition: limitations and potentials of major intervention approaches. *Eur J Clin Nutr.* 1997 Nov;51 Suppl 4:S16-24. Review.
- Zeidman A, Fradin Z, Blecher A, Oster HS, Avrahami Y, Mittelman M. Anemia as a risk factor for ischemic heart disease. *Isr Med Assoc J.* 2004 Jan;6(1):16-8.
- Zhu YI, Haas JD. Altered metabolic response of iron-depleted nonanemic women during a 15-km time trial. *J Appl Physiol.* 1998 May;84(5):1768-75.
- Zucker JR, Lackritz EM, Ruebush TK 2nd, Hightower AW, Adungosi JE, Were JB, Metchock B, Patrick E, Campbell CC. Childhood mortality during and after hospitalization in western Kenya: effect of malaria treatment regimens. *Am J Trop Med Hyg.* 1996 Dec;55(6):655-60.

ANNEXES

Étapes de la modélisation multiniveaux de l'anémie modérée à sévère chez les femmes et les enfants au Bénin et au Mali

Tableau A1 : Modélisation multiniveau des facteurs de risque d'anémie modérée à sévère chez les enfants au Bénin

Variables	N	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6
<u>Variables de contrôle</u>							
Age de l'enfant (en mois)							
6 – 11	67	2,77	3,87	2,94	2,74	2,97	4,05
12 – 35	212	2,21	2,32	2,49	2,34	2,67	2,81
36 – 59	285	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sexe de l'enfant							
Masculin	279	1,25	1,17	1,23	1,26	1,25	1,13
Féminin	285	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Rang de naissance							
1	130	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2 – 3	199	1,29	1,21	1,17	1,14	0,99	0,99
4 – 5	120	1,99	1,63	1,58	1,68	1,29	1,17
6 ou plus	115	2,72	2,22	2,12	2,53	1,98	2,05
Age de la mère (en années)							
15-29	306	1,79	1,59	1,58	1,74	1,59	1,41
30-49	258	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<u>Variables reliées à la santé</u>							
Taille pour age							
Normal	402		1,00				1,00
Z<-2	162		1,71				1,81
Diarrhées aucours des deux dernières semaines							
Non	507		1,00				1,00
Oui	57		2,18				2,34
Vaccination							
non / partiellement vacciné	136		1,53				1,49
Complètement vacciné	428		1,00				1,00
Usage du moustiquaire							
Non	261		1,77				1,75
Oui	303		1,00				1,00
Source d'eau de boisson							
Eau de robinet et de puits protégés	374		1,00				1,00
Eau des puits non protégés, de pluies et de surface	190		1,35				1,24

Variables socioéconomiques						
Scolarisation de la mère						
Non scolarisée	381		1,45		1,69	1,77
Scolarisée	183		1,00		1,00	1,00
Scolarisation du père						
Non scolarisé	275		1,04		1,04	0,82
Scolarisé	289		1,00		1,00	1,00
Taille du ménage						
< 5 personnes	153		1,00		1,00	1,00
5 à 7 personnes	205		1,59		1,78	1,72
> 7 personnes	206		1,42		1,50	1,20
Index d'aisance matérielle						
Faible	105		1,51		1,28	1,29
Moyen	227		1,49		1,33	1,26
Élevé	232		1,00		1,00	1,00
Variables communautaires						
Milieu de résidence						
Urbain	202			1,00	1,00	1,00
Rural	362			1,07	1,01	1,01
Indice de développement communautaire						
Nul	293			1,90	1,76	1,33
Faible	82			2,84	2,71	2,71
Moyen	106			1,26	1,39	1,13
Élevé	83			1,00	1,00	1,00
VPC % -		13,70	14,10	9,96	8,64	9,12
VPC modèle vide = 13.60%						7,82

Les ratios de cotes (RC) significatifs au seuil de 5% sont représentés en caractère gras

M1= Modèle de base ou modèle avec variables de contrôle incluant âge, sexe, rang de naissance, âge de la mère

M2 = Modèle santé = M1 + taille pour âge + diarrhées + usage de moustiquaire + vaccination + source d'eau de boisson

M3 = Modèle socioéconomique = M1 + scolarisation du père + scolarisation de la mère + taille du ménage + statut socioéconomique

