

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES



THESE

Présentée par

Mme Aminata NDIAYE COLY

Pour obtenir le grade de

Docteur de Troisième Cycle en Nutrition et Alimentation

Conséquences à long terme du retard de croissance staturale durant la petite enfance sur la taille ultérieure, la composition corporelle et la pression artérielle : un suivi de cohorte de 2874 jeunes ruraux sénégalais âgés de 18 à 23 ans

Soutenue le 15 juillet 2006 devant la commission d'examen :

Président : Pr Mouhamadou Guélaye SALL, Faculté de Médecine, UCAD.

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

Dr Kirsten SIMONDON, Epidémiologie et Prévention, IRD.

Pr Amadou Tidiane GUIRO, Faculté des Sciences et Techniques, UCAD.

Dr Nicole Idohou Dossou, Faculté des Sciences et Techniques, UCAD.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé sous la direction du **Professeur Salimatata Wade** (FST-UCAD) et la co-direction du **Docteur Kirsten Simondon** (IRD). Il a bénéficié du soutien financier de la Coopération Belge (Projet PIP), de l'Institut de Recherche pour le Développement (Département Soutien à la Formation, DSF) et de la fondation Nestlé.

Je remercie très sincèrement le **Professeur Salimata Wade** d'avoir bien voulu accepter de diriger ce travail malgré ses multiples charges. Vos suggestions pertinentes et votre attachement au travail bien fait m'ont conduit à cette étape. Pour cela je vous adresse mes profondes reconnaissances et mes plus sincères remerciements.

J'adresse mes plus sincères remerciements au **Docteur Kirsten Simondon**, chargée de recherche à l'IRD. J'ai beaucoup apprécié sa grande disponibilité à mon égard. Je lui exprime ma profonde reconnaissance pour son encadrement scientifique, ses conseils et son dévouement particulier pour le bon déroulement de ce travail de thèse.

Je remercie très sincèrement le **Professeur Mouhamadou Guélaye Sall** de la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie de Dakar, pour l'honneur qu'il me fait d'accepter la présidence du Jury.

Je remercie également le **Professeur Amadou Tidiane Guiro**, Directeur de l'Institut de Technologie Alimentaire (ITA) pour la qualité des enseignements reçus au cours de l'AEA et pour avoir accepté promptement de siéger dans le jury.

Je remercie sincèrement le **Docteur Nicole Dossou**, pour avoir accepté promptement de siéger dans le jury. Vos suggestions pertinentes sur le document de thèse m'ont été d'un grand apport.

Je remercie profondément le Docteur **François Simondon**, Directeur de l'Unité de Recherche Epidémiologie et Prévention, de m'avoir accueillie dans son UR et d'avoir mis à ma disposition toute la logistique nécessaire pour mener à bien ce travail. Mes sincères remerciements au **Docteur Denis Boulanger**, représentant de l'UR Epidémiologie et Prévention à Dakar, pour avoir suivi et encouragé ce travail. Je remercie le **Docteur Eric Bénéfice** pour sa disponibilité et ses remarques pertinentes sur le travail et pour son extrême gentillesse.

J'exprime ma profonde reconnaissance à l'équipe **IRD-ORANA** qui a conçu et mené l'étude « Risques de Décès Associés à Différents Etats Nutritionnels » sans laquelle la présente étude n'aurait été possible. A mon collègue et ami **Tofène Ndiaye**, pour m'avoir appris les enquêtes de terrain, pour sa disponibilité, sa bonne humeur et ses conseils. A **Amady Ndiaye**, pour son entière collaboration dans la collecte des données de terrain et pour sa gentillesse. A **Jacqueline Millet** pour sa disponibilité et pour m'avoir aidé dans ma formation en statistique et épidémiologie et dans la maîtrise du logiciel informatique SAS.

Je remercie sincèrement tous les collègues de l'UR 24 à Dakar et Montpellier particulièrement **Ceciles Cames, Abdoulaye Ngom, Franck, Cheikh Saya, Denis Garnier, Jules et Tonio**.

Reconnaissances aux collègues et amis de l'IRD, particulièrement à **Alassane Faye, Adama Marra, Aldiouma Diallo, Elisa Manga, Emilie, Antoine, Ousmane et Emile Ndiaye**.

A ma collègue et amie **Gnagna Ndiaye** et à toute sa famille pour la gentillesse qu'ils ont toujours manifesté à mon égard.

Reconnaissances à tous les collègues des promotions successives, particulièrement à **Issakha, Khaly, Aïssatou, Adama, Lamine, Ndeye Fatou et Aïta**. Une pensée Pieuse pour **Khoudia**.

Je remercie sincèrement mes amis de Montpellier en particulier **Fatima, Balthazar, Augustin, Valérie**, la Famille **Simondon** pour l'accueil chaleureux qu'ils m'ont réservé.

Je voudrais remercier mon homonyme et seconde mère **Aminata Gaye** de m'avoir inscrite à l'école. Mes oncles **Birahim Ndiaye** (In memoriam) et **Moussa Ndiaye** pour avoir été à nos côtés depuis toujours. Mes frères et sœurs pour leur soutien moral et leur encouragements, ma nièce **Mbathio Mbaye**, pour la joie qu'elle m'apporte.

Profonds remerciements à mes parents (es) et amis (es) qui m'ont aidée et soutenue particulièrement **Mame Cheikh Mbaye, Amadou Moundaye Coly, Boubabacar Barry, Antoine et Mado Sène, Ibrahima Wone, ma belle famille**

Je remercie tous les sujets qui ont participé à l'étude, toutes les personnes des populations de **Niakhar, Koumpentoum, Joal, Mbour, Fatick et Dakar** qui nous ont aidé dans la recherche des sujets.

Je dédie ce travail

A mon père El Hadj Mafatim Ndiaye

In mémoriam

A ma mère Ndeye Sokhena Gaye

Pour ton amour, ta patience et tes prières

A mon mari Aboubacar Coly et à mon fils Amadou Moundaye Coly

Pour tout ce que vous représentez pour moi

A toutes les personnes qui ont souffert de la malnutrition

Puissent ces quelques pages aider à une meilleure considération de ce fléau

PRESENTATION

Cette thèse constitue le prolongement de mon mémoire de DEA qui portait sur « les conséquences à long terme du retard de croissance durant l'enfance ». Elle entre dans le cadre d'un vaste programme intitulé « malnutrition de l'enfance, état nutritionnel et santé de l'adulte jeune » initié par l'UR 024 de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Elle a été réalisée au sein de l'unité de recherche « Epidémiologie et Prévention » de l'IRD à Dakar et Montpellier et au Laboratoire de Nutrition de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. La présente thèse est subdivisée en cinq grands chapitres :

- Le premier chapitre, intitulé introduction générale, est une revue de la littérature et des questionnements scientifiques qui ont abouti à la formulation des hypothèses de recherche et des objectifs du travail.

- Le second chapitre expose la méthodologie utilisée avec le type et le cadre d'étude, les sujets et méthodes de mesures et la démarche statistique adoptée.

- Le troisième chapitre présente les résultats obtenus sur l'échantillon d'étude concernant les conséquences de la malnutrition chronique sur la croissance ultérieure, la composition corporelle et la pression artérielle.

- Le quatrième chapitre est une discussion des résultats obtenus et des commentaires que les données permettent d'élaborer.

- Le dernier chapitre dénommé conclusion générale, résume les différentes conclusions que nous avons tirées des discussions et montre les implications de notre étude en terme de santé publique.

Les travaux de cette thèse ont été présentés dans des congrès internationaux et ont fait l'objet d'articles publiés dans des revues à comité de lecture :

COLY AN, MILET J, DIALLO A, NDIAYE T, NDIAYE T, BENEFICE E, SIMONDON F, WADE S, SIMONDON KB. Preschool stunting, Adolescent migration, Catch-up Growth and Adult Height in young Senegalese Men and Women of rural origin. J Nutr 2006;136:2412-20.

NDIAYE A, SIMONDON KB, MILET J, DIALLO A, BENEFICE E, SIMONDON F. Adolescent migration for labor, body composition and recovery from stunting in Senegal. Washington DC, USA. The Faseb J, 2004; 18: A 898.

NDIAYE A, SIMONDON KB, BENEFICE E, DIALLO A, SIMONDON F. Malnutrition dans l'enfance, état nutritionnel et santé de l'adulte jeune. Toulouse, France. Rèv. Epidemiol. Santé. Publ. 2002 ; 50 (suppl 4) S149-150.

SOMMAIRE

Chapitre I : INTRODUCTION

	Pages
I. Croissance et corollaires	1
I.1. Croissance et maturation	1
I.2. Croissance, génétique et environnement	1
II. Retard de croissance en taille ou malnutrition chronique	2
II.1. Prévalence	2
II.2. Causes et conséquences	2
II.2.1. Causes	2
II.2.2. Conséquences	3
III. Retard de croissance et récupération en taille	4
III.1. Réversibilité du retard de croissance en taille	4
III.2. Effets d'un changement d'environnement sur la croissance en taille	6
III.2.1. Accroissement du niveau de vie des populations	6
III.2.2. Différences ethniques et sociales	6
III.2.3. Adoption ou migration des pays pauvres vers les pays développés	6
III.2.4. Migration des jeunes ruraux vers les zones urbaines ou semi-urbaines : cas de Niakhar au Sénégal	7
IV. Retard de croissance et composition corporelle	8
V. Retard de croissance et hypertension artérielle	9
V.1. Prévalence de l'hypertension artérielle	9
V.2. Interactions retard de croissance – pression artérielle	10
VI. Problématique de recherche	11
VII. Hypothèses de recherche	11
VIII. Objectifs de l'étude	12

Chapitre II : SUJETS ET METHODES

	Pages
I. Type d'étude	13
II. Cadre d'étude : la zone de Niakhar	13
II.1. Données physiques et démographiques	13
II.2. Santé et vie sociale	14
II.3. Suivi démo-épidémiologique mené par l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) à Niakhar	14
II.4. La migration des jeunes de Niakhar	15
II.4.1. Conditions de vie en zone de migration	15
II.4.2. Autres types de migration exercés par les garçons	16
III. Etudes associées à notre étude	17
III.1. Etude de la petite enfance	17
III.2. Etude début adolescence	17
IV. Sujets de l'étude	18
IV.1. Etude fin adolescence	18
IV.2. Etude suivi de la croissance staturale terminale des garçons	18
V. Enquêtes	20
V.1. Suivi des sujets de l'étude	20
V.2. Procédures d'obtention du consentement éclairé	20
V.3. Questionnaire et recueil des données	21
V.4. Reproductibilité des mesures et standardisation	21
V.5. Difficultés rencontrées	22
VI. Mesures anthropométriques	23
VI.1. Le poids	23
VI.2. La taille	23
VI.3. Le périmètre brachial	23
VI.4. Les plis cutanés tricipital et sous scapulaire	24
VII. Indices anthropométriques	24
VII.1. Les indices poids selon l'âge P(A), poids selon la taille P(T) et taille selon l'âge T(A)	24
VII.2. L'indice de masse corporelle ou IMC	25
VII.3. Le périmètre musculaire du bras (PMB)	25

VII.4. Maigreur, surpoids, obésité : définition et valeurs seuils	25
VIII. Répartition des sujets de l'étude selon l'indice T(A) durant l'enfance	26
IX. Pression artérielle	27
IX.1. Mesure de la pression artérielle	27
IX.2. Définition de l'hypertension artérielle	27
X. Statistiques	27
X.1. Contrôle de qualité des données et stratégie d'analyse	27
X.2. Gestion des variables	30
X.2.1. Variables mesurées	30
X.2.2. Variables calculées	30
X.2.3. Variables en classes	30
X.3. Phénomène statistique de régression vers la moyenne	31
X.4. Tests statistiques et degré de signification	31
X.5. Logiciels utilisés	32

Chapitre III : RESULTATS

	Pages
I. Principales caractéristiques de l'échantillon d'étude	33
I.1. Evènements survenus au cours de l'étude 1983-84 à 2001-02	33
I.2. Reproductibilité des mesures	34
I.2.1. Reproductibilité intra-mesureur	34
I.2.2. Reproductibilité inter-mesureur	35
I.3. Caractéristiques anthropométriques de l'échantillon d'étude	37
I.3.1. Effectif et âge moyen selon le sexe	37
I.3.2. Prévalence de la malnutrition selon les indices P(A), P(T) et T(A)	37
I.3.3. Moyenne de l'indice T(A) selon le groupe de déficit statural	37
I.3.4. Répartition des différents groupes de déficit statural selon la classe d'âge	38
I.3.5. Déficit de taille des sujets de l'étude par rapport à la référence NCHS	38
I.3.6. Etat nutritionnel durant l'enfance selon le degré de déficit statural	40
I.3.7. Scolarisation et déficit statural	41
I.3.8. Migration et déficit statural	41
I.3.9. Relation entre scolarisation et migration	44
II. Taille moyenne, rattrapage du déficit statural et migration	45
II.1. Déficit statural durant l'enfance et taille moyenne à l'adolescence	45
II.2. Déficit statural et gain de taille de l'enfance à la fin de l'adolescence	47
II.3. Le phénomène statistique de régression vers la moyenne	49
II.4. Etude de la croissance staturale terminale des garçons	51
II.5. Effet de la migration sur le gain taille de l'enfance à la fin de l'adolescence	53
II.5.1. Relation entre gain de taille et durée de migration	53
II.5.2. Relation entre le gain de taille et l'âge à la première migration	55
III. Déficit statural durant l'enfance, composition corporelle à l'adolescence et migration	57
III.1. Déficit statural et poids corporel total	57

III.2. Déficit statural et périmètre brachial	57
III.3. Déficit statural et périmètre musculaire du bras	60
III.4. Déficit statural et indice de masse corporelle	60
III.5. Prévalence de maigreur, de surcharge pondérale et d'obésité : comparaison selon le sexe et selon le degré de déficit statural	63
III.5.1. Comparaison des taux de maigreur, de surpoids et d'obésité selon le sexe	63
III.5.2. Comparaison des taux de maigreur, de surcharge pondérale et d'obésité selon le degré de déficit statural durant l'enfance	64
III.6. Déficit statural et plis cutanés tricipital et sous-scapulaire	66
III.7. Comparaison de la composition corporelle entre migrants actuels et sujets restés au village	69
IV. Déficit statural durant l'enfance, pression artérielle à l'adolescence et migration	71
IV.1. Déficit statural et pression artérielle	71
IV.2. Prévalence d'hypertension artérielle selon le sexe et selon le degré de déficit statural	74
IV.3. Pression artérielle et migration	75
IV.3.1. Pression artérielle et durée totale de migration en ville (Dakar)	75
IV.3.2. Pression artérielle et âge à la première migration sur Dakar	78

	Pages
Chapitre IV : DISCUSSION	81
Chapitre V : CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	91
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	93
ANNEXES	
La zone de Niakhar : situation géographique et villages constitutifs	
Texte de consentement éclairé de l'étude « fin adolescence »	
Texte consentement éclairé de l'étude « croissance staturale terminale des garçons »	
Questionnaire de l'étude « fin adolescence »	
Questionnaire de l'étude « croissance staturale terminale des garçons »	
Copies de l'article et des communications écrites présentées dans des congrès internationaux	

Liste des tableaux

	Pages
Tableau 1. Maigreur, surpoids et obésité : seuils et valeurs correspondantes (OMS, 1995)	26
Tableau 2. Récapitulatif des événements de l'étude de 1983-84 à 2001-02	33
Tableau 3. Reproductibilité des mesures pour un même mesureur (N=887)	35
Tableau 4. Reproductibilité des mesures entre différents mesureurs	36
Tableau 5. Répartition (%) des groupes de déficit statural selon la classe d'âge durant l'enfance.	38
Tableau 6. Taille moyenne (cm) durant l'enfance selon le sexe et la classe d'âge et comparaison avec la référence <i>NCHS</i> (OMS, 1983)	39
Tableau 7. Etat nutritionnel durant l'enfance selon le degré de déficit statural (n=2874)	40
Tableau 8a. Migration selon le sexe et le degré de déficit statural	42
Tableau 8b. Migration toutes destinations confondues selon le sexe et le degré de déficit statural	42
Tableau 8c. Migration à Dakar selon le sexe et selon le degré de déficit statural	42
Tableau 9. Taille moyenne (cm) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural durant l'enfance (n=2874).	46
Tableau 10a. Gain de taille (cm) de la petite enfance (1-5 ans) à la fin de l'adolescence (18-23 ans) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural (n=2874)	48
Tableau 10b. Gain de taille (cm) de la petite enfance (1-5 ans) à la fin de l'adolescence (18-23 ans) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural chez les sujets ayant deux bilans anthropométriques durant la petite enfance (n=2326)	50
Tableau 11a. Taille moyenne (cm) à la fin de l'adolescence chez les garçons (n=264)	52
Tableau 11b. Gain de taille (cm) de la petite enfance à la fin de l'adolescence chez les garçons (n=264)	52
Tableau 12a. Résultats de la régression linéaire du gain de taille (cm) en fonction de la durée totale de migration toutes destinations confondues, ajustés	54

la petite enfance (n=1974)	
Tableau 12b. Résultats de la régression linéaire du gain de taille (cm) en fonction de la durée totale de migration à Dakar, ajustés sur l'âge actuel et la valeur de l'indice taille selon l'âge T(A) durant la petite enfance (n=1524).	54
Tableau 13a. Résultats de la régression linéaire du gain de taille (cm) en fonction de l'âge à la première migration quelque soit la destination, ajustés sur l'âge actuel et la valeur de l'indice taille selon l'âge T(A) durant l'enfance (n=1974)	56
Tableau 13b. Résultats de la régression linéaire du gain de taille (cm) en fonction de l'âge à la première migration sur Dakar, ajustés sur l'âge actuel et la valeur de l'indice taille selon l'âge T(A) durant l'enfance (n=1321)	56
Tableau 14. Poids moyen (kg) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural durant l'enfance (n=2721)	58
Tableau 15. Périmètre du bras moyen (cm) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural durant l'enfance (n=2721)	59
Tableau 16. Périmètre musculaire du bras moyen (cm) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural durant l'enfance	61
Tableau 17. Indice de masse corporelle (kg/m ²) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural durant l'enfance (n=2721).	62
Tableau 18. Prévalence (%) de maigreur de surpoids ou d'obésité selon le sexe et le seuil considéré (OMS, 1995).	63
Tableau 19. Pli cutané tricipital (mm) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural durant l'enfance (n=2721)	67
Tableau 20. Pli cutané sous-scapulaire (mm) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural durant l'enfance (n=2721)	68
Tableau 21. Effet de la migration sur de la composition corporelle : comparaison entre Niakhar et Dakar (n=1866).	70
Tableau 22 . Variations de la pression systolique (cmHg) selon le sexe, la classe d'âge et le déficit statural durant l'enfance (n=2721)	72
Tableau 23. Variation de la pression diastolique (cmHg) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural durant l'enfance.	73
Tableau 24. Résultats de la régression linéaire de la pression systolique (cmHg) en	76

fonction de la durée de migration à Dakar ajustés sur les facteurs confondants (n=1721).

Tableau 25. Résultats de la régression linéaire de la pression systolique (cmHg) en fonction de la durée de migration toutes destinations confondues, ajustés sur les facteurs confondants (n=2273).	77
Tableau 26. Résultats de la régression linéaire de la Pression systolique (cmHg) en fonction de l'âge à la première migration sur Dakar ajustés sur les variables confondantes (n=1493).	79
Tableau 27. Résultats de la régression linéaire de la pression systolique (cmHg) en fonction de l'âge à la première migration quelque soit la destination (n=2273).	80

Liste des figures

	Pages
Figure 1. Diagramme caractérisant le recrutement des sujets de l'étude	19
Figure 2. Contrôle de qualité des données et sélection des sujets selon la stratégie d'analyse	28
Figure 3. Prévalence de maigreur ($IMC < 18,7 \text{ kg/m}^2$) selon le groupe de déficit statural chez les garçons (n=830)	64
Figure 4. Prévalence de surpoids ($IMC > 26,1 \text{ kg/m}^2$) selon le groupe de déficit statural chez les filles (n=754)	65
Figure 5. Prévalence d'hypertension artérielle globale selon le sexe (n=2721)	74

INTRODUCTION

INTRODUCTION

I. Croissance et corollaires

La croissance staturale est un processus physiologique au cours duquel l'individu gagne en taille par une augmentation de la longueur du tronc et des membres. Elle débute dès la conception, pendant la vie intra-utérine, se poursuit au cours de l'enfance et se termine à la fin de l'adolescence. Ainsi, à l'âge adulte, l'individu a atteint sa taille maximale qu'il gardera pour le restant de sa vie (Evelett & Tanner, 1990).

Il existe des périodes de forte croissance telles que la petite enfance (0-5 ans) et l'adolescence (10-19 ans) avec principalement la poussée de croissance pubertaire. A titre d'exemple, à l'âge de 2 ans, l'enfant a déjà atteint la moitié de sa taille adulte, tandis que plus de 20% de la stature totale et jusqu'à 50% de la masse osseuse adulte sont acquises durant l'adolescence (Garn & Wagner, 1969).

Les études sur la croissance sont particulièrement importantes du point de vue du développement socio-économique et de la santé. A ce jour, la croissance constitue le meilleur indicateur mondial du bien-être de l'enfant.

I.1. Croissance et maturation

La croissance en taille se trouve très liée à la maturation qui correspond à l'évolution vers l'état adulte. En effet, croissance et maturation constituent deux processus continus, sans transition brutale entre l'enfance et l'adolescence et entre l'adolescence et l'âge adulte. Si la croissance et la maturation se déroulent parallèlement chez un même individu, elles peuvent paraître très différentes d'un individu à l'autre. Par exemple à la ménarche qui marque l'entrée dans la période reproductive, les filles sont plus grandes que les filles pré-pubères de même âge chronologique (OMS, 1995). Ainsi, il est important de tenir compte du stade de maturation dans l'étude de la croissance à l'adolescence.

I.2. Croissance, génétique et environnement

La croissance en taille de l'individu est fortement tributaire du potentiel génétique de croissance, mais aussi d'autres facteurs tels que l'environnement immédiat en particulier la nutrition et le niveau de santé (Tanner, 1962). Lorsque ces derniers constituent une limite, la croissance en taille peut être considérablement réduite. C'est pourquoi d'ailleurs, on considère le retard de croissance en taille comme le principal marqueur des effets d'une sous-alimentation prolongée et des infections (OMS, 1995).

II. Retard de croissance en taille ou malnutrition chronique

On parle de retard de croissance lorsque la taille d'un enfant comparée à la taille de référence NCHS (Hamill et al., 1979) d'un enfant de même âge et de même sexe fait apparaître un déficit. Le retard de croissance se manifeste par une baisse au niveau de la courbe de croissance et se caractérise par un indice taille selon l'âge T(A) inférieur à -2 z-scores (OMS, 1995).