M4 = Modèle communautaire = M1 + ruralité + développement communautaire

M5 = Modèle socio-communautaire = M1 + M3 + M4

M6 = modèle complet = M1 + M2 + M3 + M4 + M5

Tableau A2 : Modélisation multiniveau des facteurs de risque d'anémie modérée à sévère chez les femmes au Bénin

Variables	n	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6
Variables de contrôle							
Age de la femme							
15-24	363	1,05	1,04	1,06	1,06	1,17	1,11
25-34	603	1,04	1,01	1,08	1,09	1,13	1,08
35-49	579	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
État de grossesse							
Pas enceinte	1385	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Enceinte	160	3,29	3,15	3,19	3,43	3,25	3,17
Variables liées à la santé							
Usage de moustiquaire							
Non	908		1,10				1,01
Oui	637		1,00				1,00
Sources d'eau							
Protégées	630		1,00				1,00
Non protégées	915		1,20				1,29
Variables socioéconomiques							
Éducation de la femme							
Non scolarisée	1160			0,78		0,67	0,65
Scolarisée	385			1,00		1,00	1,00
Éducation du mari							
Non scolarisé	846			1,18		1,28	1,24
Scolarisé	699			1,00		1,00	1,00
Milieu de socialisation dans l'enfance							
Ville	780			1,00		1,00	1,00
Campagne	765			0,92		0,88	0,87
Taille du ménage							
Moins de 5 personnes	451			1,00		1,00	1,00
De 5 à 7 personnes	525			1,03		1,05	1,06
Plus de 7 personnes	569			0,97		1,04	1,04

Index d'aisance matérielle							
Faible	601		1,22		1,61	1,53	
Moyen	551		1,11		1,54	1,33	
Élevé	393		1,00		1,00	1,00	
Variables communautaires							
Milieu de résidence							
Urbain	514			1,00	1,00	1,00	
Rural	1031			0,73	0,73	0,74	
Développement communautaire							
Nul	873			0,84	0,62	0,62	
Faible	223			1,43	1,08	1,10	
Moyen	272			0,86	0,69	0,63	
Élevé	177			1,00	1,00	1,00	
VPC (%)		5,64	5,97	4,8	5,92	5,02	4,72

Les ratios de cotes (RC) significatifs au seuil de 5% sont représentés en caractère gras

M1= Modèle de base ou modèle avec variables de contrôle incluant âge, sexe, rang de naissance, âge de la mère

M2 = Modèle santé = M1 + taille pour âge + diarrhées + usage de moustiquaire + vaccination + source d'eau de boisson

M3 = Modèle socioéconomique = M1 + scolarisation du père + scolarisation de la mère + taille du ménage + statut socioéconomique

M4 = Modèle communautaire = M1 + ruralité + développement communautaire

M5 = Modèle socio-communautaire = M1 + M3 + M4

M6 = modèle complet = M1 + M2 + M3 + M4 + M5

Tableau A3 : Modélisation multiniveau des facteurs de risque d'anémie modérée à sévère chez les enfants au Mali.

Variables	n	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6
Variabiles de contrôle							
Age de l'enfant (en mois)							
6 – 11	106	1,51	1,79	1,56	1,90	1,64	1,87
12 – 35	244	2,59	2,62	2,79	2,80	2,93	2,86
36 – 59	424	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sexe de l'enfant							
Masculin	382	0,96	0,97	0,99	0,96	0,99	0,96
Féminin	392	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Rang de naissance							
1	118	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2 – 3	247	0,96	1,02	0,98	0,94	0,89	0,91
4 – 5	165	1,61	1,62	1,48	1,60	1,41	1,36
6 ou plus	244	1,32	1,38	1,22	1,29	1,13	1,12
Age de la mère (en années)							
15-29	408	1,23	1,17	1,25	1,25	1,26	1,25
30-49	366	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Variabiles reliées à la santé							
Taille pour age							
Normal	250		1,00				1,00
Z<-2	524		1,94				1,67
Diarrhées au cours des deux dernières semaines							
Non	653		1,00				1,00
Oui	121		1,50				1,53
Vaccination							
non / partiellement vacciné	469		0,91				1,23
Complètement vacciné	305		1,00				1,00
Usage du moustiquaire							
Non	345		0,98				0,96
Oui	429		1,00				1,00
Sources d'eau de boisson							
Protégées	325		1,00				1,00
Non protégées	449		1,07				0,81
Variabiles socioéconomiques							
Éducation de la mère							
non scolarisée	638			1,16		1,04	1,09
Scolarisée	136			1,00		1,00	1,00