Les cas de déficit d'hormone de croissance peuvent cependant limiter la croissance en taille, mais ces cas sont rares et ne sont pas envisagés dans le cadre de notre étude.

II.1. Prévalence

Le retard de croissance ou malnutrition chronique constitue un véritable problème de santé publique dans les pays en développement avec une prévalence de 33% en 2000 chez les enfants de 0 à 5 ans. En Afrique sub-saharienne, 24% des enfants de cette tranche d'âge souffrent de retard de croissance (ACC/SCN, 2000). De 1980 à 2000, la prévalence du retard de croissance en taille est passée de 47 à 33 % à l'échelle mondiale, soit une baisse significative importante de façon globale. Selon les prévisions de l'OMS cette tendance à la baisse se maintiendra avec une prévalence de 29% en 2005 (De Onis et al., 2001). Néanmoins cette prévalence restera élevée et les progrès sont très faibles en Amérique centrale et en Afrique de l'Ouest. Cependant, au Sénégal, en 1992, la prévalence du retard de croissance est estimée à 21,7% (EDS II, 1992). En 2005, cette prévalence n'est plus que de 16,4%. Elle est cependant deux fois plus élevée en zone rurale (21%) qu'en zone urbaine (9%) (EDS IV, 2005).

II.2. Causes et conséquences

II.2.1. Causes

Les causes de la malnutrition chronique de l'enfant sont complexes et multidimensionnelles. Elles intègrent en premier lieu un déficit alimentaire prolongé (insuffisance ou déséquilibre alimentaire), des conditions environnementales défavorables avec la survenue fréquente d'épisodes infectieux (Tomkins & Watson, 1989) mais aussi des facteurs fondamentaux tels que l'instabilité politique et la faiblesse du développement économique (De Onis et al., 2001).

La diminution de la vitesse de croissance qui aboutit au retard statural apparaît en général vers l'âge de 6 mois correspondant à l'âge d'introduction des aliments de complément chez l'enfant, ce qui a longtemps mis en cause certaines pratiques du sevrage dans

l'apparition du retard de croissance en taille. En effet le sevrage constitue une période où l'enfant est particulièrement vulnérable et en proie aux infections. Mais à ce jour peu d'études se sont réellement penchées sur la relation entre les pratiques du sevrage et le retard de croissance en taille. Une étude menée dans la zone de Niakhar a montré cependant que la prolongation de l'allaitement au sein apparaît comme une stratégie de protection des enfants retardés en taille (**Simondon et al., 2001**).

Si le suivi de la croissance montre que la chute au niveau de la courbe de croissance apparaît tôt vers l'âge de 6 mois, la « cicatrice » témoignant du retard statural ou « stunting » est généralement visible beaucoup plus tardivement vers l'âge de 2 ans. Cette situation explique la forte prévalence du retard de croissance observée chez les enfants de cette tranche d'âge. Mais dans l'interprétation de cette forte prévalence, il ne faut pas perdre de vue la disjonction observée à 24 mois dans la référence NCHS. Cette disjonction est liée à l'utilisation de deux populations différentes dans la constitution de la dite référence, Fels et NHANES (**OMS, 1995**). Le moment réel d'intervention du déficit de taille ou « timing » du retard de croissance est difficile à déterminer. En analysant les données de 39 enquêtes d'envergure nationale en Afrique, en Amérique latine et en Asie, Shrimpton a montré que la baisse de l'indice taille selon l'âge T(A) qui apprécie le retard de croissance, débute dès la naissance et se poursuit jusqu'à la troisième année de vie (**Shrimpton et al., 2001**).

Généralement on pense qu'avant 2 ans un enfant peut être affecté par un retard de croissance, il peut également s'en remettre avec les soins appropriés de la mère. Par contre après 2 ans, la plupart des études stipulent que le retard de croissance est irréversible ou du moins difficile à effacer (**Billewicz & Mc Gregor, 1982 ; Martorell et al., 1992**).

II.2.2. Conséquences

Les conséquences du déficit de taille au cours de l'enfance sont également multiples. En effet, il existe une association positive entre la gravité du déficit anthropométrique et le risque de décès de l'enfant, la malnutrition jouant un rôle important dans la mortalité de l'enfant, quelque soit son degré (**Pelletier et al., 1993 ; Schroeder & Brown, 1994 ; Pelletier et al., 1995 ; Garenne et al., 2000**).

Les effets néfastes du retard de taille sur le développement psychomoteur de l'enfant ont également été documentés. En effet, les performances intellectuelles (test du quotient intellectuel et succès scolaire) sont plus faibles chez les sujets ayant souffert de malnutrition chronique (**Lien et al., 1977 ; Martorell et al., 1992**).

Le retard de croissance durant l'enfance est également associé à une capacité de travail moindre dans la vie adulte, du fait de la réduction de la masse maigre (**Spurr et al., 1977 ; Satyanarayana et al., 1979a ; Satyanarayana et al., 1980**). Cela n'est pas sans conséquence sur la productivité économique d'autant plus que la majorité des pays en développement

affectés par le phénomène du retard de croissance sont des pays à vocation agricole nécessitant une main d'œuvre importante.

Parmi les effets à long terme de la malnutrition chronique, la petite taille à l'âge adulte semble être l'élément le plus important. Chez les femmes, une petite taille constitue un risque pour la santé de la reproduction avec comme conséquences des complications obstétricales ou petit poids de naissance des enfants et une vulnérabilité aux infections et maladies chroniques (ASC/SCN, 2000). Cela entretient un cercle vicieux de transfert d'handicaps de la mère à l'enfant ; on parle alors d'effets intergénérationnels de la malnutrition (Ramakrishnan et al., 1999). En effet le concept de « nutrition à travers le cycle de la vie » selon lequel, l'état nutritionnel et la santé de l'individu sont envisagés plus globalement, est de plus en plus accepté. On pense que la malnutrition chronique antérieure de la mère peut avoir des influences sur la santé de son enfant. Il apparaît donc que l'état nutritionnel de la mère est indissociable de celui de son enfant du moins dans la prime enfance. Cependant l'évaluation d'une telle relation a été peu étudiée dans le cas des populations de pays en développement, en raison de la lourdeur de suivis longitudinaux de populations, seuls capables d'apporter des éléments de références.

III. Retard de croissance et récupération en taille

III.1. Réversibilité du retard de croissance en taille

L'idée qu'un enfant retardé en taille donne un adulte petit a été longtemps admise. Une étude réalisée en Gambie a montré qu'à l'âge de 3 mois les enfants gambiens sont plus petits que les enfants britanniques d'environ 1 cm. A l'âge de 3 ans, cette différence de taille est de 7,3 cm chez les garçons et de 6,5 cm chez les filles. A l'âge adulte il subsiste une différence de 6,4 cm chez les garçons et de 4,3 cm chez les filles comparées respectivement aux garçons et filles britanniques à l'âge de 18 et 16 ans. Les auteurs en ont conclu que pour les enfants malnutris durant l'enfance, les déficits staturaux établis dans la prime enfance perdurent pour la vie (Billewicz & Mc Gregor, 1982). Le même constat est fait au Guatemala où le gain de taille de 5 ans à l'âge adulte n'est pas influencé par le degré de retard statural (Martorell et al., 1990). Ce gain est de 4 à 5 cm inférieur à celui présenté dans deux populations non hispaniques des USA (étude de croissance de Berkley et courbes de références du NCHS) mais égal à celui des populations saines du Guatemala, du Mexique et de populations mexicano- américaines. Au Sénégal par contre, une étude longitudinale a montré la persistance des déficits staturaux chez les garçons et un début de rattrapage chez les filles malnutries les plus âgées de la cohorte. En effet, la différence de taille entre les sujets retardés en taille et ceux n'ayant jamais souffert de retard de croissance, est de 12 cm à l'âge de 5 ans dans les deux sexes. Mais à l'adolescence, cette différence est de 13 cm chez les garçons, de

10 cm pour les filles âgées de 15 ans et de 6,2 cm pour celles âgées de 17 ans. Cependant ces jeunes n'étaient pas suivis jusqu'à l'âge adulte (Simondon et al., 1998).

Au Kenya, une étude transversale a comparé la taille de jeunes urbains bénéficiant d'un environnement favorable à celle de jeunes ruraux provenant d'un milieu défavorisé, la pauvreté étant utilisée comme indicateur de la malnutrition chronique (Kulin et al., 1982). Le résultat principal montre un rattrapage du retard de croissance avec des moyennes de taille comparables dans les deux groupes. En effet, la différence de taille de 7 et 11 cm observé respectivement chez filles et garçons, à l'âge 11-12 ans a disparu à la fin de la puberté.

En Inde, la prolongation des suivis longitudinaux de la croissance a permis de revoir les premières conclusions qui faisaient état d'une absence de récupération en taille (Satyanarayana et al., 1980). En effet, ces jeunes qui auparavant n'étaient pas suivis jusqu'à la fin de la puberté ont montré par la suite une récupération partielle du retard de taille survenu durant l'enfance. Mais, cette récupération est meilleure chez les filles que chez les garçons. Les filles ont rattrapé 45% de leur déficit statural contre 33% chez les garçons (Satyanarayana et al., 1981 ; Satyanarayana et al., 1986).

Chez des esclaves noirs américains du 19^e siècle, la taille est inférieure de 15 cm en comparaison à la référence NCHS, avant le début de la puberté. Cette différence de taille semble s'accroître à l'âge de 9 ans chez les filles et 11 ans chez les garçons, indiquant un retard pubertaire. A la fin de la période de croissance, la différence de 15 cm d'avec la référence NCHS s'est réduit à 5 cm (Steckel, 1987).

En Alabama, aux USA, Dreizen a comparé la taille d'un groupe de 30 filles malnutries durant la petite enfance à un groupe de 30 filles normales. Le déficit de taille des filles malnutries de 9,0 cm à l'âge de 12,5 ans s'est réduit à 0,9 cm à l'âge de 19 ans. Il y a eu ainsi au cours de l'adolescence un rattrapage en taille presque complet du déficit de taille survenu durant l'enfance (Dreizen et al., 1967).

Pour les études qui ont mis en évidence un rattrapage en taille du retard statural, ce dernier s'est effectué dans l'environnement même qui a concouru à la mise en place du déficit de taille durant l'enfance (Dreizen et al., 1967 ; Satyanarayana et al., 1981 ; Cameron et al., 1988 ; Kulin et al., 1982). Pour les études qui n'ont pas montré de rattrapage en taille, il y a tout au moins une croissance adéquate, une fois dépassée la turbulente période de la petite enfance (Martorell et al., 1990 ; Billewicz & McGregor, 1982). Il s'y ajoute que, des expériences effectuées sur le modèle animal ont montré que lorsque le facteur limitant, à savoir la nutrition a été rétabli, la croissance en taille peut recommencer de plus belle (Golden, 1994). Ces différents constats ont permis de penser qu'une amélioration des conditions de vie par migration ou adoption permettrait une meilleure récupération du déficit statural des sujets malnutris.

III.2. Effets d'un changement d'environnement sur la croissance en taille

Les effets d'un changement d'environnement sur la croissance staturale et par suite la récupération en taille du déficit statural peuvent être étudiés à plusieurs niveaux :

III.2.1. Accroissement du niveau de vie des populations

En étudiant l'évolution séculaire de la taille moyenne des populations, des résultats montrent que dans la plupart des pays industrialisés qui ont connu un certain développement socio-économique, celui-ci s'est accompagné d'une augmentation de la taille adulte moyenne des populations et d'une baisse de l'âge d'apparition des premières règles, donc d'une puberté plus précoce (Tanner, 1990 ; Wieringen, 1986 ; Taranger, 1983). Cette situation est perçue comme le résultat de l'accroissement du niveau de vie au cours du siècle dernier.

III.2.2. Différences ethniques et sociales

L'étude des différences ethniques et sociales permet également d'appréhender l'importance de l'environnement sur la croissance en taille. C'est ainsi que la comparaison de la taille d'enfants issus de classes sociales et de pays différents a permis de constater que la différence de taille des groupes privilégiés de différents pays (donc de différentes ethnies) est plus petite comparée à la différence de taille observée entre différents groupes sociaux économiques à l'intérieur d'un même pays (Martorell & Habicht, 1986). En effet il a été démontré chez des enfants âgés de 1 à 7 ans, d'origine indienne, guatémaltèque, africaine ou américaine, a priori bien nourris, que les différences de poids et de taille sont relativement faibles, soit 3% pour la taille et 6% pour le poids. Par contre cette différence s'est révélée être de l'ordre de 12% pour la taille et de 30% pour le poids chez des enfants de même origine ethnique mais vivant dans des environnements différents (Habicht et al., 1974).

III.2.3. Adoption ou migration des pays pauvres vers les pays développés

L'adoption ou la migration d'enfants des pays en développement vers les pays industrialisés constitue des cas majeurs de changement d'environnement. Une étude portant sur des enfants d'immigrants japonais installés aux USA, a montré qu'à l'âge adulte, ils sont plus grands que leurs parents et ont une taille similaire à celle des américains (Greulich, 1957 ; Greulich, 1976). Une étude menée chez des orphelines coréennes adoptées dans des familles américaines a montré que les enfants qui ont souffert de malnutrition précoce, ont par la suite surpassé leurs compatriotes en terme de poids et de taille (>50^{ème} percentiles des normes coréennes). Mais, ils ne parviennent pas à atteindre les normes américaines d'enfants

de même âge. La prise en compte de l'âge d'arrivée en terre d'adoption montre que plus l'arrivée en terre d'adoption est tardive plus il y a une persistance des effets du retard statural (Winick et al., 1975 ; Lien et al., 1977). En résumé, le passage d'un environnement pauvre à un environnement plus favorable a une influence positive sur la croissance en taille. Pourtant les effets d'une transition environnementale sur cette dernière restent controversés. Les résultats portant sur de jeunes indiennes adoptées dans des familles suédoises ont montré que le changement d'environnement induit une puberté précoce. Cette précocité pubertaire empêche le rattrapage en taille par la réduction de la phase de croissance linéaire au cours de laquelle l'enfant peut combler son déficit statural survenu durant l'enfance (Proos et al., 1991 ; Proos et al., 1993a ; Proos et al., 1993b).

La question reste encore peu documentée du fait de la dispersion des sujets et de la lourdeur de tels suivis longitudinaux.

III.2.4. Migration des jeunes ruraux vers les zones urbaines ou semi-urbaines : cas de Niakhar au Sénégal

En Afrique, la zone rurale est caractérisée par de fortes prévalences du retard de croissance chez les enfants de 0 à 5 ans (ACC/SCN, 2000). Elle est aussi caractérisée par des moyennes de taille adulte peu différentes des standards internationaux, laissant croire à l'existence d'un rattrapage du retard de croissance en taille (Cameron et al., 1988). Or ce rattrapage qui s'effectue vraisemblablement vers la fin de la puberté (Kulin et al., 1982 ; Cameron et al., 1994) coïncide avec une période où les jeunes ruraux sont fortement attirés par la migration vers les grandes villes pour la recherche de travail ou par désir d'émancipation (Delaunay, 1998).

Au Sénégal, la migration des jeunes des zones rurales vers les centres urbains ou semi urbains est l'une des stratégies mise en place par les familles rurales pour la diversification des revenus et pour aider à la subsistance des familles surtout en période de saison sèche. Ainsi, en ville, les filles travaillent comme aides domestiques (Delaunay, 1994) tandis que les garçons exercent différents petits métiers : marchands ambulants, jardiniers, apprentis etc...

En zone urbaine, les jeunes ruraux se trouvent confrontés à un changement de leurs habitudes alimentaires dont les caractéristiques ne sont pas bien cernées. Ces jeunes nécessitent une attention particulière en cas d'antécédents de retard de croissance. En effet, une étude menée chez les adolescentes rurales de la zone de Niakhar a montré que la croissance est moins bonne chez les filles migrantes comparées aux non migrantes. Le niveau d'activité physique élevé et le manque de sommeil en zone urbaine sont mis en cause (Garnier & Benéfice, 2001). Mais cette analyse n'a pas tenu compte du niveau de retard de croissance et de la durée totale de migration effectuée en zone urbaine.

IV. Retard de croissance et composition corporelle

Le corps humain est représenté par deux compartiments que sont la masse grasse et la masse maigre (**Keys & Brozek, 1953**). La masse grasse représente les réserves énergétiques.

La masse maigre assure l'essentiel des fonctions vitales de l'organisme.

En cas de malnutrition, la composition corporelle est affectée, avec une diminution de la masse musculaire et de la masse grasse (**Picou et al., 1966**). Cela se traduit par un déficit pondéral et même par un arrêt de croissance. Mais, le niveau de répercussion de la malnutrition chronique sur la composition corporelle reste à déterminer surtout à l'adolescence. Une étude réalisée en Inde a montré que le poids corporel total des filles malnutries est inférieur de 4 kg à celle des filles n'ayant pas connu le retard de croissance (**Satyanarayana et al., 1981**). Au Guatemala, la masse maigre est inférieure de 6,7 kg chez les hommes et 3,8 kg chez les femmes dans le groupe des sujets de petite taille comparés aux sujets non malnutris (**Martorell et al., 1990**).

Il a été suggéré que le retard de croissance soit associé à un risque futur de surpoids ou d'obésité dans certains pays en développement (Afrique du Sud, Russie, Chine et Brésil) particulièrement marqués par le phénomène de transition nutritionnelle (**Popkin et al., 1996**). Le suivi entre l'âge de 11 et 15 ans, d'un groupe d'adolescentes originaires de la zone de Niakhar, a montré qu'il y a une accumulation préférentielle de masse grasse dans la partie supérieure du corps chez les sujets retardés en taille durant l'enfance (**Bénéfice et al., 2001**). Chez un sous-échantillon de jeunes adultes guatémaltèques âgés de 17 à 28 ans, le retard statural est associé à de faibles valeurs d'indice de masse corporelle et de pourcentage de masse grasse chez les hommes. Chaque diminution d'une unité de z-score de l'indice taille selon l'âge à 3 ans est corrélée à une baisse significative de 0,51% [IC= 0,11 - 0,91] du pourcentage de masse grasse ($p=0,002$). Il n'y a pas d'association significative entre le retard de croissance et le pourcentage de masse grasse chez les femmes. Dans les deux sexes cependant, le retard de croissance est corrélé à une augmentation de la masse grasse abdominale. En tenant compte de l'âge gestationnel, les résultats montrent que la faible croissance intrautérine est plus liée à l'augmentation de la graisse abdominale que ne l'est la faible croissance postnatale. De plus, chez les femmes, la migration urbaine potentialise cette association (**Schroeder et al., 1999**). Chez des jeunes filles âgées de 10 à 15 ans originaires de la province nord d'Afrique du Sud, des résultats ont montré une accumulation de masse grasse chez celles qui sont retardées en taille. En effet, la somme des plis cutanés tricipital et souscapulaire est plus élevée dans le groupe des filles retardées comparées à celles qui ne sont pas retardées en taille. Par ailleurs le niveau des ingestas énergétiques ne diffère pas selon le retard statural, par contre 72,5% des filles retardées en taille sont inactives comparées à 66,1% des filles ne souffrant pas de retard de croissance (**Kruger et al., 2004**). En résumé, il semble que le retard de croissance soit associé à une accumulation de masse grasse dans la partie

supérieure du corps, au cours de l'adolescence. Mais ce résultat n'a pas été démontré au cours de l'enfance tardive. En effet, en Jamaïque, le retard de croissance staturale n'est pas associé à une augmentation du risque de surpoids chez des enfants de la ville de Kingston, âgés de 7 à 11 ans (**Walker et al., 2002**). De même, chez des enfants d'Afrique du Sud vivant en zone urbaine (Johannesbourg et Soweto), le retard de croissance à l'âge de 2 ans n'influence pas la composition corporelle à l'âge de 7-9 ans. En effet, il n'y a pas de différences significatives d'indice de masse corporelle (15,6 contre 16,0 kg/m²) et de distribution de masse grasse, entre sujets retardés en taille et sujets n'ayant pas souffert de retard de croissance (**Cameron et al., 2005a**).

V. Retard de croissance et hypertension artérielle

Il y a quelques décennies, la malnutrition caractéristique d'une surcharge nutritionnelle était spécifique des pays développés. Aujourd'hui dans la plupart des pays en développement, les pathologies de surcharge telles que l'hypertension artérielle (HTA), le diabète, les maladies coronariennes ne constituent plus des cas isolés surtout dans les grandes villes. On note la coexistence entre malnutrition par carence et pathologies de surcharge (**Reddy et al., 1998**). Ces dernières ont été imputées à la transition nutritionnelle. En effet l'urbanisation naissante et l'amélioration des conditions socio-économiques a changé les modes de vie avec principalement une alimentation plus riche en graisses et produits manufacturés et une baisse de l'activité physique donc une plus grande sédentarité (**Torun et al., 2002**).

V.1. Prévalence de l'hypertension artérielle

En l'an 2000, la prévalence mondiale de l'hypertension artérielle (HTA) était estimée à 26,4% chez les personnes adultes. Ce qui correspond à 972 millions d'hypertendus dans le monde. Les projections pour 2025, basées sur l'évolution prévisible de la pyramide des âges, laissent croire qu'à cette date le nombre d'hypertendus devrait atteindre 1,56 milliards (en augmentation de 60%). Cependant, contrairement à l'époque actuelle, il y aura une majorité de cas dans les pays en développement (**Kearney et al., 2005**). En 1990, 46,7% des décès liés à l'hypertension sont survenus avant l'âge de 70 ans dans les pays en développement, comparés à 26,5% dans les pays développés (**Murray & Lopez, 1994**).

Au Sénégal, la prévalence de l'HTA était de 5% en milieu rural (**Kane et al., 1997 ; Kane et al., 1998**), et de 7% en milieu urbain (**Konaté et al., 1974**). Plus récemment, une étude transversale menée chez un échantillon de 205 retraités sénégalais âgés de 60 ans et plus a montré une prévalence de 33,2% d'ypertension artérielle (**Ndour, 2004**).

V.2. Interactions retard de croissance – pression artérielle

Les facteurs de risques d'HTA sont principalement l'âge, la sur-alimentation, l'obésité, la sédentarité. Mais au cours des deux dernières décennies, il a été décrit dans la littérature scientifique que l'hypertension artérielle peut avoir une origine fœtale. C'est le phénomène de programmation métabolique plus connu sous le nom d'hypothèse de Barker (**Barker, 1992**). Cette hypothèse soutient qu'une faible croissance fœtale se traduisant par un petit poids à la naissance associée à une vie d'abondance à l'enfance ou à l'âge adulte, peut induire des désordres métaboliques qui peuvent être un risque de survenue d'une HTA.

Cependant la mise en évidence d'une causalité inverse entre poids de naissance et pression artérielle à l'âge adulte n'a pas toujours été prouvée (**Joseph & Kramer, 1996 ; Scrimshaw, 1997**). Une étude menée chez des adolescents (14-15 ans) du Sud Brésil a montré l'existence d'une relation inverse entre la pression artérielle à l'adolescence et le poids de naissance pour l'âge gestationnel. Les sujets ayant un petit poids de naissance pour l'âge gestationnel ($< 10^{\text{ème}}$ percentiles) présentent une élévation de 3,08 mmHg de la pression diastolique et de 2,89 mmHg de la pression systolique après ajustement sur l'âge, le sexe, l'indice de masse corporelle, la taille, la couleur de la peau et le revenu familial. Mais, cette relation disparaît lorsque les effets du poids de naissance et de l'âge gestationnel sur la pression artérielle sont analysés séparément. Les auteurs en ont conclu que l'absence de relation entre poids de naissance et pression artérielle souvent observée dans la littérature est surtout liée à la non prise en compte de l'âge gestationnel (**Barros & Victora, 1999**).

Plus récemment, l'existence d'une relation entre la malnutrition chronique durant l'enfance et la pression artérielle ultérieure a été également mise en évidence. Les premières études menées chez les enfants de la banlieue pauvre de Kingston (Jamaïque) âgés de 7 à 8 ans et ayant eu un retard de croissance à l'âge de 9-24 mois, ont montré que la pression systolique est plus élevée chez les sujets retardés en taille durant l'enfance comparés aux non retardés mais seulement après ajustement sur la taille, l'indice de masse corporelle et le poids. Il n'y a pas de relation entre la pression systolique à 7-8 ans et le poids de naissance (**Gaskin et al., 2000**). A l'âge de 11-12 ans, ces mêmes enfants ont été à nouveau suivis. Les principales analyses ont montré que le poids est la meilleure variable prédictive de la pression artérielle à 11-12 ans. Or, une tendance à un surpoids a été observée chez les enfants ayant connu le retard de croissance avant l'âge de 2 ans. Les auteurs ont suggéré que la pression artérielle à l'adolescence ou à l'âge adulte peut avoir en plus des composantes postnatales (**Walker et al., 2001**). Par contre, les premiers résultats obtenus chez une cohorte d'adolescents et de jeunes adultes sénégalais (17-23 ans) ont montré que la pression artérielle moyenne ne varie pas selon le degré de retard de croissance en taille (**Ndiaye, 2001**). Mais cette analyse n'a pas tenu compte des changements induits par la migration au niveau de l'état nutritionnel.

VI. Problématique de recherche

Aujourd'hui, la question de la réversibilité du retard de croissance se pose encore avec acuité (Kulin et al., 1982 ; Hussain et al., 1985 ; Cameron et al., 1988 ; Satyanarayana et al., 1989 ; Martorell et al., 1994 ; Simondon et al., 1998). Aussi, le niveau de répercussion de la malnutrition chronique sur la composition corporelle est très peu étudié surtout à l'adolescence. Il s'y ajoute que si l'origine fœtale (Barker, 1992) et peut-être infantile (Walker et al., 2001) de la plupart des maladies chroniques est discutée, l'absence de données sur l'anthropométrie du nouveau-né et la rareté des suivis de cohorte empêchent d'avoir des éléments de référence chez les sujets de pays en développement. En Afrique particulièrement, les déterminants de l'état nutritionnel et de la santé de l'adulte jeune dans un contexte de malnutrition antérieure ne sont pas bien connus.

Les premiers résultats obtenus lors de mon mémoire de DEA (Ndiaye, 2001), ont montré que chez les sujets ayant souffert de retard de croissance, un rattrapage en taille est possible, même s'il est partiel. Ce rattrapage s'observe chez les sujets les plus âgés (20 à 23 ans) et est meilleur chez les filles que chez les garçons. Cependant les garçons n'avaient pas complètement terminé leur croissance. Il s'y ajoute que ces résultats ne concernent qu'une partie des sujets de la cohorte, les sujets restants étant en migration dans les différentes villes du Sénégal. Ainsi, il nous a paru important de retrouver le reste de l'échantillon d'étude afin de confirmer ou d'infirmer les résultats obtenus et aussi d'étudier l'effet de la migration sur le rattrapage en taille, la composition corporelle et la pression artérielle compte tenu du niveau de croissance staturale durant l'enfance. De même, il était essentiel de suivre le sous-échantillon de garçons en phase de terminer leur croissance en taille, afin de savoir s'il existe ou non une prolongation de la période de croissance chez les sujets malnutris durant l'enfance. Cette prolongation étant considérée comme le moteur de la récupération du déficit statural survenu durant l'enfance.

VII. Hypothèses de recherche

Plusieurs hypothèses sous-tendent la présente étude, à savoir :

- Le rattrapage en taille du déficit statural survenu durant l'enfance est possible.
- La croissance en taille est prolongée chez les sujets malnutris et constitue le moteur de la récupération du déficit statural survenu durant l'enfance.
- La malnutrition chronique durant l'enfance peut influencer négativement la composition corporelle à l'âge adulte à savoir un faible poids et une masse musculaire réduite.

- La migration de la zone rurale vers les zones urbaines ou semi-urbaines, du fait de l'amélioration de l'alimentation et des conditions sanitaires a des effets positifs sur la croissance en taille et la composition corporelle.
- Un retard de croissance staturale durant l'enfance associé à la migration en ville peut être un facteur de risque d'hypertension artérielle à l'âge adulte.

VIII. Objectifs de l'étude

- Objectif général

L'objectif de ce travail est d'étudier les effets à long terme de la malnutrition chronique sur la taille ultérieure, la composition corporelle et la pression artérielle d'adolescents et de jeunes adultes sénégalais ayant eu des degrés différents de croissance staturale et des parcours migratoires différents.

- Objectifs spécifiques

Nos objectifs spécifiques sont :

- Déterminer le gain de taille de la petite enfance à la fin de l'adolescence et de le comparer entre sujets ayant des degrés différents de croissance staturale durant l'enfance. On considère qu'un gain de taille supérieur dans le groupe des sujets retardés en taille par rapport aux sujets n'ayant pas souffert de malnutrition chronique indiquerait un rattrapage en taille du déficit statural survenu durant l'enfance.
- Mesurer la taille chaque année sur une période de 2 ans, chez un sous-échantillon de garçons en phase de terminer l'adolescence, afin de savoir s'il existe ou non une prolongation de la période de croissance chez les sujets malnutris.
- Etudier le niveau de répercussion de la malnutrition chronique sur la composition corporelle en utilisant plusieurs indicateurs anthropométriques (poids, périmètre du bras, périmètre musculaire du bras, indice de masse corporelle, plis cutanés tricipital et sous scapulaire). On étudiera également les prévalences de maigreur, de surcharge pondérale et d'obésité selon différents seuils de l'OMS en tenant compte du niveau de croissance staturale durant l'enfance.
- Comparer les variations de la pression artérielle selon le niveau de croissance staturale durant l'enfance.
- Etudier l'influence de la migration sur le gain de taille, la composition corporelle et la pression artérielle.

SUJETS ET METHODES

SUJETS ET METHODES

I. Type d'étude

Il s'agit d'une étude épidémiologique, d'observation longitudinale qui relie l'état nutritionnel durant l'enfance à celui de l'adolescence. La cohorte d'adolescents et de jeunes adultes « sérères » a été initialement constituée en 1983-84, lors d'une vaste enquête anthropométrique dénommée « étude de la petite enfance » (Garenne, 2000).

Le type de recrutement a été fixe, car tous les enfants âgés de 0 à 5 ans présents dans la zone de Niakhar au moment de l'enquête en 1983-84 sont concernés. Il a été dynamique aussi, car les nouvelles naissances et les immigrants ont été également inclus jusqu'au mois de novembre 1984 correspondant à la fin de l'« étude de la petite enfance ». Les sujets de cette étude ont été suivis à nouveau en 2001-02 alors qu'ils étaient âgés de 18 à 23 ans. On a ainsi au plan nutritionnel, une étude de cohorte rétrospective avec une population fermée, caractérisée par une augmentation de l'âge des sujets et une diminution de l'effectif initial due aux censures (décès, perdus de vue).

II. Cadre d'étude : la zone de Niakhar

II.1. Données physiques et démographiques

La zone de Niakhar est située à 150 km à l'est de Dakar la capitale, dans la région du Sine. C'est une zone rurale soumise au climat soudano-sahélien continental avec deux saisons distinctes : la saison sèche qui s'étale sur 9 mois, d'octobre à juin et la saison des pluies qui dure trois mois, de juillet à septembre. La zone comporte 30 villages, subdivisés en hameaux, puis en concessions et cuisines (annexe n°1).

La population d'environ 31000 habitants en l'an 2001 est répartie sur 204 km² avec une densité moyenne de 151 habitants/km² (Lévi et al., 2002). Elle est homogène au niveau ethnique avec plus de 96,4% de sérères sine. On note de fortes concentrations de populations au centre, dans les villages de Toucar, Diohine, et NGayokhème avec plus de 2000 habitants par village. Les villages les moins peuplés sont Darou, Même et Lème avec un maximum de 176 habitants par village.

La structure de la population est représentée par une pyramide des âges large à la base et effilée vers les sommets avec 65% de jeunes âgés de moins de 25 ans en 2000. Le sexe ratio de 1,05, indique une légère prédominance du sexe féminin. La croissance de la population est de 42‰, la fécondité reste élevée avec en moyenne 7,0 enfants nés vivants par femme (Delaunay, 1998).

II.2. Santé et vie sociale

A Niakhar, la mortalité générale a connu une baisse considérable au cours des 30 dernières années. Concernant les enfants, il y a eu une baisse régulière des taux de mortalité. Entre 1984 et 1997, la mortalité infantile est passée de 122 à 73 ‰ tandis que celle des enfants de 0 à 5 ans (mortalité infanto-juvénile) est passée de 282 à 174 ‰. Cette mortalité est surtout liée aux maladies diarrhéiques, aux infections respiratoires aiguës et au paludisme (Delaunay et al., 2001). L'espérance de vie est passée de 27 ans en 1963 à plus de 50 ans en 2001 (Levi et al., 2002).

C'est une population qui se caractérise aussi par sa diversité religieuse avec 74,5% de musulmans, 22,4% de chrétiens et 2,6% d'habitants pratiquant exclusivement les religions traditionnelles (Delaunay, 1998).

L'augmentation de l'espérance de vie et du taux de scolarisation, la diminution de la mortalité infanto-juvénile et la très légère baisse de la fécondité traduisent une légère amélioration des conditions de vie. Mais celles-ci n'en demeurent pas moins précaires avec un niveau de revenus par habitant et un taux de couverture sanitaire encore faibles. A titre d'exemple, il existe trois dispensaires et quelques cases de santé pour l'ensemble de la zone, soit pour 31000 habitants.

Dans cette partie du bassin arachidier du Sénégal, l'activité principale est l'agriculture avec la culture de l'arachide, du mil et du sorgho. L'alimentation est à base de mil, de riz et d'arachide avec de faible quantité de protéines d'origine animale. L'élevage des bovins, caprins, porcins et de la volaille y est aussi pratiqué. Mais la détérioration de la fertilité des sols et la dégradation du parc arboré entraînent de longues périodes de transhumance des troupeaux hors de la zone. La principale conséquence de cette transhumance est la perte de lait pour les populations et de fertilisants pour les sols (Lericollais, 1998).

Au cours du temps, il y a eu un recul de l'âge au premier mariage et une baisse de la polygamie (Levi et al., 2002). Les rites traditionnels sont toujours observés.

II.3. Suivi démo-épidémiologique mené par l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) à Niakhar

La zone de Niakhar est sous surveillance démographique depuis 1963. Cette surveillance est menée selon le principe du recensement initial, puis du suivi de la population en continu. Un numéro d'identification est attribué à tous les résidents de la zone de Niakhar. La surveillance a été annuelle de 1963 à 1986, hebdomadaire de 1987 à 1997 et trimestrielle de 1997 à nos jours (Base démographique, IRD Sénégal).

De 1987 à 1997, les habitants ont bénéficié de la mise en place de programmes vaccinaux (rougeole, coqueluche). Ils disposent encore de façon temporaire de la présence de médecins dans les dispensaires et de soins à domicile, particulièrement pour les maladies infantiles.

II.4. La migration des jeunes de Niakhar

A Niakhar, il existe une migration saisonnière de travail des adolescents et des jeunes adultes. La longue période de saison sèche (9 mois sur 12) due à la situation de Niakhar en zone soudano-sahélienne pousse les jeunes à la recherche de nouvelles possibilités de travail, pour cette population essentiellement constituée d'agriculteurs. Cette migration de travail constitue un moyen de diversification des revenus, une stratégie de subsistance pour les familles mais aussi un instrument d'émancipation pour les jeunes.

Elle se fait surtout vers Dakar la capitale et les villes secondaires à savoir les régions de Fatick, Kaolack, Diourbel (Bambey) etc... Le département de Mbour qui est une zone côtière de la région de Thiès, est également très fréquenté du fait de sa station touristique et de ses possibilités de travail (maçonnerie, emplois dans les sites touristiques, transport en calèche).

II.4.1. Conditions de vie en zone de migration

Les conditions de vie et d'existence en zone de migration ne sont pas faciles. Les très jeunes obéissent au système de « confiage » à un parent ou ami de la famille établi en ville et qui, le plus souvent, joue le rôle de tuteur. Les plus grands s'auto-responsabilisent et s'organisent en réseaux de jeunes issus du même village. Que ce soit chez le tuteur ou ailleurs, les jeunes vivent en général dans la promiscuité (**Garnier et al., 2003**) et tentent de survivre avec les moyens du bord.

Les filles travaillent en général comme aides-domestiques alors que les garçons exercent divers petits métiers (marchands, jardiniers, porteurs, éleveurs de volaille ou apprentis d'un métier). Les revenus faibles intègrent aussi bien la subsistance en ville que l'envoi d'argent au village. Leur activité physique en zone urbaine est assez intense alors que leurs conditions d'alimentation ne sont pas des meilleures (**Delaunay et al., 1994**). Ce type de migration qui s'effectue en saison sèche vers les centres urbains ou semi-urbains est plus connu sous le nom de « Norane ».

II.4.2. Autres types de migration exercés par les garçons

A cette migration vers la capitale et les villes secondaires sont juxtaposées d'autres formes de migration qui intéressent principalement les garçons :

- la migration en saison hivernale qui s'effectue vers d'autres zones rurales en général plus pluvieuses et à hivernage plus long que dans la zone de Niakhar. Pour cela, le département de Koumpentoum situé dans le Sénégal oriental, constitue une destination privilégiée. Les jeunes y constituent une main d'œuvre pour les récoltes et jouent le rôle de maintien des liens avec une partie de la famille en migration. En effet, dans les années 1960, les Terres Neuves de Koumpentoum ont accueilli une bonne partie des populations du Sine en quête de nouvelles terres et plusieurs familles y sont encore installées. Cette deuxième catégorie de migration est plus connue sous le nom de « Navétane ».

- la migration avec les troupeaux ou transhumance plus connue sous le nom de « Molane ». Les jeunes migrent avec le bétail en quête de pâturages. Cette migration peut être relativement longue et peut couvrir toute la saison des pluies (environ 3 mois). Elle est caractérisée par l'absence de revenus, le jeune berger gardant souvent le troupeau pour ses parents.

- la migration scolaire ; elle est fonction du calendrier scolaire et se passe dans les villes secondaires proches de la zone de Niakhar. Le lycéen est absent de la zone pendant les périodes scolaires.

Ces trois formes de migration sont mineures comparées à la migration de travail vers la ville. Que ce soit en saison sèche ou en période hivernale, la migration de travail des jeunes de Niakhar revêt un caractère temporaire. Les jeunes effectuent des séjours plus ou moins longs en alternance entre la zone de migration et leur village d'origine. Les retours au village se font surtout pendant les périodes de fêtes religieuses (Korité, Tabaski, Pâques, Assomption) ou pendant l'hivernage. Certaines personnes reviennent s'établir au village après le mariage, alors que d'autres restent définitivement en zone urbaine. L'évolution des taux d'émigration et d'immigration montre un solde migratoire négatif au niveau de la zone de Niakhar (Lévi et al., 2002).

III. Etudes associées à notre étude

Plusieurs études antérieures ont porté sur les sujets qui font l'objet de notre présente étude, il s'agit principalement de l'« étude de la petite enfance » et de l'étude « début adolescence » :

III.1. Etude de la petite enfance

Les sujets de la cohorte ont fait l'objet d'une vaste étude anthropométrique alors qu'ils étaient âgés de 0 à 5 ans. Cette étude s'est intéressée à l'état nutritionnel des enfants en rapport avec leur risque de décès (Garenne, 2000). Tous les enfants de la zone de Niakhar nés entre le 1^{er} janvier 1978 et le 30 novembre 1984 étaient éligibles y compris les immigrants présents au moment de l'enquête, soit 6749 individus. Parmi eux 5837 enfants ont été inclus avec au moins un bilan anthropométrique sur les quatre bilans réalisés à intervalles réguliers de six mois, entre 1983 et 1984. Un bilan anthropométrique comporte des mesures du poids, de la taille, du tour de bras, des plis cutanés tricipital et sous-scapulaire. Le taux de couverture a été estimé à 86,5%. Les sujets restants (13,5% soit 912 des éligibles de la petite enfance) n'ont pas été enquêtés pour absence de l'enfant ou refus de la mère. Parmi les enquêtés, un taux de 19% de retard de croissance a été décelé selon la classification de Waterlow (Waterlow et al., 1972).

III.2. Etude « début adolescence »

Cette étude, initiée en 1995, a porté sur la maturation pubertaire (apparition des premières règles) et la récupération en taille en fonction du degré de retard de croissance durant l'enfance. L'analyse a concerné tous les sujets de l'« étude de la petite enfance » avec une taille connue entre l'âge de 24 et 66 mois et qui étaient encore vivants et résidents dans la zone de Niakhar ou de retour dans leur village (Simondon et al., 1998). La taille a été mesurée deux fois au millimètre près. La menstruation ou l'existence d'une grossesse a été demandée aux filles ou à leurs mères. Sur les 1650 adolescents (1042 garçons et 608 filles) âgés de 12 à 17 ans, la prévalence du retard de croissance a été estimée à 37,5% durant cette période. Cette étude a montré l'aggravation temporaire des déficits staturaux survenus durant l'enfance chez les garçons, un début de rattrapage en taille chez les filles retardées et un retard de maturation pubertaire sur l'ensemble des filles de la cohorte. Mais ce retard pubertaire est d'autant plus important que le niveau de retard de croissance est élevé. En effet, l'âge moyen d'apparition des règles est estimé à 17,2 ans pour les plus retardées, à 16,5 ans pour les modérément retardées et à 15,6 ans pour les filles n'ayant pas souffert de retard de croissance durant l'enfance.

IV. Sujets de l'étude

IV.1. « Etude fin adolescence »

Tous les sujets éligibles de l'« étude de la petite enfance » sont de nouveau éligibles pour l'« étude fin adolescence », y compris ceux qui n'ont pas été vus durant la petite enfance mais qui ont été éligibles en 1983-84. Au 28 février 2001, la consultation de la base de données Niakhar a permis de voir que, sur les 6749 éligibles de la petite enfance, 1082 sont décédés (16,0%). Ce fort taux de mortalité intègre la mortalité infantile. Ainsi au début de l'enquête « fin adolescence » il ne reste plus que 5667 éligibles de la cohorte de base. Parmi eux, 3572 résident encore dans leur village d'origine tandis que 2095 ont émigré de la zone. Au total 3977 sujets ont été enquêtés et leurs données font l'objet de la présente thèse. Le schéma caractérisant le recrutement des sujets de l'« étude fin adolescence » est présenté à la *figure 1*.

IV.2. « Etude suivi de la croissance staturale terminale des garçons »

Les premiers résultats obtenus sur une partie des sujets de l'étude ont montré un rattrapage tardif du retard de croissance staturale. Mais cette récupération en taille est encore plus tardive chez les garçons comparés aux filles (Ndiaye, 2001). Etant donné qu'une bonne partie des sujets sont en fin de croissance, on s'est proposé d'étudier ce rattrapage du retard de croissance en taille vers la fin de l'adolescence. On a effectué ainsi, un suivi régulier de la croissance staturale d'un sous-échantillon de garçons de la cohorte, sur une période de deux ans. Les critères d'inclusion sont les suivants :

- Avoir eu un bilan anthropométrique aussi bien durant la petite enfance (1983-84) qu'à l'adolescence (2001).
- Etre âgé au minimum d'un an dans la petite enfance (temps alloué à la mise en place du retard de croissance).
- Etre âgé au plus 20 ans en 2001, autrement dit être en phase de terminer sa croissance en taille.

Un effectif de 374 hommes répondent à ces critères. En juillet 2002, un total de 303 sujets sont inclus dans l'enquête. En juillet-août 2003, lors du dernier passage de l'adolescence, ils sont 315 sujets à être enquêtés, le reste de l'échantillon étant absent ou ayant migré au moment de notre passage. Seuls 267 sujets font partis à la fois des quatre enquêtes. Pour chacun d'eux, on dispose d'au moins un bilan anthropométrique durant l'enfance (1983-84) et de trois bilans anthropométriques à la fin de l'adolescence en 2001, 2002 et 2003. Le diagramme caractérisant le recrutement des sujets de l'« étude suivi de la croissance terminale des garçons » est présenté à la *figure 1*.