Éducation du père						
Non scolarisé	586	1,31	1,19	1,18		
Scolarisé	188	1,00	1,00	1,00		
Taille du ménage						
< 5 personnes	175	1,00	1,00	1,00		
5 à 7 personnes	294	1,38	1,63	1,46		
> 7 personnes	305	1,31	1,44	1,45		
Statut socio-économique						
Faible	236	1,88	1,56	1,49		
Moyen	231	2,25	1,83	1,85		
Élevé	307	1,00	1,00	1,00		
Variables communautaires						
Milieu de résidence						
Urbain	576		1,00	1,00	1,00	
Rural	586		2,60	2,03	1,79	
VPC % - VPC modèle vide = 13.6%						
Model 0 (modèle vide) – VPC = 18.5%.						
		18,6	15,2	14,1	14,5	15,1 15,4

Les ratios de cotes (RC) significatifs au seuil de 5% sont représentés en caractère gras

M1= Modèle de base ou modèle avec variables de contrôle incluant âge, sexe, rang de naissance, âge de la mère

M2 = Modèle santé = M1 + taille pour âge + diarrhées + usage de moustiquaire + vaccination + source d'eau de boisson

M3 = Modèle socioéconomique = M1 + scolarisation du père + scolarisation de la mère + taille du ménage + statut socioéconomique

M4 = Modèle communautaire = M1 + ruralité + développement communautaire

M5 = Modèle socio-communautaire = M1 + M3 + M4

M6 = modèle complet = M1 + M2 + M3 + M4 + M5

Tableau A4 : Modélisation multiniveau des facteurs de risque d'anémie modérée à sévère chez les femmes au Mali.

Variables	n	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6
Variabes de contrôle							
Age de la femme							
15-24	592	1,04	1,04	1,22	1,04	1,21	1,27
25-34	718	0,99	1,01	1,01	1,01	1,01	1,02
35-49	724	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
État de grossesse							
Pas enceinte	1823	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Enceinte	211	4,46	4,43	4,27	4,33	4,25	4,55
Variabes liées à la santé							
Usage de moustiquaire							
Non	909		1,01				0,95
Oui	1125		1,00				1,00
Source d'eau							
Protégées	896		1,00				1,00
Non protégées	1138		1,15				1,01
Variabes socioéconomiques							
Scolarisation de la femme							
non scolarisée	1689			1,01		0,99	0,91
scolarisée	345			1,00		1,00	1,00
Scolarisation du mari							
Non scolarisé	1604			1,33		1,33	1,32
Scolarisé	430			1,00		1,00	1,00
Milieu de socialisation dans l'enfance							
Ville	479			1,00		1,00	1,00
Campagne	1555			1,63		1,53	1,54
Taille du ménage							
Moins de 5 personnes	579			1,00		1,00	1,00
De 5 à 7 personnes	714			0,99		1,01	0,99
Plus de 7 personnes	741			1,04		1,05	1,02

Index d'aisance matérielle						
Faible	745			1,35	1,29	1,34
Moyen	692			1,50	1,44	1,50
Élevé	597			1,00	1,00	1,00
Variable communautaire						
Milieu de résidence						
Urbain	446			1,00	1,00	1,00
Rural	1588			1,69	1,24	1,19
VPC (%)		13,24	13,08	12,29	11,32	12,19
VPC modèle vide = 12,1%						

Les ratios de cotes (RC) significatifs au seuil de 5% sont représentés en caractère gras

M1= Modèle de base ou modèle avec variables de contrôle incluant âge, sexe, rang de naissance, âge de la mère

M2 = Modèle santé = M1 + taille pour âge + diarrhées + usage de moustiquaire + vaccination + source d'eau de boisson

M3 = Modèle socioéconomique = M1 + scolarisation du père + scolarisation de la mère + taille du ménage + statut socioéconomique

M4 = Modèle communautaire = M1 + ruralité + développement communautaire

M5 = Modèle socio-communautaire = M1 + M3 + M4

M6 = modèle complet = M1 + M2 + M3 + M4 + M5