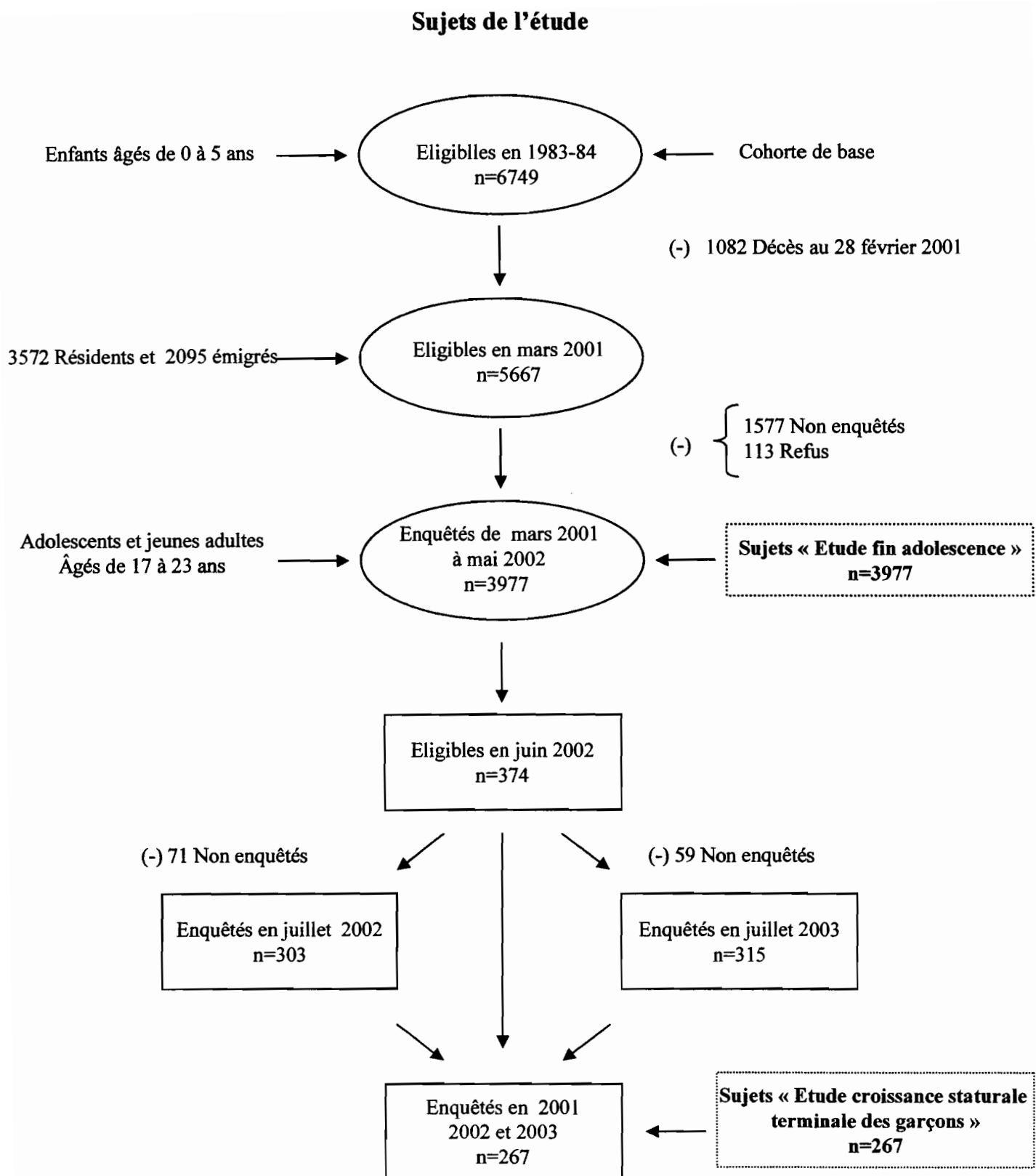


Figure1. Diagramme caractérisant le recrutement des sujets de l'étude

V. Enquêtes

V.1. Suivi des sujets de l'étude

Les sujets sont d'abord visités à leur dernière adresse connue dans la zone de Niakhar de mars à juin 2001. Puis, un deuxième passage est effectué pour les absents durant la saison des pluies de août à septembre 2001.

Concernant l'organisation du travail, la progression s'est faite selon la proximité du village, du hameau ou de la concession. En milieu rural, les sujets sont rencontrés dans leurs concessions ou leur champs pendant l'hivernage. Les informations sur les adresses des migrants sont obtenues auprès de leurs familles restées au village.

Les migrants sont visités dans leurs lieux de migration à Dakar, Mbour, Fatick ou Koumpentoum dans le Sénégal oriental. En zone de migration, les sujets sont retrouvés pour l'essentiel chez leurs tuteurs. Certains sont vus sur leur lieu de travail : domicile de l'employeur pour les filles, marché, jardins maraîchers ou gare routière pour les garçons. La recherche des individus en ville est plus ardue qu'au village en raison de la grande dispersion des sujets et de leur grande mobilité.

Une fois le sujet retrouvé, l'enquêtrice l'informe sur l'objectif de l'étude et sollicite son consentement à participer à l'étude.

V.2. Procédures d'obtention du consentement éclairé

Le protocole de l'« étude fin adolescence » a été accepté par le comité d'éthique du ministère de la santé au Sénégal. Précisons que cette étude s'intéresse uniquement à l'observation et non à l'expérimentation. Un texte de consentement expliquant l'objectif de l'étude a été rédigé (**annexe 2**). Il est lu en langue traditionnelle sérère pour chaque sujet et ses parents s'ils sont présents, en vue d'obtenir son consentement à participer à l'étude. Ce texte de consentement a tenu compte des directives de la déclaration de Helsinki (**version Hedingbourg, 2000**). La hiérarchie régissant la vie sociale en zone rurale ou urbaine est également respectée en informant d'abord le responsable du sujet (chef de concession, parent, conjoint ou tuteur) puis l'intéressé. En cas de refus, la décision du supérieur hiérarchique ou du sujet est respectée.

Pour l'étude portant sur le « suivi de la croissance staturale terminale des garçons », un texte de consentement spécifique a été rédigé, il est complémentaire du texte de consentement de l'« étude fin adolescence » (**annexe 3**).

V.3. Questionnaire et recueil des données

Pour l'« étude fin adolescence » (**annexe 4**) comme pour « l'étude sur le suivi de la croissance terminale des garçons » (**annexe 5**), le questionnaire comporte trois grandes sections :

- une section « identification du sujet » avec : le nom, le prénom, le sexe, le numéro d'identification, la date de naissance, le nom du village et du hameau et le numéro de la concession du sujet. Les données relatives à l'identification sont recueillies à partir de la base de données Niakhar (**Base démographique IRD, Sénégal**) et sont disponibles sur les listings confiés à l'enquêtrice.

- une section « données qualitatives » qui comporte le niveau d'instruction atteint, le lieu de migration, l'activité menée en cours de migration, l'existence ou non d'un handicap physique ou mental.

Pour le recueil de l'information en rapport avec la migration, l'enquêtrice confronte les données avancées par le sujet avec une liste des événements locaux survenus depuis 1990. Cela permet la détermination ou l'estimation précise des dates de début et de fin de migration. Seules les migrations d'au moins une semaine sont mentionnées. Plus spécifiquement il y a eu des questions sur la survenue des règles, la parité, l'existence d'une grossesse ou la pratique de l'allaitement pour les femmes. Les revenus et l'utilisation des revenus sont demandés pour l'« étude sur le suivi de la croissance staturale terminale des garçons ».

- une section « données quantitatives » avec le nombre de migration effectué, la durée de chaque migration, les valeurs des mesures anthropométriques (poids, taille, périmètre brachial, plis tricipital et souscapulaire) et des pressions systolique et diastolique.

Les valeurs obtenues pour chaque mesure sont dictées par le mesureur et l'enquêtrice les note dans la section correspondante.

V.4. Reproductibilité des mesures et standardisation

La première phase de l'enquête a été pilotée par les deux premiers mesureurs (mesureur 1 et mesureur 2) et a concerné les sujets résidants encore à Niakhar. La deuxième phase a été assurée par les deux derniers mesureurs (mesureur 3 et mesureur 4) et a concerné les migrants. Cette situation a donné lieu à deux standardisations. Dans le souci d'uniformisation des mesures, les deux derniers mesureurs sont standardisés entre eux par le mesureur 1, considéré comme mesureur de référence.

Du fait que les mesures sont faites en double (à l'exception du poids), nous avons calculé pour chaque mesureur la moyenne de ses deux mesures pour chaque paramètre, avant de faire la comparaison des mesures des différents mesureurs.

L'évaluation de la qualité des mesures est réalisée de deux manières différentes. D'une part, une standardisation entre mesureurs est faite au début et à mi-parcours de l'enquête. Ceci a permis de tester la reproductibilité inter-mesureur. D'autre part, toutes les mesures anthropométriques à l'exception du poids sont faites en double ce qui a permis une certaine évaluation de la reproductibilité intra-mesureur. Lors de la standardisation, chaque sujet est mesuré de façon indépendante par chaque mesureur, à 20-30 minutes d'intervalle, de façon à ce que le mesureur ait oublié la valeur de la mesure précédente.

Conformément aux recommandations de Cameron (**Cameron, 1986**), l'évaluation a utilisé deux indicateurs ; la moyenne des différences individuelles entre deux mesures consécutives sur un même sujet qui est comparé à zéro et l'erreur standard de mesure (σ) qui est définie par :

$$\sigma = \sqrt{\sum(d)^2/N}, \text{ où } d \text{ est la différence entre les deux mesures et } N \text{ l'effectif.}$$

Pour la pression artérielle, l'erreur standard de mesure est calculée sur la différence entre la 3^e et la 2^e mesure.

V.5. Difficultés rencontrées

Pour une taille d'échantillon aussi importante (n=5667 sujets) et vu les caractères longitudinal et rétrospectif de l'étude, la première difficulté est liée au taux de couverture de l'enquête, autrement dit à la nécessité de retrouver le maximum de sujets appartenant à la cohorte. Cette tâche a été difficile aussi bien pour les sujets résidents encore dans leur village d'origine que pour les sujets en migration. En effet en zone rurale les sujets sont souvent absents pour causes de marchés hebdomadaires, de travaux champêtres ou de fêtes traditionnelles. En zone de migration, la recherche des sujets de l'étude a été particulièrement périlleuse car les adresses avancées par les parents restés au village sont parfois imprécises, parfois périmées ; le sujet ayant changé d'adresse entre temps. A cela s'ajoute la grande dispersion des sujets en zone urbaine.

La mesure de la pression artérielle a posé beaucoup de problèmes de la part des sujets, car elle est souvent assimilée à une prise de sang et explique la plupart des refus enregistrés.

Par ailleurs, les villageois ne comprennent pas pourquoi notre programme d'étude s'intéresse juste à certaines personnes et pas à d'autres qui veulent également avoir des informations sur leur poids ou leur tension artérielle. Cette situation a souvent retardé la progression du travail des équipes. Cependant, l'existence de la base de données démographique Niakhar pour les informations sur l'identité des sujets et l'expérience des équipes dans les enquêtes du genre ont permis de bien gérer ces difficultés.

VI. Mesures anthropométriques

Les mesures sont faites selon les recommandations du manuel de références d'anthropométrie (**Lohman, 1988**). Mais à la différence du manuel, toutes les mesures latéralisées (le périmètre brachial, les plis cutanés) sont effectuées au côté gauche. Le sujet est en station debout pendant toutes les mesures. A l'exception du poids, toutes les mesures sont faites en double.

VI.1. Le poids

Concernant la mesure du poids, un plateau en bois posé sur une surface plane supporte le pèse-personne électronique (**Téfal, Paris, France**) d'une précision de 100 g sur lequel monte le sujet, débarrassé de certaines surcharges extérieures (pièces de monnaie, survêtement etc...). Il reste debout de façon stable sur la balance, la tête maintenue dans le prolongement du corps, la valeur du poids exprimée en kg s'affiche directement.

VI.2. La taille

La taille est mesurée à l'aide d'une toise (**Harpenden, Miribel, France**) en fer démontable munie d'une précision de lecture de 1 mm. Le sujet pieds nus est debout sur un plateau en bois dur installé sur une surface plane. Il est dans la position du soldat avec les genoux bien tendus, les bras ballants, la tête bien sortie des épaules, le menton formant un angle de 90° avec le corps c'est-à-dire légèrement relevé et il regarde loin devant lui. Une fois la position adéquate respectée, le mesureur qui tient la tige métallique bien verticale, fait descendre le curseur mobile en appuyant suffisamment pour comprimer la chevelure mais sans exercer de pression sur le cuir chevelu. Ainsi le curseur entre en contact avec le point le plus haut de la tête.

La taille en cm est obtenue par lecture directe de la valeur correspondante au trait horizontal du curseur. La toise est ensuite enlevée puis remplacée pour la deuxième mesure. Lorsque les deux mesures diffèrent de plus de 5 mm, on effectue une troisième mesure qui est également notée et les deux mesures les plus proches sont choisies.

VI.3. Le périmètre brachial

Le tour de bras (en cm) est mesuré avec un mètre-ruban inextensible précis au mm près et s'effectue au milieu du bras gauche. Pour déterminer ce milieu, le sujet plie le coude à 90° les paumes dirigées vers le haut, un trait est tracé précisément à mi-hauteur entre l'acromion et l'olécrane. Le bras est suffisamment décontracté et distant du corps d'environ 2

cm. Le mètre-ruban est systématiquement déplacé puis remplacé pour la deuxième mesure. Lorsque la différence entre les deux mesures excède 5 mm, on recourt à une troisième mesure qui est également notée et les deux mesures les plus proches sont retenues pour l'analyse.

VI.4. Les plis cutanés

La mesure des plis cutanés s'est faite avec un compas (**Holtain, Miribel, France**) d'une précision de 0,2 mm.

- **Le pli cutané tricipital.** Il est pris exactement à mi-hauteur entre l'acromion et la pointe de l'olécrane dans la partie postérieure du bras gauche. Avec le pouce et l'index de la main gauche, le mesureur prend soin de bien saisir le tissu sous-cutané à l'exclusion du muscle sans pincer trop longtemps (moins de 4 secondes). Il applique le compas avec la main droite tout en maintenant le pli avec les deux doigts de la main gauche. La valeur du pli en mm est obtenue par lecture directe. Le pli est relâché puis repris au même niveau pour la deuxième mesure.

- **Le pli cutané sous-scapulaire.** Il est obtenu en pinçant délicatement au niveau d'une ligne oblique inclinée à environ 45° par rapport à l'horizontal, juste au dessous de l'angle inférieur de l'omoplate. Le mesureur, positionné latéralement par rapport au sujet, palpe l'omoplate pour repérer l'angle inférieur et pinçe le pli en prenant le soin de ne pas tirer sur la peau de l'omoplate. L'application des extrémités du compas tout en maintenant les doigts autour du pli permet d'avoir la valeur du pli en mm par lecture directe. Ensuite il relâche le pli avant de le reprendre pour la deuxième mesure.

Dans le cas des deux plis cutanés, tricipital comme sous-scapulaire, lorsque la différence entre les deux mesures dépasse 1 mm, on procède à une troisième mesure qui est également notée. Et on tient compte des deux mesures les plus proches.

VII. Indices anthropométriques

Les données recueillies sur le terrain sont transformées en indices, on distingue :

VII.1. Les indices poids selon l'âge P(A), poids selon la taille P(T) et taille selon l'âge T(A)

La malnutrition est définie au seuil de -2 z-scores pour les différents indices anthropométriques que sont :

- L'indice poids selon l'âge P(A) qui définit la malnutrition globale ou insuffisance pondérale

- L'indice poids selon la taille P(T) relatif à la maigreur

- L'indice taille selon l'âge T(A) qui compare la taille de l'enfant à la taille de référence pour son âge et son sexe et permet d'identifier le retard de croissance staturale.

VII.2. Le périmètre musculaire du bras (PMB)

Il est calculé à partir du périmètre brachial (PB) et de l'épaisseur du pli cutané tricipital ou PCT (OMS, 1995) :

$$\text{PMB} = \text{PB} - (\pi \times \text{PCT}) \quad \text{en cm.}$$

$$\pi=3,14$$

VII.3. L'indice de masse corporelle ou IMC : définition et valeurs seuils

Il est encore appelé indice de Quetelet et s'exprime de la façon suivante :

$$\text{IMC} = \text{P}/\text{T}^2 \quad \text{en kg/m}^2.$$

Où P représente le poids en kg et T la taille en mètre

En pratique épidémiologique, l'indice de masse corporelle est considéré comme un bon indicateur pour déterminer la maigreur, le surpoids ou l'obésité en utilisant différentes valeurs seuils.

- La maigreur, définie par un poids du corps insuffisant par rapport à la taille est mise en évidence par une valeur faible de l'indice de masse corporelle soit un IMC inférieur à 18,5 kg/m².

- Le surpoids ou surcharge pondérale correspond à un excès de poids par rapport à la taille. Il est défini par un IMC situé entre 25 et 30 kg/m².

- L'obésité, définie par un excès des réserves adipeuses est caractérisée par un IMC supérieur à 30 kg/m². Ces précédents seuils seront appelés **Seuil 1**.

D'autres seuils plus stricts qui tiennent compte en plus de l'indice de masse corporelle, du sexe, de l'âge et des plis cutanés tricipital et sous-scapulaire sont recommandés par l'OMS pour définir la maigreur, le surpoids ou l'obésité. On les appellera **Seuil 2**. Le **tableau1** présente les valeurs correspondantes du **seuil 2** pour la maigreur, le surpoids ou l'obésité.

Tableau1. Maigreur, surpoids et obésité : seuils et valeurs correspondantes (OMS, 1995)

Indicateurs	Variables anthropométriques	Seuil2	Valeurs correspondantes pour sujets âgés de 20 ans et plus	
			Filles	Garçons
Maigreur	Indice de Quételet pour l'âge (kg/m ²)	< 5 ^{ème} centile de la référence NCHS	17,4	18,7
Risque de surcharge pondérale	Indice de Quételet pour l'âge (kg/m ²)	≥85 ^{ème} centile	26,1	26,9
	Indice de Quételet pour l'âge (kg/m ²)	≥85 ^{ème} centile	26,1	26,9
Obésité	PCT/âge (mm)	≥ 90 ^{ème} centile pour le PCTγ	27,3	16,6
	PCS/âge (mm)	≥ 90 ^{ème} centile pour le PCSγ	25,1	19,5

PCT=pli cutané tricipital, PCS=pli cutané souscapulaire, γ Plis cutanés tricipital et sous-scapulaire à 18 ans

VIII. Répartition des sujets de l'étude selon l'indice taille selon l'âge T(A) durant l'enfance

Les sujets de notre étude sont répartis en trois groupes différents selon la valeur de l'indice T(A) durant l'enfance (1 à 5 ans). On distingue :

- **Le groupe de déficit nul**, ce sont les sujets qui n'ont jamais souffert de retard de croissance et qui ont un indice T(A) strictement supérieur à -1 z-scores.
- **Le groupe de déficit marqué**, ce sont les sujets qui ont un indice T(A) strictement inférieur à -2 z-scores.
- **Le groupe de déficit marginal**, ce sont les sujets qui ont un indice T(A) compris entre -1 et -2 z-scores. C'est un groupe intermédiaire entre les deux premiers groupes.

Cette répartition des sujets est faite de façon arbitraire. Ces trois groupes de déficit statural (nul, marginal, marqué) constituent la base des comparaisons ultérieures et le groupe de déficit nul est considéré comme groupe de référence par rapport aux deux autres groupes.

IX. Pression artérielle

IX.1. Mesure de la pression artérielle

Dans cette étude, la mesure de la pression artérielle est réalisée à l'aide d'un tensiomètre à colonne de mercure (Asco, Berlin, Allemagne) précis à 2 mmHg. Trois mesures de la pression artérielle sont prises conformément aux recommandations de l'OMS (WHO, 1999). Chaque mesure est composée d'une pression systolique (cmHg) et d'une pression diastolique (cmHg).

Tout d'abord, le sujet installé sur un fauteuil, reste assis pendant 5 minutes au minimum pour éviter les élévations de la pression artérielle liées à l'effort. Puis le brassard est enroulé autour du bras gauche accoudé au fauteuil et donc situé à la hauteur du cœur. Le bras droit libre reste sans mouvement pour ne pas gêner la mesure.

Le pompage de la poire permet la montée du mercure jusqu'à la graduation 20 cm Hg. La descente lente et régulière par maniement de la vis de réglage du flux d'air permet d'entendre le premier bruit du cœur ou pression systolique, grâce à un stéthoscope appliqué sur le pli du coude. La valeur obtenue est dictée à haute voix par le mesureur et notée par l'enquêtrice. Puis les battements du cœur diminuent progressivement et on obtient au moment du dernier bruit du cœur la pression diastolique. Après estompement du dernier bruit, la vis est libérée et le sujet est soulagé pendant 30 à 60 secondes avant le début de la deuxième et de la troisième mesure qui s'effectuent de la même façon. On recourt à une quatrième mesure dans le cas d'une dispersion excessive des trois mesures, si le sujet est visiblement émotif ou s'il a perturbé la mesure par inadvertance. Cette mesure a nécessité beaucoup d'attention pour une bonne lecture des graduations correspondant précisément au premier ou au dernier bruit du cœur.

IX. 2. Définition de l'hypertension artérielle

La pression systolique est dite élevée lorsque sa valeur dépasse 140 mmHg tandis qu'une valeur supérieure à 90 mmHg correspond à une pression diastolique élevée. On parle d'hypertension artérielle globale en cas de pressions systolique et diastolique élevées.

X. Statistiques

X.1. Contrôle de qualité des données et stratégie d'analyse

Le schéma représentant le contrôle de qualité des données, l'inclusion ou l'exclusion des sujets selon la stratégie d'analyse est présenté à la *figure 2*.

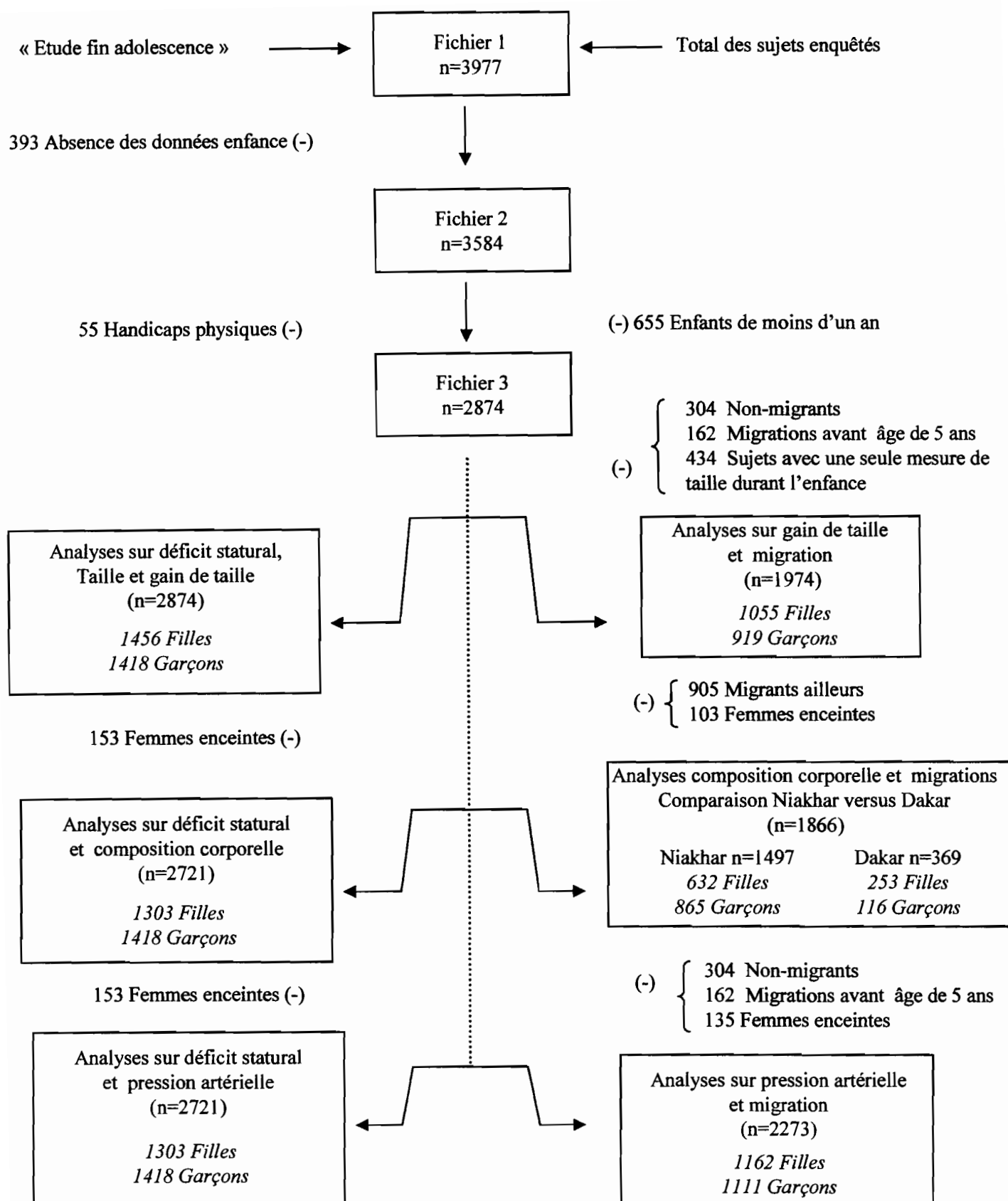


Figure 2. Contrôle de qualité des données et sélection des sujets selon la stratégie d'analyse

- La création du fichier d'analyse s'est faite par une mise en relation entre le fichier comportant les données de la petite enfance (n=6749) et celui contenant les données actuelles (n=3977) avec le numéro d'identification de l'individu comme facteur de liaison. Cela a permis de voir que parmi les sujets enquêtés en 2001-02, un total de 393 n'ont pas de données petite enfance et ne feront donc pas partis des analyses.

- Un total de 55 sujets présente un handicap physique ou mental. Les principaux handicaps notés sont les suivants : séquelles de poliomyélite, fluorose osseuse, nanisme, fracture mal remise, débilité mentale, sourd muet. Ils sont éliminés du fichier d'analyse en raison de l'influence de leur handicap sur la taille debout ou sur les réponses aux questions.

- Pour permettre un délai d'apparition du retard de croissance, les sujets âgés de moins d'un an dans la petite enfance (n=655) sont également exclus.

- Le fichier ainsi constitué comporte 2874 sujets avec des données complètes aussi bien durant la petite enfance qu'à l'adolescence. D'autres niveaux de sélection spécifiques sont appliqués selon le type d'analyse. C'est ainsi que :

- Les femmes enceintes (n=153) ne font pas partie de l'analyse sur la composition corporelle. En effet, la grossesse chez les adolescentes est clairement associée à de nombreuses modifications des dimensions et de la composition corporelle qui peuvent se traduire dans les mesures anthropométriques (OMS, 1995). Elles sont également exclues de l'analyse sur la pression artérielle.

- Concernant l'étude de la relation entre le gain de taille et la migration, du fait qu'elle est étudiée en terme de comparaison de durée totale de migration et non en terme de comparaison migrant/non migrant, les sujets n'ayant jamais migré sont exclus (n=304). De même les migrations précoces effectuées avant l'âge de 5 ans (n=162) ne font pas partie de l'analyse sur la migration pour défaut d'éléments de comparaison. Ce sont les sujets qui ont quitté très tôt la zone de Niakhar parce qu'ils étaient de visite dans la zone en 1983-84 ou parce qu'ils ont déménagé par la suite.

- L'analyse des effets de la migration sur la composition corporelle tient compte des migrations actuelles (migrants en ville comparés aux résidents à Niakhar au moment de l'enquête). En effet on suppose que l'effet de la migration serait transitoire au niveau de la composition corporelle, d'autant que les migrants effectuent des séjours en alternance entre zone rurale et zone de migration.

- L'analyse de la pression artérielle tient compte de la durée de migration en ville et ne concerne que les sujets qui ont migré au moins une fois en ville.

X.2. Gestion des variables

X.2.1. Variables mesurées

Pour les variables mesurées dans l'enquête actuelle, la valeur utilisée correspond à la moyenne des deux mesures pour la taille, le tour de bras, les plis cutanés tricipital et sous scapulaire ou à la moyenne des trois mesures pour les pressions systolique ou diastolique.

X.2.2. Variables calculées

- La variable gain de taille

Pour chaque sujet, le gain de taille correspond à la différence entre la taille actuelle (taille au moment de l'enquête) et celle mesurée durant la petite enfance. La dernière mesure de taille dans l'enfance est utilisée pour calculer le gain de taille. Il s'exprime en cm.

- La variable durée de migration

Pour un séjour donné, la durée de migration correspond à l'intervalle de temps entre la date de fin et la date de début de migration. La durée totale de migration correspond à la somme des durées de migration effectuées à chaque séjour. Elle est exprimée en année.

X.2.3. Variables en classes

- La variable « âge »

Dans le cas d'étude utilisant des paramètres tel que l'indice taille selon l'âge, la connaissance de l'âge exact du sujet est extrêmement importante. Dans le cas des sujets de cette étude, la détermination précise de l'âge a été faite durant la petite enfance en 1983-84. Elle a utilisé la consultation des extraits d'actes de naissance et l'interrogatoire des mères en utilisant un calendrier des événements locaux. Ainsi, tous les sujets ayant participé à cette étude ont une date de naissance précise au jour près.

Les sujets sont regroupés en 6 classes d'âge de 18 à 23 ans avec un intervalle de 12 mois. A titre d'exemple, la classe d'âge de 18 ans regroupe tous les sujets âgés de 17,5 à 18,4 ans, celle de 19 ans comporte tous les sujets âgés de 18,5 à 19,4 ans. La même démarche est adoptée pour classer les sujets dans la petite enfance. On a ainsi cinq classes d'âge de 1 à 5 ans.

- La variable « déficit statural »

La définition de la variable « statural » à trois classes, nul, marginal ou marqué est faite à partir de la valeur de l'indice taille selon l'âge. Le calcul de cette valeur s'est basé sur le dernier bilan anthropométrique de la petite enfance, pour avoir les sujets les plus âgés possible durant la petite enfance, afin de savoir s'il existe ou non un retard de croissance.

X.3. Phénomène statistique de régression vers la moyenne

Le calcul du gain de taille nécessite la dernière mesure de taille durant l'enfance. La détermination du retard de croissance nécessite également une mesure de taille durant l'enfance. Or si la mesure de taille dans l'enfance qui a permis de diagnostiquer le déficit statural a permis également d'apprécier le gain de taille, leurs erreurs de mesures, s'il en existe, peuvent être corrélées négativement. Pour éviter le phénomène de régression vers la moyenne, le retard de croissance est défini à partir de la mesure de taille de l'avant dernier bilan anthropométrique de l'enfant, tandis que la mesure de taille de son dernier bilan anthropométrique sert au calcul du gain de taille. Ceci aboutit à deux mesures de taille dans l'enfance qui sont indépendantes au niveau des possibles erreurs de mesures. Ainsi le test du phénomène de régression vers la moyenne ne concerne que les enfants qui ont eu au moins deux bilans anthropométriques durant l'enfance soit un effectif de 2325 sujets. Rappelons que l'intervalle de temps entre deux bilans anthropométriques est de 6 mois. Pour les sujets qui possèdent plus de deux bilans anthropométriques, seuls les deux derniers sont choisis. La vérification du phénomène de régression vers la moyenne n'intéresse que les analyses portant sur le gain de taille.

Par ailleurs, Cameron et al (2005b) ont réexaminé la relation entre le retard de croissance et le rattrapage en taille dans le contexte de régression statistique vers la moyenne, en utilisant les données de 495 enfants Sud-Africains vus à l'âge de 2 et 5 ans. Les auteurs soutiennent que le rattrapage en taille s'estime mieux en utilisant la variation de l'indice taille selon l'âge $T(A)$ qu'en utilisant la taille uniquement, du fait que le phénomène de régression vers la moyenne peut être contrôlé en utilisant le coefficient de corrélation entre le $T(A)$ initial et le $T(A)$ au cours du suivi.

X.4. Tests statistiques et degré de signification

Les principaux tests statistiques employés sont les suivants :

- test du χ^2
- test de l'analyse de la variance ou ANOVA
- test de la pente de la droite de régression

Des tests intermédiaires ou complémentaires sont utilisés

- test de Bartlett d'homogénéité des variances
- test de Shapiro Wilks de normalité des données
- test de Student Newman Keuls de comparaison multiple de moyennes.

Les résultats sont exprimés en moyenne $\pm$ écart type ou en pourcentage. Ceux portant sur la régression linéaire multiple sont présentés sous la forme d'un coefficient de régression (β), de son intervalle de confiance à 95% (IC) et du degré de signification (p). Le seuil de signification retenu est $p \leq 0,05$.

X.5. Logiciels utilisés

La saisie et le contrôle de qualité des données sont effectués avec le logiciel Dbase version 4. L'analyse a utilisé :

- Epi Info 6.1 (CDC, Atlanta, GE, USA) ; pour le calcul des indices anthropométriques durant la petite enfance (Anthro 1).
- SAS (Statistical Analysis System, Institute Inc, Cary, NC, USA) version 8.1 pour l'analyse statistique proprement dite.

La représentation graphique des résultats a utilisé la version 2000 de Excel.

RESULTATS

RESULTATS

I. Principales caractéristiques de l'échantillon d'étude

I.1. Evènements survenus au cours de l'étude 1983-84 à 2001-02

Le taux de couverture de l'enquête est calculé à partir du nombre total de sujets enquêtés à la fin de l'« étude fin adolescence » en mai 2002, sur le nombre de sujets éligibles au début de l'enquête en février 2001. Les refus et les personnes décédées sont exclus du calcul de ce taux de couverture. Les événements majeurs relatifs à l'étude sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 2. Récapitulatif des événements de l'étude de 1983-84 à 2001-02

Evénements de l'enquête	Effectif ou %
Eligibles en 1983-84 « étude de la petite enfance »	n=6749
Enquêtés en 1983-84	n=5837
Taux de couverture en 1983-84	t=86,5%
Eligibles en février 2001 « étude fin adolescence »	n=5667
Enquêtés de mars 2001 à juin 2002	n=3977
Taux de couverture en 2001-02	t=70,2 %
Nombre de refus	n=113
Non enquêtés§	n=1577

§ Sujets perdus de vue car adresse inconnue ou vivant dans des régions éloignées du Sénégal.

n=effectif, t= taux

A l'issue de l'enquête « étude fin adolescence » en juin 2002, le nombre de refus enregistrés est faible (2%) tandis que le nombre de perdus de vue est assez important (27,8%). Cela concerne surtout les sujets dont l'adresse est inconnue ou ceux vivant dans des régions éloignées du Sénégal. Néanmoins, le taux de couverture de l'enquête est relativement élevé soit 70,2 % mais reste inférieur au taux de couverture de l'« étude de la petite enfance » qui était de 86,5%.

I.2. Reproductibilité des mesures

Quatre mesureurs différents ont effectué les mesures des 2874 sujets disponibles pour l'analyse. Les pourcentages de sujets vus par chaque mesureur sont les suivants :

- Mesureur 1 : 30,9%
- Mesureur 2 : 21,2%
- Mesureur 3 : 26,2%
- Mesureur 4 : 21,8%.

L'évaluation de la qualité des mesures est effectuée en recherchant l'existence d'une différence systématique (biais) entre deux mesures successives d'un même mesureur ou entre les mesures de différents mesureurs et en quantifiant leur variabilité par le calcul de l'erreur standard de mesure.

I.2.1. Reproductibilité intra-mesureur

La reproductibilité intra-mesureur est testée chez le mesureur qui a effectué le plus de mesures à savoir le mesureur 1, avec un total de 887 sujets mesurés. Les résultats indiquent qu'il n'y a pas de différence systématique (biais) entre la deuxième et la première mesure d'un même mesureur pour les trois mesures anthropométriques que sont la taille, le pli cutané tricipital et le pli cutané souscapulaire. En effet, la moyenne des différences n'est pas significativement différente de zéro. Par contre il existe une différence significative pour la mesure du périmètre brachial. En moyenne la deuxième mesure est plus petite que la première d'environ 0,13 mm. Il existe également une différence significative au niveau de la pression systolique, la troisième mesure étant inférieure à la deuxième de façon significative, ce qui est une observation habituelle pour cette mesure (*tableau 3*).

Par ailleurs, les erreurs standards de mesure obtenues dans la présente enquête sont inférieures à celles observées dans les enquêtes intitulées « Health Examination Surveys » (Cameron, 1986).

Tableau 3. Reproductibilité des mesures pour un même mesureur (N=887)

	Différence Entre 2 mesures [†]	Erreur standard de mesure σ	
		Etude actuelle	HES (1)
Taille (cm)	+ 0,006 ± 0,128	0,004	0,494
Périmètre brachial (cm)	- 0,013 ± 0,168*	0,006	0,345
Pli cutané tricipital (mm)	+ 0,001 ± 0,305	0,010	0,80
Pli cutané sous-scap [§] . (mm)	+ 0,006 ± 0,268	0,009	1,83
PA systolique (mm Hg)	- 0,160 ± 0,413***	0,014	-
PA diastolique (mm Hg)	- 0,035 ± 0,587	0,020	-

Les résultats sont des moyennes ± ET, différence entre deux mesures : * : p<0,05, *** : p<0,0001

[†] : différence entre la dernière et l'avant dernière mesure, soit la deuxième et la première mesure pour l'anthropométrie, la troisième et la deuxième mesure pour la pression artérielle

HES (1) : Health Examination Surveys, Cameron, 1986.

$\sigma = \sqrt{\sum(d)^2/N}$; d = différence ; N= effectif

[§] pli cutané sous scapulaire

1.2.2. Reproductibilité inter-mesureur

Le **tableau 4** présente les résultats portant sur la reproductibilité intermesureur. Dans le cas de la première standardisation, il existe une différence systématique (biais) entre les deux mesureurs pour la taille. Le mesureur 2 trouve des valeurs supérieures de près de 1 mm en moyenne par rapport au mesureur 1 et la différence est significative (p<0,05).

Dans le cas de la deuxième standardisation, il n'y a pas de différence significative entre les mesureurs 3 et 4 concernant les mesures de la taille, des plis bicipital et tricipital. Par contre il en existe une sur la mesure du périmètre brachial. Le mesureur 4 trouve des valeurs supérieures de près de 3 mm en moyenne par rapport au mesureur 3. Cette différence systématique a été corrigée avant la poursuite de l'enquête.

On remarque que pour les deux standardisations, l'erreur standard de mesure entre mesureurs est plus faible comparée aux données HES (Jonhson et al., 1972 ; Malina et al., 1973).

Tableau 4. Reproductibilité des mesures entre différents mesureurs

Première standardisation (n=30)			
Paramètres mesurés	Différence Entre 2 mesures	Erreur standard de mesure σ	
		Etude actuelle	HES (1)
Taille (cm)	+0,090 $\pm$ 0,199*	0,129	0,681
Périmètre brachial (cm)	+0,023 $\pm$ 0,182	0,129	0,425
Pli cutané tricipital (mm)	-0,090 $\pm$ 0,427	0,316	1,89
Pli cutané sous-scap [§] . (mm)	+0,080 $\pm$ 0,288	0,224	1,53
Deuxième standardisation (n=10)			
Paramètres mesurés	Différence Entre 2 mesures	Erreur standard de mesure σ	
		Etude actuelle	HES (1)
Taille (cm)	- 0,005 $\pm$ 0,359	0,114	0,681
Périmètre brachial (cm)	+ 0,310 $\pm$ 0,204***	0,064	0,425
Pli cutané bicipital (mm)	- 0,240 $\pm$ 1,076	0,340	-
Pli cutané tricipital (mm)	- 0,130 $\pm$ 1,229	0,389	1,89

Les résultats sont des moyennes $\pm$ ET, *: $p < 0,05$, *** : $p < 0,001$.

HES (1) : Health Examination Surveys, USA, (Johnson et al.1972 ; Malina et al. 1973).

$$\sigma = \sqrt{\sum(d)^2/N}$$

[§] Pli cutané sous scapulaire

I.3. Caractéristiques anthropométriques de l'échantillon d'étude

I.3.1. Effectif et âge moyen selon le sexe

L'échantillon d'analyse (n=2874) est caractérisé par un nombre quasi identique de filles (n=1456) et de garçons (n=1418). L'âge au moment de l'enquête est de $20,5 \pm 1,6$ ans ce qui correspond à une moyenne d'âge de $3,4 \pm 1,4$ ans durant la petite enfance. Il n'y a pas de différence significative d'âge moyen selon sexe, aussi bien durant la petite enfance qu'à l'âge actuel.

Dans chaque sexe, les sujets sont répartis en 6 classes d'âge de 18 à 23 ans. Ce qui correspond à des classes d'âge de 1 à 5 ans durant la petite enfance. L'intervalle de temps séparant deux classes d'âge est de 12 mois.

I.3.2. Prévalence de la malnutrition selon les indices P(A), P(T) et T(A)

Durant la petite enfance, des prévalences de 25,9% d'insuffisance pondérale ($P(A) < -2$ z-scores), 7,9% de maigreur ($P(T) < -2$ z-scores) et 27,6% de déficit statural ($T(A) < -2$ z-scores) ont été mesurées dans la population d'étude. Il n'y a pas de différence significative entre ces différents taux de malnutrition selon le sexe. Ces trois formes de malnutrition ont affecté les filles et les garçons de façon équivalente.

I.3.3. Moyenne de l'indice T(A) selon le groupe de déficit statural

Les sujets de l'échantillon d'étude sont répartis de façon arbitraire en trois groupes différents de déficit statural : nul, marginal et marqué.

- Dans le groupe des sujets de déficit nul, la médiane de T(A) est de -0,38 z-scores (variance=0,50 z-scores).

- Dans le groupe des sujets de déficit marginal, la médiane de T(A) est de -1,48 z-scores (variance = 0,08 z-scores).

- Dans le groupe des sujets de déficit marqué, la médiane de T(A) est de -2,59 z-scores (variance=0,44 z-scores).

Parmi les sujets du groupe de déficit marqué 22,7% ont une T(A) inférieure à -3 z-scores et 6,3% ont un indice T(A) inférieur à -4 z-scores. Le pourcentage de déficit marqué ne diffère pas significativement selon le sexe.

I.3.4. Répartition des différents groupes de déficit statural selon la classe d'âge

Durant l'enfance, dans les deux sexes, le taux de déficit marginal est significativement plus important dans la classe d'âge des sujets de 1 an. Dans la classe d'âge de 2 ans, le taux de déficit marqué est prédominant même si le résultat n'est pas significatif chez les filles. Par contre les sujets de déficit nul sont plus représentés dans les classes d'âge de 4 et 5 ans (*tableau 5*).

Tableau 5. Répartition (%) des groupes de déficit statural selon la classe d'âge durant l'enfance.

Classe d'âge (ans)	Filles (n=1456)			Garçons (n=1418)		
	Degré de déficit statural			Degré de déficit statural		
	nul (n=578)	marginal (n=478)	marqué (n=400)	nul (n=500)	marginal (n=524)	marqué (n=394)
1 [1 ; 1,50[	28,7	47,3	24,0***	20,1	47,7	32,2***
2 [1,49 ; 2,50[	30,7	32,9	36,5 ns	24,6	35,5	39,9**
3 [2,49 ; 3,50[	33,1	36,7	30,3 ns	38,4	32,5	29,1 ns
4 [4,49 ; 5,50[	47,4	26,5	26,1****	37,1	38,2	24,6**
5 [5,49 ; 6,50[	48,2	29,8	22,0****	43,4	36,1	20,5****

Comparaison selon le groupe de déficit statural : ns=non significatif, ** :p<0,01, *** :p<0,001, **** :p<0,0001.

I.3.5. Déficit de taille des sujets de l'étude par rapport à la référence NCHS

Le *tableau 6* montre la différence moyenne de taille selon le sexe et selon la classe d'âge durant la petite enfance, entre les sujets de l'étude et ceux de la référence NCHS (OMS, 1983). Entre l'âge de 1 et 5 ans, la moyenne du déficit de taille des sujets de l'étude par rapport à la référence NCHS est de 4,76 cm chez les filles et de 5,5 cm chez les garçons.

Tableau 6. Taille moyenne (cm) durant l'enfance selon le sexe et la classe d'âge et comparaison avec la référence *NCHS* (OMS, 1983)

Classe âge (an)	<i>Filles (n=1456)</i>				<i>Garçons (n=1418)</i>			
	Âge réel (an)	Taille moyenne (cm)	Taille <i>NCHS</i> (cm)	Différence de taille ^γ (cm)	Âge réel (an)	Taille moyenne (cm)	Taille <i>NCHS</i> (cm)	Différence de taille ^γ (cm)
1	1,24 [1 ; 1,50[	73,3	77,8†	4,5	1,23 [1 ; 1,50[	74,4	79,4 †	5,0
2	1,99 [1,49 ; 2,50[	80,1	84,5	4,4	1,94 [1,49 ; 2,50[	80,4	86,8	6,4
3	2,99 [2,49 ; 3,50[	88,7	93,9	5,2	2,98 [2,49 ; 3,50[	89,6	94,9	5,3
4	4,01 [3,49 ; 4,50[	97,1	101,6	4,5	4,01 [3,49 ; 4,50[	97,5	102,9	5,4
5	4,96 [5,49 ; 6,23]	103,2	108,4	5,2	4,93 [5,49 ; 6,23]	103,9	109,4	5,5

^γ Différence de taille entre la référence *NCHS* et les sujets de l'étude durant la petite enfance

† Valeur médiane de la taille couchée dans la référence *NCHS* (OMS, 1983)

I.3.6. Etat nutritionnel durant l'enfance selon le degré de déficit statural

Durant la petite enfance, la comparaison des moyennes de taille ajustées sur l'âge montre une différence de taille de 9,5 cm chez les filles et de 10,0 cm chez les garçons entre les deux groupes extrêmes de déficit statural. Chez les garçons comme chez les filles, les sujets de déficit marqué ont des valeurs de poids, de tour de bras, de périmètre musculaire du bras faibles comparés aux sujets de déficit nul ou marginal. Les moyennes d'indice poids selon l'âge P(A) et poids selon la taille P(T) sont également moins élevés dans le groupe des sujets de déficit marqué. Par contre, il n'y a pas de différence significative entre groupes de déficit statural, pour les plis cutanés tricipital et sous-scapulaire (*tableau 7*).

Tableau 7. Etat nutritionnel durant l'enfance selon le degré de déficit statural (n=2874)

Variables anthropométriques	Filles (n=1456)			Garçons (n=1418)		
	Degré de déficit statural			Degré de déficit statural		
	nul (n=578)	marginal (n=478)	marqué (n=400)	nul (n=500)	marginal (n=524)	marqué (n=394)
Poids (kg)	13,2	11,8	10,7****	13,8	12,4	11,0****
Taille (cm)	92,7	87,8	83,2****	93,8	88,9	83,8****
PB (cm)	14,7	14,3	13,8****	14,9	14,4	13,8****
PMB (cm)	12,1	11,6	11,2****	12,4	11,9	11,3****
P(A) (z-score)	-0,6	-1,4	-2,3****	-0,6	-1,4	-2,3****
P(T) (z-score)	-0,5	-0,6	-0,8****	-0,5	-0,7	-0,9****
Pli tricipital (mm)	8,4	8,5	8,3 ns	7,9	8,1	7,8 ns
Pli souscapulaire (mm)	6,2	6,2	6,1 ns	5,8	5,8	5,7 ns

PB=Périmètre du bras, PMB=Périmètre musculaire du bras, P(A)=Poids selon l'âge, P(T)=Poids selon la taille

Comparaison selon le groupe de déficit statural : ns=non significatif, **** : p<0,0001

NB : les valeurs sont ajustées sur l'âge des sujets durant la petite enfance

I.3.7. Scolarisation et déficit statural

Au niveau de l'échantillon d'analyse, 40% des sujets ont fréquenté l'école au moins une fois. Les garçons sont plus scolarisés que les filles (49,7% contre 30,5% $p<0,0001$). Cependant le taux de scolarisation au moment de l'enquête est plus faible, soit 12,7% (16,9% de garçons contre 8,6% de filles, $p<0,0001$). Parmi les 1149 sujets scolarisés 70,2% sont restés au niveau primaire tandis que 29,8% ont atteint le niveau secondaire avec 21,0% de garçons contre 8,8% de filles.

Chez les filles comme chez les garçons, il n'y a pas de relation significative entre le degré de déficit statural et le fait d'avoir été à l'école ou non. En revanche il existe une relation significative entre le degré de déficit statural et le niveau scolaire atteint chez les garçons mais pas chez les filles. En effet chez les garçons, les sujets de déficit nul ou marginal sont mieux représentés dans le secondaire que les sujets de déficit marqué (soit respectivement 39,8 ; 41,9 et 18,3 % pour les groupes de déficit nul, marginal ou marqué ($p=0,002$)).

Certains sujets ont suivi d'autres types d'instruction tels que l'école coranique, l'école arabe ou l'alphabétisation en langue traditionnelle « sereer ». Mais pour défaut de formalisation et de codage précis des niveaux atteints, la relation entre le déficit statural et ces différents types d'instruction n'a pas été étudiée.

I.3.8. Migration et déficit statural

Les résultats en rapport avec les principales caractéristiques de la migration des sujets de l'étude sont présentés aux **tableaux 8a, 8b et 8c**.

Parmi les sujets enquêtés, 89,4% ont déjà migré hors de la zone de Niakhar au moins une fois. Les filles migrent significativement plus que les garçons (98,0 contre 80,6%, $p<0,0001$). Par ailleurs, dans les deux sexes, les sujets de déficit marqué ont significativement moins migré que les autres ($p<0,0001$) (**tableau 8a**).

- Age à la première migration

L'âge moyen de première migration est significativement ($p<0,0001$) plus élevée chez les garçons (16,7 ans) que chez les filles (13,6 ans). Cet âge à la première migration varie également selon le degré de déficit statural. Les sujets de déficit marqué ont un âge de première migration plus élevé. Chez les garçons ce résultat n'est significatif qu'après ajustement sur l'âge et la scolarisation (**tableau 8b**).

Tableau 8a. Fréquence (%) de la migration selon le sexe et le degré de déficit statural

	Filles (n=1456)			Garçons (n=1418)		
	Degré de déficit statural			Degré de déficit statural		
	nul (n=578)	marginal (n=478)	marqué (n=400)	nul (n=500)	marginal (n=524)	marqué (n=394)
A déjà migré						
oui	99,0	98,3	96,3	87,6	82,1	69,8
non	1,0	1,7	3,7**	12,4	17,9	30,2****

Tableau 8b. Migration toutes destinations confondues selon le sexe et le degré de déficit statural

	Filles (n=1297) [†]			Garçons (n=1111) [†]		
	Degré de déficit statural			Degré de déficit statural		
	nul (n=511)	marginal (n=436)	marqué (n=350)	nul (n=423)	marginal (n=418)	marqué (n=270)
Age première migration (ans)	13,1	13,4	14,3****	16,1	16,5	16,6*
Nombre de migration	5,7	5,7	5,6 ns	4,7	4,4	4,4 ns
Durée totale de migration (ans)	5,3	5,2	4,6 ***	2,9	2,5	2,5 ns

Tableau 8c. Migration à Dakar selon le sexe et selon le degré de déficit statural

	Filles (n=1218)			Garçons (n=634)		
	Degré de déficit statural			Degré de déficit statural		
	nul (n=479)	marginal (n=411)	marqué (n=328)	nul (n=258)	marginal (n=228)	marqué (n=148)
Age première migrations (ans) [†]	13,2	13,5	14,4****	16,5	16,6	16,9 ns
Nombre de migration	4,9	5,1	4,8 ns	3,0	2,7	3,3 ns
Durée totale de migration (ans)	3,8	3,9	3,3**	1,8	1,6	1,6 ns

[†] Sujets qui ont déjà migré, [†]Sujets ayant effectué leur première migration sur Dakar (1107 filles et 506 garçons)
 Comparaison selon le degré de déficit statural : ns=non significatif, * : p<0,05, ** : p<0,01, *** : p<0,0001, **** : p<0,0001.

- nombre de séjours de migration

Dans les deux sexes, le nombre de séjours de migration ne varie pas selon le degré de déficit statural (5,7 contre 5,6 séjours chez les filles et 4,7 contre 4,4 séjours chez les garçons entre groupes extrêmes de déficit statural) (*tableau 8b et 8c*). Les sujets de déficit marqué ont effectué autant de migrations que les sujets de déficit marginal ou nul.

- durée totale de migration toutes destinations confondues

Chez les filles, la durée totale de migration varie selon le degré de déficit statural, les sujets de déficit marqué ont une durée totale de migration qui est moindre (5,3 contre 4,6 ans, $p=0,001$ entre groupes extrêmes de déficit statural) (*tableau 8b*). Chez les garçons par contre, la durée totale de migration toutes destinations confondues ne varie pas avec le degré de déficit statural.

- durée totale de migration à Dakar

Chez les filles, les caractéristiques de la migration sur Dakar sont similaires à celles de la migration toutes destinations confondues. Chez les garçons par contre, les différences entre caractéristiques de la migration toutes destinations confondues et de la migration sur Dakar en terme de nombre et de durée sont plus importantes (*tableau 8b et 8c*).

I.3.9. Relation entre scolarisation et migration

Nous avons testé la relation entre la migration et la scolarisation par un test Anova à plusieurs facteurs (scolarisation et âge actuel), chez les sujets qui sont encore à l'école au moment de l'enquête. C'est-à-dire les sujets qui a priori ont eu une scolarisation régulière (n=365).

- Scolarisation et première migration

Chez les garçons, les sujets scolarisés migrent plus tôt à l'âge de 16,0 ans tandis que les non scolarisés migrent plus tard vers l'âge de 16,8 ans ($p=0,001$). Ce résultat reste inchangé lorsque l'on considère l'âge à la première migration sur Dakar (16,2 contre 17,1 ans entre scolarisés et non scolarisés, $p=0,004$). Par contre les filles scolarisées migrent plus tard à l'âge de 14,0 ans tandis que les non scolarisées effectuent leur première migration dès l'âge de 13,5 ans ($p=0,04$). Lorsque l'on considère l'âge à la première migration sur Dakar, la même tendance s'observe mais elle n'est plus significative.

- Scolarisation et nombre de migration

Les garçons scolarisés effectuent plus de migrations que les non scolarisés (5,5 contre 3,6 migrations en moyenne, $p<0,0001$). Cependant, le nombre de migration sur Dakar ne diffère pas significativement selon le statut scolaire. Chez les filles il n'y a pas de relation significative entre la scolarisation et le nombre total de séjours de migration effectués (6,0 séjours chez les scolarisées contre 5,6 séjours chez les non scolarisés, $p=0,2$). Mais les filles scolarisées migrent significativement moins sur Dakar. En moyenne, il y a 4,6 migrations sur Dakar pour les filles allant à l'école contre 5,2 séjours dakarois pour les filles non scolarisées ($p=0,03$).

- Scolarisation et durée totale de migration

La durée totale de migration toutes destinations confondues est inférieure chez les filles scolarisées comparées aux non scolarisées (3,9 ans contre 5,2 ans $p<0,0001$). Mais chez les garçons, on note la tendance inverse même si elle n'est pas significative avec une moyenne de 2,8 ans de durée totale de migration chez les sujets scolarisés contre 2,4 ans chez les non scolarisés ($p=0,0564$). Lorsque l'on considère uniquement les migrations en ville (Dakar), le résultat reste inchangé avec les filles scolarisées ayant des durées de migration inférieures comparées aux filles non scolarisées (2,9 contre 4,5 ans, $p<0,0001$). Chez les garçons par contre, le résultat reste non significatif (1,7 contre 1,5 ans, $p=0,4$).

II. Taille moyenne, rattrapage du déficit statural et migration

II.1. Déficit statural durant l'enfance et taille moyenne à l'adolescence

Les résultats portant sur la variation de la taille moyenne selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural sont présentés dans le *tableau 9*.

Chez les filles comme chez les garçons, la taille moyenne augmente entre 18 et 23 ans. Le résultat est très significatif chez les garçons ($p=0,0001$) mais reste à la limite de la signification chez les filles ($p=0,05$). Chez les garçons, la taille augmente précisément entre 18 et 20 ans.

Dans chaque classe d'âge, chez les filles comme chez les garçons, les sujets de déficit marqué sont plus petits que les sujets de déficit marginal, qui à leur tour sont plus petits que les sujets de déficit nul. Les différences de taille sont significatives d'un groupe de déficit statural à l'autre ($p<0,0001$).

Les moyennes de taille selon le degré de déficit statural, ajustées sur la classe d'âge actuel montrent, entre 18 et 23 ans, un déficit moyen de taille de 6,6 cm chez les filles et de 9,0 cm chez les garçons entre sujets de déficit nul et sujets de déficit marqué ($p<0,0001$).

En comparant la taille moyenne selon le degré de déficit statural, chez les garçons âgés de 20 ans et plus, on obtient le même résultat à savoir une différence moyenne de taille de 9,1 cm entre les deux groupes extrêmes de déficit statural.

Tableau 9. Taille moyenne (cm) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural durant l'enfance (n=2874).

Classes d'âge	Filles (n=1456)				Garçons (n=1418)			
	Moyenne	Degré de déficit statural			Moyenne	Degré de déficit statural		
		nul (n=578)	marginal (n=478)	marqué (n=400)		nul (n=500)	marginal (n=524)	marqué (n=394)
18 ans	160,5 ± 5,8 ¹ (n=169)	164,8 (n=47)	160,4 (n=81)	155,8 [†] (n=41)	165,8 ± 8,4 ¹ (n=208)	170,8 (n=38)	167,6 (n=83)	162,0 [†] (n=87)
19 ans	160,7 ± 6,1 (n=283)	164,6 (n=78)	161,4 (n=94)	157,2 [†] (n=111)	170,5 ± 7,9 (n=258)	174,8 (n=79)	170,5 (n=92)	166,7 [†] (n=87)
20 ans	161,3 ± 5,6 (n=260)	164,2 (n=87)	161,1 (n=93)	158,5 [†] (n=80)	173,2 ± 7,0 (n= 233)	176,9 (n=86)	173,0 (n=91)	167,7 [†] (n=56)
21 ans	161,8 ± 6,2 (n=269)	164,3 (n=129)	161,4 (n=77)	157,2 [†] (n=63)	172,8 ± 7,0 (n= 266)	177,4 (n=97)	172,2 (n=96)	167,4 [†] (n=73)
22 ans	161,8 ± 5,8 (n=274)	163,5 (n=143)	160,9 (n=72)	159,0 [†] (n=59)	174,7 ± 6,6 (n= 279)	177,7 n=125	173,6 n=97	169,8 [†] (n=57)
23 ans	161,6 ^a ± 6,0 (n=201)	164,6 (n=94)	160,0 (n=61)	157,7 [†] (n=46)	174,8 ^γ ± 6,6 (n=174)	178,1 (n=75)	174,7 (n=65)	168,0 [†] (n=34)

¹ Moyennes ± Ecart Type,

Comparaisons selon la classe d'âge ^a: p = 0,05, ^γ: p<0,0001

[†] Comparaisons selon le groupe de déficit statural : p<0,0001. Les moyennes diffèrent d'un groupe à l'autre selon le test de student Newman Keuls.

II.2. Déficit statural et gain de taille de l'enfance à la fin de l'adolescence

Le gain de taille correspond pour chaque sujet, à la différence entre la taille actuelle (entre 18 et 23 ans) et la taille durant l'enfance (entre 1 et 5 ans). Les résultats présentés dans le *tableau 10a* indiquent que :

- chez les garçons, les variations du gain de taille selon le degré de déficit statural ne sont significatives qu'à 21 et 22 ans. Les sujets du groupe de déficit marqué gagnent plus en taille comparés à ceux des groupes de déficit nul ou marginal.
- Chez les filles par contre, les variations du gain de taille sont significatives à chaque classe d'âge sauf à 19 ans. Dans la classe d'âge de 18 ans ce sont les sujets de déficit nul qui ont un gain de taille supérieur à celui des sujets du groupe de déficit marqué. Mais dans les classes d'âge de 20 à 23 ans, on a le résultat inverse car ces derniers gagnent en moyenne plus en taille que les sujets de déficit nul ou marginal. La différence significative se retrouve entre les deux groupes extrêmes de déficit statural (nul et marqué).

Le gain de taille diminue de façon significative avec l'âge ($p < 0,0001$). C'est-à-dire que les sujets les plus jeunes ont un gain de taille supérieur.

Les moyennes de gain de taille ajustées sur l'âge, montrent que les sujets de déficit marqué, gagnent respectivement 2,7 et 1,4 cm comparés aux sujets du groupe de déficit statural nul, chez les filles ($p < 0,0001$) et les garçons ($p = 0,01$).

Tableau 10a. Gain de taille (cm) de la petite enfance (1-5 ans) à la fin de l'adolescence (18-23 ans) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural (n=2874).

classes d'âge	Filles (n=1456)				Garçons (n=1418)			
	Age en 1983-84 (ans)	Degré de déficit statural			Age en 1983-84 (ans)	Degré de déficit statural		
		nul (n=578)	marginal (n=478)	marqué (n=400)		nul (n=500)	marginal (n=524)	marqué (n=394)
18 ans	1,4 ± 0,3	88,0 ^a (n=47)	85,9 ^b (n=81)	84,2 ^{b**} (n=41)	1,4 ± 0,3	91,0 (n=38)	91,5 (n=83)	88,6 ns (n=87)
19 ans	2,1 ± 0,4	79,5 (n=78)	81,0 (n=94)	80,4 ns (n=111)	2,2 ± 0,5	87,8 (n=79)	88,8 (n=92)	88,0 ns (n=87)
20 ans	3,0 ± 0,6	71,3 ^b (n=87)	72,3 ^b (n=93)	75,1 ^{a***} (n=80)	3,2 ± 0,5	81,2 (n=86)	82,6 (n=91)	81,9 ns (n=56)
21 ans	4,0 ± 0,6	63,2 ^b n=129	65,1 ^b (n=77)	67,0 ^{a*} (n=63)	4,1 ± 0,6	73,8 ^b (n=97)	74,8 ^{ab} (n=96)	76,7 ^{a**} (n=73)
22 ans	4,8 ± 0,4	56,8 ^c n=143	60,8 ^b (n=72)	64,3 ^{a****} (n=59)	4,8 ± 0,4	70,4 ^b n=125	71,7 ^b (n=97)	75,0 ^{a***} (n=57)
23 ans	5,1 ± 0,4	57,0 ^b (n=94)	57,5 ^b (n=61)	60,8 ^{a***} (n=46)	5,1 ± 0,4	69,1 (n=75)	70,9 (n=65)	71,5 ns (n=34)

Comparaison selon le groupe de déficit statural : ns=non significatif, *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001, ****p<0,0001.

Les valeurs affectées d'exposants différents sont significativement différentes selon le test de Student Newman Keuls.

II.3. Le phénomène statistique de régression vers la moyenne

Pour le gain de taille, en effectuant les mêmes analyses que précédemment, mais en considérant les sujets qui ont eu au moins deux bilans anthropométriques durant l'enfance (n=2325), on constate que :

- chez les garçons, les variations du gain de taille selon le degré de déficit statural ne sont significatives ($p < 0,001$) que dans la classe d'âge de 22 ans. Les sujets de déficit marqué gagnent plus en taille que les sujets de déficit nul ou marginal.
- Chez les filles, cette variation est significative dans les classes d'âge de 20 à 23 ans, et ce sont les sujets de déficit marqué qui ont des gains de taille significativement supérieurs à ceux des sujets de déficit nul ou marginal (*tableau 10b*).

Les sujets de déficit marqué, gagnent respectivement 2,5 et 1,5 cm de plus que les sujets de déficit nul, chez les filles ($p < 0,0001$) et les garçons ($p < 0,001$).

Tableau 10b. Gain de taille (cm) de la petite enfance (1-5 ans) à la fin de l'adolescence (18-23 ans) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural chez les sujets ayant eu au moins deux bilans anthropométriques durant la petite enfance (n=2326).

classes d'âge	Filles (n=1182)				Garçons (n=1144)			
	Age en 1983-84 (ans)	Degré de déficit statural			Age en 1983-84 (ans)	Degré de déficit statural		
		nul (n=474)	marginal (n=384)	marqué (n=324)		nul (n=426)	marginal (n=400)	marqué (n=318)
18 ans	1,2 ± 0,2	82,9 (n=19)	83,3 (n=14)	80,8 ns (n=12)	1,2 ± 0,2	88,0 (n=21)	89,2 (n=23)	89,5 ns (n=28)
19 ans	1,6 ± 0,4	80,1 (n=74)	79,6 (n=91)	79,4 ns (n=76)	1,7 ± 0,4	86,5 (n=61)	88,9 (n=82)	86,6 ns (n=77)
20 ans	2,5 ± 0,5	80,0 ^b (n=81)	72,1 ^b (n=101)	74,5 ^{a***} (n=64)	2,7 ± 0,5	81,1 (n=82)	82,4 (n=83)	81,7 ns (n=58)
21 ans	3,6 ± 0,5	63,0 ^b (n=114)	63,3 ^b (n=73)	66,7 ^{a***} (n=64)	3,6 ± 0,5	74,0 (n=99)	74,7 (n=84)	76,3 ns (n=71)
22 ans	4,3 ± 0,4	56,6 ^c (n=127)	59,6 ^b (n=61)	64,0 ^{a****} (n=63)	4,3 ± 0,4	69,8 ^b (n=108)	72,3 ^a (n=81)	73,5 ^{a****} (n=53)
23 ans	4,7 ± 0,4	56,1 ^b (n=59)	56,2 ^b (n=44)	59,6 ^{a***} (n=45)	4,6 ± 0,4	69,4 (n=55)	70,5 (n=47)	70,4 ns (n=31)

Comparaison selon le groupe de déficit statural : ns=non significatif, *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001, ****p<0,0001

Les valeurs affectées d'exposants différents sont significativement différentes selon le test de Student Newman Keuls.

II.4. Etude de la croissance staturale terminale des garçons

Dans un sous-échantillon de 264 garçons, âgés de $18,5 \pm 0,6$ ans, on a mesuré la croissance en taille, année par année sur une période de deux ans. Le **tableau 11** illustre les principaux résultats obtenus.

Le gain de taille moyen entre 18,5 et 19,7 ans est de $3,7 \pm 2,7$ cm. Entre 19,7 et 20,7 ans, le gain de taille est de $1,9 \pm 1,9$ cm. Le gain de taille varie significativement selon la classe d'âge entre 18 et 21 ans ($p < 0,0001$). Chez ces garçons, la différence de taille subsistant à l'âge adulte, entre les deux groupes extrêmes de déficit statural est de 7,4 cm ($p < 0,0001$) (**tableau 11a**). Le déficit statural durant l'enfance était de 8,3 cm. Cependant, la variation du gain de taille entre deux passages successifs n'est pas fonction du degré de déficit statural (**tableau 11b**). Les sujets des trois différents groupes de déficit statural ont eu des gains de taille similaires à la fin de l'adolescence.

Tableau 11a. Taille moyenne (cm) à la fin de l'adolescence chez les garçons (n=264).

Enquête	Age moyen (ans)	Taille moyenne (cm)	Degré de déficit statural		
			Nul (n=67)	Marginal (n=89)	marqué (n=108)
1983-84	1,9 ± 0,6	79,8 ± 6,2	85,3	80,8	76,9 [†]
2001	18,5 ± 0,6	167,4 ± 8,5	173,7	169,4	165,7 [†]
2002	19,7 ± 0,6	171,1 ± 7,4	176,3	172,0	168,7 [†]
2003	20,7 ± 0,6	173,0 [§] ± 6,8	177,8	173,6	170,4 [†]

Tableau 11b. Gain de taille (cm) de la petite enfance à la fin de l'adolescence chez les garçons (n=264)

Période	Intervalle de temps (ans)	Gain de taille (cm)	Degré de déficit statural		
			Nul (n=67)	Marginal (n=89)	marqué (n=108)
1983-2001	1,9 à 18,5 ± 0,6	87,6 ± 7,5	86,9	87,2	87,0 ns
2001-02	18,5 à 19,7 ± 0,6	3,7 ± 2,7	3,2	3,2	3,7 ns
2002-03	19,7 à 20,7 ± 0,6	1,9 [§] ± 1,9	1,6	1,7	1,8 ns

Sur les 267 sujets disponibles pour l'analyse, 3 parmi eux présentaient des handicaps physiques, ils sont exclus de l'analyse.

Comparaison selon le groupe de déficit statural : ns = non significatives, [†] : p<0,0001

Comparaison selon la classe d'âge [§] : p<0,0001

NB : les valeurs sont ajustées sur l'âge des sujets au moment de l'enquête

II.5. Effet de la migration sur le gain taille de l'enfance à la fin de l'adolescence

La régression linéaire multiple est utilisée pour déterminer les différents facteurs expliquant le gain de taille. Ce dernier constitue la variable dépendante. La durée totale de migration et l'âge à la première migration constituent les variables indépendantes. Chaque modèle de régression linéaire a tenu compte de l'âge actuel et de la valeur de l'indice taille selon l'âge $T(A)$ durant l'enfance comme variables d'ajustement. Pour éviter le phénomène de régression vers la moyenne, ces analyses ne concernent que les sujets qui ont eu au moins deux mesures de taille durant la petite enfance ($n=1974$). La dernière mesure servant au calcul du gain de taille, tandis que l'avant-dernière mesure a servi au calcul de l'indice $T(A)$ donc à la détermination du degré de déficit statural durant l'enfance.

On note tout d'abord que dans tous les modèles étudiés (*tableau 12 et 13*) l'âge actuel et l'indice $T(A)$ sont inversement liés au gain de taille ($p<0,0001$). Les sujets les plus jeunes ont un gain plus élevé que celui des sujets les plus âgés. Le gain de taille est également plus important chez les sujets dont la valeur de l'indice $T(A)$ est plus faible, donc chez les sujets du groupe de déficit marqué.

II.5.1. Relation entre gain de taille et durée de migration

- Gain de taille et durée totale de migration toutes destinations confondues

la durée totale de migration toutes destinations confondues est positivement liée au gain de taille dans les deux sexes, mais le résultat n'est significatif que chez les garçons. Lorsque la durée totale de migration augmente d'une année, le gain de taille augmente de 0,4 cm (*tableau 12a*).

- Gain de taille et durée totale de migration en ville (Dakar)

Chez les filles, il existe une relation inverse significative entre le gain de taille et la durée totale de migration à Dakar. Lorsque la durée de migration à Dakar augmente d'une année, le gain de taille diminue de 0,18 cm, $p=0,01$. Chez les garçons, il n'y a pas de relation significative entre le gain de taille et la durée totale de migration à Dakar (*tableau 12b*).

Tableau 12a. Résultats de la régression linéaire du gain de taille (cm) en fonction de la durée totale de migration toutes destinations confondues, ajustés sur l'âge actuel et la valeur de l'indice taille selon l'âge T(A) durant la petite enfance (n=1974).

Gain de taille ^y (cm)	Filles (n=1055)			Garçons(n=919)		
	β	IC*	p	β	IC*	p
Age (ans)	-5,867	[-6,132 ; -5,601]	<0,0001	-5,068	[-5,391 ; - 4,746]	<0,0001
T(A) (z-scores)	-1,508	[-1,804 ; -1,213]	<0,0001	-1,096	[-1,451 ; - 0,741]	<0,0001
Durmigrtdc (ans)	0,089	[-0,042 ; 0,221]	ns	0,429	[0,264 ; 0,593]	<0,0001

Tableau 12b. Résultats de la régression linéaire du gain de taille (cm) en fonction de la durée totale de migration à Dakar, ajustés sur l'âge actuel et la valeur de l'indice taille selon l'âge T(A) durant la petite enfance (n=1524).

Gain de taille ^y (cm)	Filles (n=999)			Garçons(n=525)		
	β	IC*	p	β	IC*	p
Age (ans)	-5,769	[-6,031 ; -5,506]	<0,0001	-4,671	[-5,085 ; - 4,256]	<0,0001
T(A) (z-scores)	-1,507	[-1,809 ; -1,206]	<0,0001	-1,204	[-1,672 ; -0,736]	<0,0001
Durmigrdkr (ans)	-0,182	[-0,328 ; -0,036]	0,01	-0,049	[-0,321 ; 0,223]	ns

Durmigrtdc : durée totale de migration toutes destinations confondues

Durmigrdkr : durée totale de migration à Dakar.

^yGain de taille de la petite enfance (1-5 ans) à la fin de l'adolescence (18-23 ans), Âge : âge des sujets au moment de l'enquête, T(A) : indice taille selon l'âge durant l'enfance

β =coefficient de régression, IC*=Intervalle de confiance à 95%, ns=non significatif

II.5.2. Relation entre le gain de taille et l'âge à la première migration

- Age à la première migration quelque soit la destination

Chez les garçons, il y a une relation inverse significative entre le gain de taille et l'âge à la première migration quelque soit la destination. Le gain de taille est d'autant plus élevé que l'âge à la première migration est bas. Précisément, le gain de taille augmente de 0,3 cm lorsque l'âge à la première migration diminue d'une année (**tableau 13a**). Par contre chez les filles, il n'y a pas de relation significative entre le gain de taille et l'âge à la première migration quelque soit la destination.

- Gain de taille et âge à la première migration à Dakar

Dans les deux sexes, il n'y a pas de relation significative entre l'âge à la première migration à Dakar et le gain de taille. Mais la relation est positive chez les filles, alors qu'elle est négative chez les garçons (**tableau 13b**).

Tableau 13a. Résultats de la régression linéaire du gain de taille (cm) en fonction de l'âge à la première migration quelque soit la destination, ajustés sur l'âge actuel et la valeur de l'indice taille selon l'âge T(A) durant l'enfance (n=1974).

Gain de taille ^γ	Filles (n=1055)			Garçons (n=919)		
	β	IC*	p	β	IC*	p
Age (ans)	-5,828	[-6,084 ; - 5,571]	<0,0001	-4,693	[-5,002 ; - 4,382]	<0,0001
T(A) (z-scores)	-1,461	[-1,760 ; -1,161]	<0,0001	-1,117	[-1,475 ; -0,759]	<0,0001
agepremig (ans)	0,062	[-0,072 ; 0,197]	ns	-0,339	[-0,494 ; - 0,184]	<0,0001

Tableau 13b. Résultats de la régression linéaire du gain de taille (cm) en fonction de l'âge à la première migration sur Dakar, ajustés sur l'âge actuel et la valeur de l'indice taille selon l'âge T(A) durant l'enfance (n=1321).

Gain de taille ^γ (cm)	Filles (n=905)			Garçons(n=416)		
	β	IC*	p	β	IC*	p
Age (ans)	-5,925	[-6,198 ; -5,652]	<0,0001	-4,886	[-5,353 ; - 4,419]	<0,0001
T(A) (z-scores)	-1,531	[-1,852 ; -1,210]	<0,0001	-1,189	[-1,714 ; -0,665]	<0,0001
agepremigdkr (ans)	0,096	[-0,054; 0,247]	ns	-0,048	[-0,331 ; 0,236]	ns

agepremig : âge à la première migration quelque soit la destination

agepremigdkr : âge à la première migration à Dakar

^γ Gain de taille de la petite enfance (1-5 ans) à l'adolescence (18-23 ans), Âge: âge des sujets au moment de l'enquête, T(A) : indice taille selon l'âge durant la petite enfance

β=coefficient de regression, *IC=Intervalle de confiance à 95%, ns=non significatif

III. Déficit statural durant l'enfance, composition corporelle à l'adolescence et migration

III.1. Déficit statural et poids corporel total

Dans les deux sexes, les sujets du groupe de déficit marqué ont un poids plus petit comparés aux sujets de déficit nul ou marginal. Le résultat reste significatif à toutes les classes d'âge.

Chez les filles, entre 18 et 23 ans, il n'y pas de variation significative du poids selon la classe d'âge. Par contre, chez les garçons, le poids augmente en moyenne entre 18 et 22 ans (*tableau 14*).

Entre 18 et 23 ans, la différence moyenne de poids entre groupes extrêmes de déficit statural est respectivement de 6,0 et 8,0 kg chez les filles et les garçons ($p < 0,0001$).

III.2. Déficit statural et périmètre brachial

Le périmètre du bras varie significativement selon le degré de déficit statural dans les classes d'âge de 20 et 21 ans chez les filles et de 18 à 22 ans chez les garçons. Ce sont les sujets de déficit marqué qui ont un périmètre du bras plus petit, comparés aux sujets de déficit nul ou marginal.

Chez les filles entre 18 et 23 ans, il n'y a pas de variation significative du périmètre du bras selon la classe d'âge, contrairement aux garçons chez qui le périmètre du bras augmente significativement ($p < 0,0001$) entre 18 et 21 ans (*tableau 15*).

En considérant l'ensemble des sujets de l'étude et en ajustant sur l'âge actuel, la variation du périmètre du bras entre groupes extrêmes de déficit statural, est de 0,8 cm chez les filles et de 1,1 cm chez les garçons ($p < 0,0001$).

Tableau 14. Poids moyen (kg) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural durant l'enfance (n=2721).

Classe d'âge	Filles (n=1303)				Garçons (n=1418)			
	Moyenne	Degré de déficit statural			Moyenne	Degré de déficit statural		
		Nul (n=507)	Marginal (n=432)	Marqué (n=364)		nul (n=500)	marginal (n=524)	marqué (n=394)
18 ans	54,8 ± 8,1 (n=160)	56,4 ^a (n=42)	55,7 ^a (n=79)	51,1 ^b ** (n=39)	50,7 ^s ± 8,1 (n=208)	54,8 ^a (n=38)	52,2 ^a (n=83)	47,4 ^b *** (n=87)
19 ans	55,3 ± 7,9 (n=257)	59,3 ^a (n=69)	55,4 ^b (n=83)	52,5 ^c **** (n=105)	55,9 ⁴ ± 8,6 (n=258)	59,6 ^a (n=79)	56,1 ^b (n=92)	52,2 ^c **** (n=87)
20 ans	56,1 ± 7,7 (n=241)	58,7 ^a (n=79)	56,5 ^a (n=87)	52,8 ^b **** (n=75)	59,6 ³ ± 7,9 (n=233)	62,6 ^a (n=86)	59,7 ^b (n=91)	54,6 ^c **** (n=56)
21 ans	56,9 ± 8,0 (n=237)	59,9 ^a (n=112)	56,0 ^b (n=70)	52,0 ^c **** (n=55)	61,0 ² ± 7,8 (n=266)	65,5 ^a (n=97)	61,0 ^b (n=96)	55,1 ^c **** (n=73)
22 ans	56,1 ± 7,1 (n=237)	57,3 ^a (n=125)	55,6 ^{ab} (n=63)	53,9 ^b ** (n=49)	62,6 ¹ ± 7,4 (n=279)	65,2 ^a (n=125)	61,8 ^b (n=97)	58,3 ^c **** (n=57)
23 ans	55,9 ± 7,6 ns (n=171)	58,4 ^a (n=80)	54,8 ^b (n=50)	52,5 ^b **** (n=41)	63,0 ¹ ± 6,4 [§] (n=174)	66,0 ^a (n=75)	61,4 ^b (n=65)	59,4 ^b *** (n=34)

Comparaison selon le degré de déficit statural : ns=non significatif, * : p<0,05, ** : p<0,01, *** : p<0,001, **** : p<0,0001,

Comparaison selon la classe d'âge : ns=non significatif, § : p<0,0001. Les valeurs affectées d'exposants différents sont significativement différentes.

Les exposants en chiffres caractérisent les comparaisons selon la classe d'âge et en lettres selon le degré de déficit statural

Tableau 15. Périmètre du bras moyen (cm) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural durant l'enfance (n=2721).

Classe d'âge	Filles (n=1303)				Garçons (n=1418)			
	Moyenne	Degré de déficit statural			Moyenne	Degré de déficit statural		
		Nul (n=507)	Marginal (n=432)	Marqué (n=364)		nul (n=500)	marginal (n=524)	marqué (n=394)
18 ans	25,8 ± 2,8 (n=160)	25,4 (n=42)	26,2 (n=79)	25,6 ns (n=39)	23,2 ^s ± 2,3 (n=208)	23,8 ^a (n=38)	23,4 ^{ab} (n=83)	22,7 ^b * (n=87)
19 ans	26,0 ± 2,6 (n=257)	26,6 (n=69)	26,0 (n=83)	25,6 ns (n=105)	24,5 ⁴ ± 2,5 (n=258)	25,0 ^a (n=79)	24,6 ^{ab} (n=92)	23,9 ^b ** (n=87)
20 ans	26,0 ± 2,4 (n=241)	26,5 ^a (n=79)	26,3 ^a (n=87)	25,2 ^b *** (n=75)	25,7 ³ ± 2,3 (n=233)	25,9 ^a (n=86)	25,9 ^a (n=91)	24,9 ^b * (n=56)
21 ans	26,4 ± 2,5 (n=237)	26,8 ^a (n=112)	26,3 ^{ab} (n=70)	25,7 ^b * (n=55)	26,5 ² ± 2,4 (n=266)	27,2 ^a (n=97)	26,6 ^a (n=96)	25,4 ^b **** (n=73)
22 ans	26,1 ± 2,6 (n=237)	26,2 (n=125)	26,0 (n=63)	25,8 ns (n=49)	26,8 ¹² ± 2,4 (n=279)	27,2 ^a (n=125)	26,6 ^{ab} (n=97)	26,2 ^b * (n=57)
23 ans	26,1 ± 2,5 ns (n=171)	26,3 (n=80)	26,2 (n=50)	25,6 ns (n=41)	27,2 ¹ ± 2,1 [§] (n=174)	27,5 (n=75)	26,7 (n=65)	27,3 ns (n=34)

Comparaison selon le degré de déficit statural : ns=non significatif, * : p<0,05, ** : p<0,01, *** : p<0,001, **** : p<0,0001

Comparaison selon la classe d'âge : ns=non significatif[§] : p<0,0001. Les valeurs affectées d'exposants différents sont significativement différentes.

Les exposants en chiffres caractérisent les comparaisons selon la classe d'âge et en lettres selon le degré de déficit statural

III.3. Déficit statural et périmètre musculaire du bras

Le périmètre musculaire du bras (PMB) varie significativement selon le degré de déficit statural dans les classes d'âge de 20 et 21 ans chez les filles et 18, 19 et 21 ans chez les garçons. Les sujets de déficit marqué ont un PMB plus petit comparés aux sujets de déficit nul ou marginal.

Le PMB augmente entre 18 et 20 ans chez les filles et entre 18 et 21 ans chez les garçons (*tableau 16*).

La moyenne des différences entre groupes extrêmes de déficit statural est de 0,6 cm chez les filles et de 1,1 cm chez les garçons, après ajustement sur l'âge des sujets ($p < 0,0001$).

Dans les deux sexes, les variations du périmètre du bras et du périmètre musculaire du bras selon l'âge et selon le degré de déficit statural sont identiques à la différence que le périmètre du bras ne varie pas avec l'âge chez les filles.

III.4. Déficit statural et indice de masse corporelle

Chez les filles, l'indice de masse corporelle (IMC) ne varie pas significativement selon le degré de déficit statural sauf dans la classe d'âge de 21 ans où les sujets de déficit nul ont un IMC supérieur ($p < 0,05$) à celui des sujets de déficit marqué.

Chez les garçons, en tenant compte du degré de déficit statural, les variations de l'IMC sont irrégulières. Ces variations sont significatives à 19 ans ($p < 0,05$) et à 21 ans ($p < 0,0001$). Ce sont les sujets de déficit nul qui ont un IMC plus élevé que celui des sujets de déficit marqué. A 23 ans également la variation de l'IMC est significative, mais ce sont les sujets de déficit marqué qui ont un IMC supérieur ($p < 0,001$) à celui des sujets de déficit marginal.

Chez les filles, dans la tranche d'âge de 18 à 23 ans, il n'y a pas de variation de l'indice de masse corporelle (IMC) selon la classe d'âge. Chez les garçons par contre, l'IMC augmente significativement ($p < 0,0001$) entre 18 et 21 ans (*tableau 17*).

En ajustant sur l'âge, la différence moyenne d'IMC entre groupes extrêmes de déficit statural est de 0,5 kg/m² chez les filles ($p = 0,05$) et de 0,7 kg/m² chez les garçons ($p < 0,0001$).

Tableau 16. Périmètre musculaire du bras moyen (cm) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural durant l'enfance.

Classe d'âge	Filles (n=1303)				Garçons (n=1418)			
	Moyenne	Degré de déficit statural			Moyenne	Degré de déficit statural		
		Nul (n=507)	Marginal (n=432)	Marqué (n=364)		nul (n=500)	marginal (n=524)	marqué (n=394)
18 ans	20,1 ³ ± 2,5 (n=160)	20,1 (n=42)	20,1 (n=79)	20,1 ns (n=39)	20,9 ⁵ ± 2,1 (n=208)	21,4 ^a (n=38)	21,2 ^{ab} (n=83)	20,5 ^{b *} (n=87)
19 ans	20,2 ² ± 2,0 (n=257)	20,7 (n=69)	20,0 (n=83)	20,0 ns (n=105)	22,3 ⁴ ± 2,1 (n=258)	22,7 ^a (n=79)	22,4 ^{ab} (n=92)	21,7 ^{b *} (n=87)
20 ans	20,5 ¹ ± 2,1 (n=241)	21,0 ^a (n=79)	20,5 ^{ab} (n=87)	20,1 ^{b *} (n=75)	23,4 ³ ± 2,1 (n=233)	23,5 (n=86)	23,6 (n=91)	22,8 ns (n=56)
21 ans	20,9 ¹ ± 1,7 (n=237)	21,1 ^a (n=112)	21,0 ^a (n=70)	20,3 ^{b *} (n=55)	24,2 ² ± 2,2 (n=266)	24,8 ^a (n=97)	24,3 ^a (n=96)	23,1 ^{b ****} (n=73)
22 ans	21,0 ¹ ± 1,8 (n=237)	21,2 (n=125)	20,7 (n=63)	20,8 ns (n=49)	24,4 ² ± 2,6 (n=279)	24,8 (n=125)	24,1 (n=97)	23,9 ns (n=57)
23 ans	21,0 ¹ ± 1,6 [§] (n=171)	21,3 (n=80)	20,8 (n=50)	20,6 ns (n=41)	24,8 ¹ ± 2,1 [§] (n=174)	25,2 (n=75)	24,4 (n=65)	24,8 ns (n=34)

Comparaison selon le degré de déficit statural : ns=non significatif, * : p<0,05, **** : p<0,0001

Comparaison selon la classe d'âge[§] : p<0,0001. Les valeurs affectées d'exposants différents sont significativement différentes.

Les exposants en chiffres caractérisent les comparaisons selon la classe d'âge et en lettres selon le degré de déficit statural.

Tableau 17. Indice de masse corporelle (kg/m²) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural durant l'enfance (n=2721).

Classe d'âge	Filles (n=1303)				Garçons (n=1418)			
	Moyenne	Degré de déficit statural			Moyenne	Degré de déficit statural		
		Nul (n=507)	Marginal (n=432)	Marqué (n=364)		nul (n=500)	marginal (n=524)	marqué (n=394)
18 ans	21,3 ± 3,0 (n=160)	20,7 (n=42)	21,7 (n=79)	21,0 ns (n=39)	18,3 ⁴ ± 1,7 (n=208)	18,7 (n=38)	18,5 (n=83)	18,0 ns (n=87)
19 ans	21,4 ± 2,5 (n=257)	21,8 (n=69)	21,2 (n=83)	21,2 ns (n=105)	19,1 ³ ± 1,8 (n=258)	19,4 ^a (n=79)	19,2 ^a (n=92)	18,7 ^{b *} (n=87)
20 ans	21,5 ± 2,5 (n=241)	21,7 (n=79)	21,7 (n=87)	20,9 ns (n=75)	19,8 ² ± 1,8 (n=233)	20,0 (n=86)	19,9 (n=91)	19,3 ns (n=56)
21 ans	21,6 ± 2,5 (n=237)	22,0 ^a (n=112)	21,4 ^{ab} (n=70)	21,1 ^{b *} (n=55)	20,4 ¹ ± 1,9 (n=266)	20,8 ^a (n=97)	20,5 ^a (n=96)	19,6 ^{b ***} (n=73)
22 ans	21,5 ± 2,4 (n=237)	21,5 (n=125)	21,4 (n=63)	21,5 ns (n=49)	20,5 ¹ ± 1,9 (n=279)	20,6 (n=125)	20,5 (n=97)	20,2 ns (n=57)
23 ans	21,4 ± 2,5 ns (n=171)	21,5 (n=80)	21,4 (n=50)	21,1 ns (n=41)	20,6 ¹ ± 1,8 [§] (n=174)	20,8 ^a (n=75)	20,1 ^b (n=65)	21,1 ^{a ***} (n=34)

Comparaison selon le degré de déficit statural : ns=non significatif, * : p<0,05, ** : p<0,01, *** : p<0,001, **** : p<0,0001.

Comparaison selon la classe d'âge : ns=non significatif, § : p<0,0001. Les valeurs affectées d'exposants différents sont significativement différentes.

Les exposants en chiffres caractérisent les comparaisons selon la classe d'âge et en lettres selon le degré de déficit statural.

III.5. Prévalence de maigreur, de surcharge pondérale et d'obésité : comparaison selon le sexe et selon le degré de déficit statural

III.5.1. Comparaison des taux de maigreur, de surpoids et d'obésité selon le sexe

Les prévalences de maigreur, de surpoids ou d'obésité obtenues avec les différents seuils utilisés sont présentées au **tableau 18**. En comparant les seuils 1 et 2, on note une légère différence de prévalence mais la répartition selon le sexe est identique. Cependant, la maigreur est prédominante chez les garçons alors que les risques de surpoids et d'obésité se rencontrent presque uniquement chez les filles, quelque soit le seuil considéré.

Tableau 18. Prévalence (%) de maigreur de surpoids ou d'obésité selon le sexe et le seuil considéré.

Indicateurs	<i>Seuil1</i>			<i>Seuil2*</i>		
	Taux global	Filles (n=1303)	Garçons (n=1418)	Taux global	Filles (n=754)	Garçons (n=830)
Maigreur	17,6	4,7	12,9	17,2	2,0	15,2
Risque de surpoids	4,3	4,0	0,3	5,0	5,0	0,0
Obésité	0,15	0,15	0,0	1,69	1,69	0,0

* Sujets âgés de plus de 20 ans (n=1584)

Seuil1

Maigreur : IMC <18,5 kg/m², Risque de surpoids : 25 < IMC <30 kg/m², Obésité : IMC >30 kg/m²

Seuil2

Maigreur : IMC <17,4 kg/m² (filles), IMC <18,7 kg/m² (Garçons)

Risque de surpoids : IMC ≥26,1 kg/m² (Filles), IMC ≥26,9 kg/m² (Garçons)

Obésité : - IMC ≥26,1 kg/m² et PCT/âge ≥27,3 mm et PCS/âge ≥25,1 mm (Filles)

- IMC ≥26,9 kg/m² et PCT/âge ≥16,6 mm et PCS/âge ≥19,5 mm (Garçons)

III.5.2. Comparaison des taux de maigreur, de surcharge pondérale et d'obésité selon le degré de déficit statural durant l'enfance.

La variation des taux de maigreur, de surpoids ou d'obésité selon le degré de déficit statural est étudiée en utilisant le seuil 2.

Maigreur

- Chez les garçons, le taux de maigreur ($IMC < 18,7 \text{ kg/m}^2$) est significativement ($p=0,01$) plus élevé chez les sujets de déficit marqué comparés aux sujets de déficit nul ou marginal (*figure 3*), alors que chez les filles ($IMC < 17,4 \text{ kg/m}^2$), il n'y a pas de différence significative de taux de maigreur selon le degré de déficit statural.

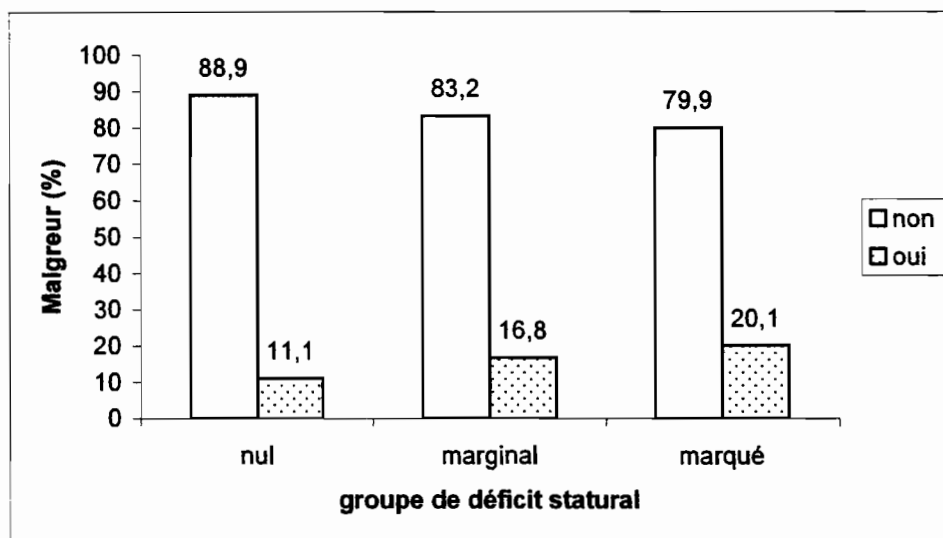


Figure 3. Prévalence de maigreur ($IMC < 18,7 \text{ kg/m}^2$) selon le groupe de déficit statural chez les garçons ($n=830$)*

* Garçons âgés de 20 ans et plus

Surpoids et Obésité

- Chez les filles les taux de surpoids et d'obésité ($\text{IMC} > 26,14 \text{ kg/m}^2$) ne varient pas significativement selon le degré de déficit statural (*figure 4*). Par contre, chez les garçons ($\text{IMC} > 26,9 \text{ kg/m}^2$) il n'y a aucun cas de surpoids ni d'obésité.

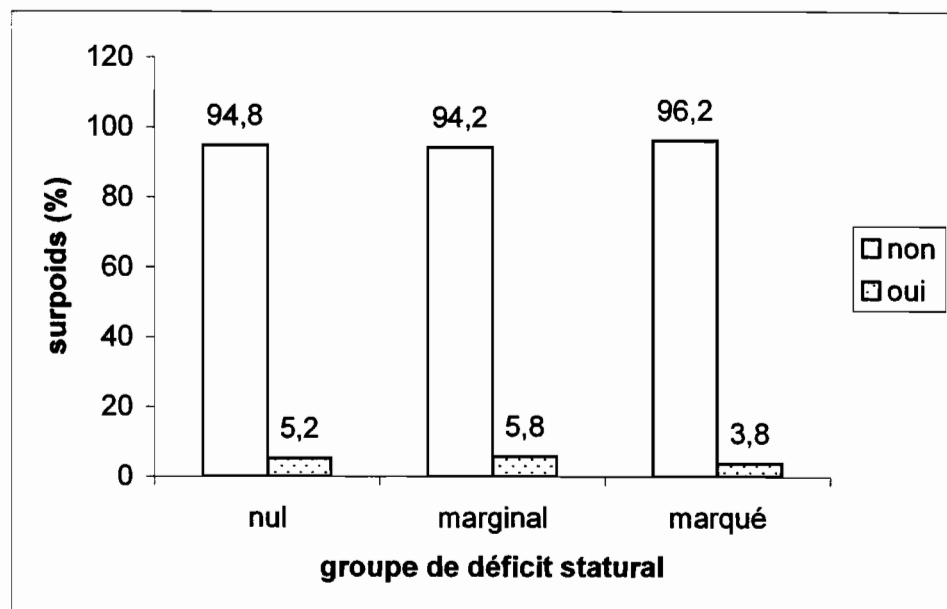


Figure 4. Prévalence de surpoids ($\text{IMC} > 26,14 \text{ kg/m}^2$) selon le groupe de déficit statural chez les filles ($n=754$)*

* Filles âgées de 20 ans et plus

III.6. Déficit statural et plis cutanés tricipital et sous-scapulaire

- Pli cutané tricipital

Dans les deux sexes il n'y a pas de variation significative du pli cutané tricipital selon le degré de déficit statural, quelque soit la classe d'âge considérée.

La moyenne du pli cutané tricipital varie significativement ($P < 0,001$) selon la classe d'âge chez les filles. Cette variation selon la classe d'âge n'est pas observée chez les garçons (*tableau 19*).

- Pli cutané sous-scapulaire

Chez les garçons comme chez les filles, il n'y a pas de variation significative du pli cutané sous-scapulaire selon le degré de déficit statural.

Le pli sous-scapulaire ne varie pas selon la classe d'âge chez les filles mais augmente significativement entre 18 et 20 ans chez les garçons (*tableau 20*).

Durant la petite enfance, il n'y avait pas de différence significative des plis cutanés tricipital ou souscapulaire selon le degré de déficit statural.

Tableau 19. Pli cutané tricipital (mm) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural durant l'enfance (n=2721).

Classe d'âge	Filles (n=1303)				Garçons (n=1418)			
	Moyenne	Degré de déficit statural			Moyenne	Degré de déficit statural		
		Nul (n=507)	Marginal (n=432)	Marqué (n=364)		nul (n=500)	marginal (n=524)	marqué (n=394)
18 ans	18,3 ¹ ± 11,2 (n=160)	16,7 (n=42)	19,4 (n=79)	17,7 ns (n=39)	7,2 ± 2,2 (n=208)	7,7 (n=38)	7,1 (n=83)	7,2 ns (n=87)
19 ans	18,3 ¹ ± 8,0 (n=257)	18,6 (n=69)	18,9 (n=83)	17,8 ns (n=105)	7,0 ± 2,0 (n=258)	7,3 (n=79)	7,0 (n=92)	6,8 ns (n=87)
20 ans	17,5 ¹² ± 8,1 (n=241)	17,5 (n=79)	18,6 (n=87)	16,3 ns (n=75)	7,4 ± 2,4 (n=233)	7,7 (n=86)	7,4 (n=91)	7,0 ns (n=56)
21 ans	17,5 ¹² ± 6,2 (n=237)	18,2 (n=112)	16,9 (n=70)	17,0 ns (n=55)	7,5 ± 2,6 (n=266)	7,6 (n=97)	7,5 (n=96)	7,4 ns (n=73)
22 ans	16,1 ² ± 6,3 (n=237)	15,8 (n=125)	16,9 (n=63)	15,9 ns (n=49)	7,7 ± 3,8 (n=279)	7,7 (n=125)	8,0 (n=97)	7,3 ns (n=57)
23 ans	16,1 ² ± 6,5 [§] (n=171)	15,7 (n=80)	17,2 (n=50)	15,7 ns (n=41)	7,5 ± 2,6 ns (n=174)	7,3 (n=75)	7,4 (n=65)	8,1 ns (n=34)

Comparaison selon le degré de déficit statural : ns=non significatif.

Comparaison selon la classe d'âge : ns=non significatif, [§]: p<0,01

Les valeurs affectées d'exposants différents sont significativement différentes.

Tableau 20. Pli cutané sous-scapulaire (mm) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural durant l'enfance (n=2721).

Classe d'âge	Filles (n=1303)				Garçons (n=1418)			
	Moyenne	Degré de déficit statural			Moyenne	Degré de déficit statural		
		Nul (n=507)	Marginal (n=432)	Marqué (n=364)		nul (n=500)	marginal (n=524)	marqué (n=394)
18 ans	13,1 ± 8,7 (n=160)	11,7 (n=42)	13,8 (n=79)	13,1 ns (n=39)	6,7 ⁴ ± 1,5 (n=208)	7,1 (n=38)	6,7 (n=83)	6,5 ns (n=87)
19 ans	12,8 ± 5,0 (n=257)	12,7 (n=69)	13,1 (n=83)	12,7 ns (n=105)	7,2 ³ ± 1,5 (n=258)	7,4 (n=79)	7,3 (n=92)	6,9 ns (n=87)
20 ans	12,6 ± 5,3 (n=241)	13,1 (n=79)	12,6 (n=87)	11,9 ns (n=75)	7,9 ² ± 1,7 (n=233)	8,1 (n=86)	7,9 (n=91)	7,6 ns (n=56)
21 ans	13,0 ± 7,8 (n=237)	13,2 (n=112)	13,4 (n=70)	12,2 ns (n=55)	8,1 ² ± 1,8 (n=266)	8,2 ^{ab} (n=97)	8,3 ^a (n=96)	7,7 ^b * (n=73)
22 ans	12,1 ± 5,2 (n=237)	12,1 (n=125)	12,5 (n=63)	11,9 ns (n=49)	8,6 ¹ ± 3,4 (n=279)	8,5 (n=125)	8,8 (n=97)	8,3 ns (n=57)
23 ans	12,1 ± 5,2 ns (n=171)	12,1 (n=125)	12,5 (n=63)	11,9 ns (n=49)	8,7 ¹ ± 2,1 [§] (n=174)	8,7 (n=75)	8,4 (n=65)	9,1 ns (n=34)

Comparaison selon le degré de déficit statural : ns=non significatif, * : p<0,05

Comparaison selon la classe d'âge : ns=non significatif, § : p<0,0001. Les valeurs affectées d'exposants différents sont significativement différentes.

Les exposants en chiffres caractérisent les comparaisons selon la classe d'âge et en lettres selon le degré de déficit statural.

III.7. Comparaison de la composition corporelle entre migrants actuels et sujets restés au village

Pour déterminer les effets de la migration sur la composition corporelle, on a comparé les sujets selon leur statut migratoire actuel. C'est-à-dire selon qu'ils sont dans leur village d'origine au moment de l'enquête ou qu'ils sont en zone de migration au cours de notre passage. C'est ainsi qu'on a comparé les sujets enquêtés à Niakhar (n=1497) à ceux enquêtés à Dakar (n=369).

Les principaux résultats de ces comparaisons sont présentés au **tableau 21**. En ajustant sur l'âge actuel des sujets, les résultats montrent que dans les deux sexes, il n'y a pas de différence significative du poids et du périmètre brachial entre sujets vivant à Niakhar et ceux rencontrés à Dakar. Cependant le périmètre musculaire du bras est significativement plus élevé chez les filles vivant à Niakhar comparées à celle rencontrées à Dakar (20,9 contre 20,2 cm, $p < 0,0001$). La même tendance s'observe chez les garçons mais elle n'est pas significative. Par contre, dans les deux sexes, les sujets rencontrés à Dakar ont des plis cutanés tricipital et sous scapulaire plus élevés. La différence est de 1 mm chez les garçons et de 3 mm chez les filles.

Les filles rencontrées à Dakar ont également un indice de masse corporelle plus élevé que celles vues à Niakhar (22,0 contre 21,5 kg/m², $p = 0,01$). Par contre chez les garçons l'indice de masse corporelle ne varie pas significativement selon que le sujet est à Dakar ou à Niakhar.

Tableau 21. Effet de la migration sur de la composition corporelle : comparaison entre Niakhar et Dakar (n=1866).

Variables anthropométriques	Fillesy (n=885)		Garçons (n=981)	
	<i>Niakhar</i> (n=632)	vs <i>Dakar</i> (n=253)	<i>Niakhar</i> (n=865)	vs <i>Dakar</i> (n=116)
Poids (kg)	56,0	57,0 ns	58,6	58,4 ns
PB (cm)	26,1	26,3 ns	25,6	25,7 ns
PMB (cm)	20,9	20,2****	23,3	23,1 ns
PCT (mm)	16,7	19,7****	7,4	8,1**
PCS (mm)	11,8	15,2****	7,6	8,6****
IMC (kg/m ²)	21,5	22,0**	19,8	19,9 ns

Comparaison entre Niakhar et Dakar : ns=non significatif, **p<0,01, ****P<0,0001.

PB=périmètre du bras, PMB=périmètre musculaire du bras,

PCT= pli cutané tricipital, PCS=pli cutané sous scapulaire, IMC=indice de masse corporelle.

Les résultats sont ajustés sur l'âge des sujets au moment de l'enquête.

IV. Déficit statural durant l'enfance, pression artérielle à l'adolescence et migration

IV.1. Déficit statural et pression artérielle

- Déficit statural et pression systolique

Chez les filles, la pression systolique ne varie pas significativement selon le déficit statural sauf dans la classe d'âge de 20 ans. Dans cette dernière, les sujets de déficit marginal ont une pression systolique significativement ($p < 0,01$) plus élevée que celle des sujets de déficit nul ou marqué. Chez les garçons également la pression systolique ne varie pas selon le degré de déficit statural sauf dans la classe d'âge de 18 ans où les sujets de déficit nul ont une pression systolique légèrement plus élevée que celle des sujets de déficit marqué.

Chez les filles, il n'y a pas de variation significative de la pression systolique selon la classe d'âge, par contre chez les garçons, il y a une augmentation significative ($p < 0,0001$) de la pression systolique entre 18 et 20 ans (*tableau 22*).

Au niveau de l'échantillon global, la pression systolique ne varie pas selon le degré de déficit statural chez les filles, par contre chez les garçons les sujets de déficit nul ont une pression systolique significativement ($p = 0,001$) plus élevée de 4 mmHg que celle des sujets de déficit marqué.

- Déficit statural et pression diastolique

Chez les filles, la pression diastolique ne varie pas selon le degré de déficit statural sauf dans la classe d'âge de 20 ans, où les sujets de déficit marginal ont une pression diastolique plus élevée comparée à celle des sujets de déficit marqué. Ce sont les filles de déficit marginal qui ont également une pression systolique plus élevée que celle des sujets de déficit nul ou marqué à cet âge.

Chez les garçons, dans toutes les classes d'âge considérées, il n'y a pas de variation de la pression diastolique selon le degré de déficit statural.

La pression diastolique ne varie pas selon la classe d'âge chez les filles, tandis que chez les garçons il y a une élévation significative ($p < 0,05$) de la pression diastolique lorsque l'âge augmente (*tableau 23*).

En ajustant sur l'âge des sujets, il n'y a pas de variations significatives de la pression diastolique selon le degré de déficit statural. Le résultat est identique dans les deux sexes.

Tableau 22 . Variations de la pression systolique (cmHg) selon le sexe, la classe d'âge et le déficit statural durant l'enfance (n=2721).

Classe d'âge	Filles (n=1303)				Garçons (n=1418)			
	Moyenne	Degré de déficit statural			Moyenne	Degré de déficit statural		
		Nul (n=507)	Marginal (n=432)	Marqué (n=364)		nul (n=500)	marginal (n=524)	marqué (n=394)
18 ans	12,1± 1,2 (n=160)	12,2 (n=42)	12,1 (n=79)	12,0 ns (n=39)	12,2 ³ ± 1,3 (n=208)	12,6 ^a (n=38)	12,2 ^{ab} (n=83)	11,9 ^{b *} (n=87)
19 ans	12,1 ±1,2 (n=257)	12,2 (n=69)	11,9 (n=83)	12,1 ns (n=105)	12,4 ² ± 1,4 (n=258)	12,7 (n=79)	12,4 (n=92)	12,3 ns (n=87)
20 ans	12,1 ± 1,3 (n=241)	12,0 ^b (n=79)	12,4 ^a (n=87)	11,8 ^{b**} (n=75)	12,8 ¹ ± 1,4 (n=233)	12,8 (n=86)	12,8 (n=91)	12,6 ns (n=56)
21 ans	12,1 ± 1,3 (n=237)	12,3 (n=112)	11,9 (n=70)	11,9 ns (n=55)	12,9 ¹ ± 1,4 (n=266)	13,0 (n=97)	12,9 (n=96)	12,7 ns (n=73)
22 ans	12,1 ± 1,2 (n=237)	12,1 (n=125)	12,0 (n=63)	12,2 ns (n=49)	12,9 ¹ ± 1,3 (n=279)	13,0 (n=125)	12,9 (n=97)	12,7 ns (n=57)
23 ans	11,9 ± 1,2 ns (n=171)	11,9 (n=80)	12,0 (n=50)	11,6 ns (n=41)	12,8 ¹ ± 1,3 (n=174) [§]	12,9 (n=75)	12,8 (n=65)	12,5 ns (n=34)

Comparaison selon le degré de déficit statural : ns=non significatif, * : p<0,05, ** : p<0,01,

Comparaison selon la classe d'âge : ns=non significatif, [§] p<0,0001. Les valeurs affectées d'exposants différents sont significativement différentes.

Les exposants en chiffres caractérisent les comparaisons selon la classe d'âge et en lettres selon le degré de déficit statural.

Tableau 23. Variation de la pression diastolique (cmHg) selon le sexe, la classe d'âge et le degré de déficit statural durant l'enfance.

Classe d'âge	Filles (n=1303)				Garçons (n=1418)			
	Moyenne	Degré de déficit statural			Moyenne	Degré de déficit statural		
		Nul (n=507)	Marginal (n=432)	Marqué (n=364)		nul (n=500)	marginal (n=524)	marqué (n=394)
18 ans	7,6 ± 1,2 (n=160)	7,7 (n=42)	7,5 (n=79)	7,8 ns (n=39)	7,4 ² ± 1,2 (n=208)	7,7 (n=38)	7,2 (n=83)	7,4 ns (n=87)
19 ans	7,4 ± 1,2 (n=257)	7,5 (n=69)	7,2 (n=83)	7,4 ns (n=105)	7,4 ² ± 1,3 (n=258)	7,4 (n=79)	7,4 (n=92)	7,3 ns (n=87)
20 ans	7,5 ± 1,2 (n=241)	7,4 ^{ab} (n=79)	7,7 ^a (n=87)	7,2 ^{b *} (n=75)	7,5 ¹² ± 1,1 (n=233)	7,5 (n=86)	7,5 (n=91)	7,6 ns (n=56)
21 ans	7,4 ± 1,3 (n=237)	7,6 (n=112)	7,3 (n=70)	7,2 ns (n=55)	7,6 ¹² ± 1,3 (n=266)	7,7 (n=97)	7,6 (n=96)	7,6 ns (n=73)
22 ans	7,5 ± 1,2 (n=237)	7,6 (n=125)	7,4 (n=63)	7,5 ns (n=49)	7,6 ¹² ± 1,3 (n=279)	7,8 (n=125)	7,5 (n=97)	7,4 ns (n=57)
23 ans	7,4 ± 1,1 ns (n=171)	7,5 (n=80)	7,5 (n=50)	7,2 ns (n=41)	7,7 ¹ ± 1,0 (n=174) [§]	7,8 (n=75)	7,6 (n=65)	7,8 ns (n=34)

Comparaison selon le degré de déficit statural : ns=non significatif, * : p<0,05

Comparaison selon la classe d'âge : ns=non significatif, [§] p<0,05. Les valeurs affectées d'exposants différents sont significativement différentes.

Les exposants en chiffres caractérisent les comparaisons selon la classe d'âge et en lettres selon le degré de déficit statural.

IV.2. Prévalence d'hypertension artérielle selon le sexe et selon le degré de déficit statural

- Selon le sexe

Parmi les sujets de l'étude, 12,3% ont une pression systolique élevée (>140 mmHg) et 10,7% ont une pression diastolique élevée (>90 mmHg). La prévalence d'hypertension artérielle globale (pressions systolique et diastolique élevées) est de 5,1%. Cette prévalence est deux fois plus élevée chez les garçons que chez les filles ($p<0,0001$).

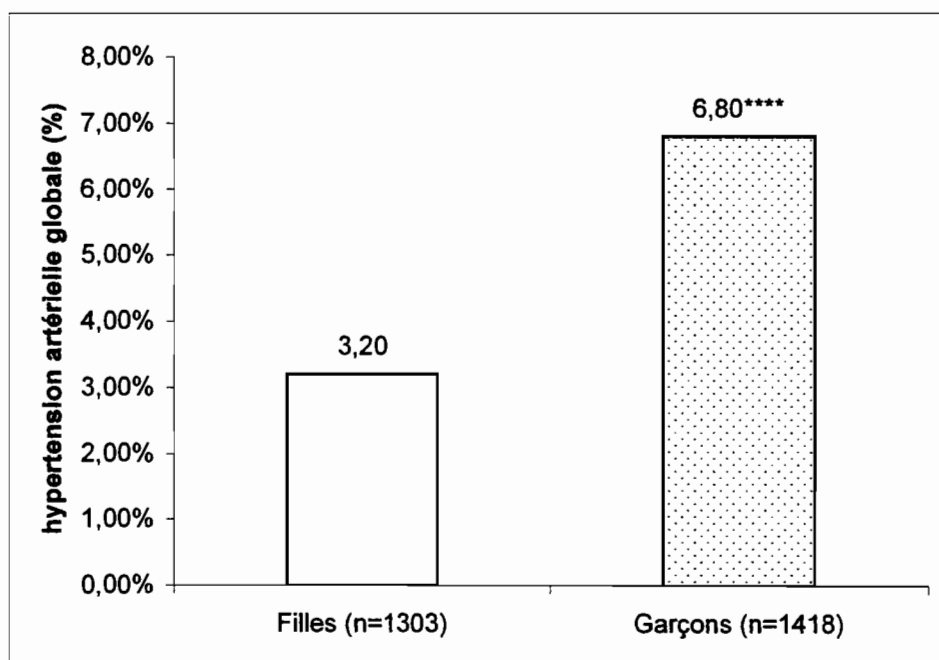


Figure 5. Prévalence d'hypertension artérielle globale selon le sexe (n=2721)

- Selon le degré de déficit statural

Chez les filles comme chez les garçons, il n'y a pas de différence significative du taux d'hypertension artérielle globale selon le degré de déficit statural.

IV.3. Pression artérielle et migration

En régression linéaire, nous avons étudié la relation entre la pression artérielle et la migration. La pression artérielle (systolique ou diastolique) constitue la variable dépendante. La durée de migration, l'âge à la première migration, l'âge des sujets au moment de l'enquête, la taille, l'indice de masse corporelle selon l'âge durant l'enfance, l'indice de masse corporelle et les plis cutanés tricipital et sous scapulaire constituent les variables explicatives ou variables indépendantes.

IV.3.1. Pression artérielle et durée totale de migration en ville (Dakar)

- Pression systolique et durée totale de migration en ville

Chez les filles, il existe une relation inverse significative entre la durée totale de migration en ville et la pression systolique. Plus le sujet a séjourné longtemps en ville moins la pression systolique est élevée. Ce résultat se vérifie aussi bien en régression linéaire simple qu'en régression multiple après ajustement sur l'âge des sujets, la taille, l'indice de masse corporelle selon l'âge durant l'enfance, l'indice de masse corporelle et les plis cutanés tricipital et sous scapulaire. Chez les garçons, on observe la même tendance mais le résultat est à la limite de la signification et seulement après ajustement sur les différents paramètres du modèle. Lorsque la durée totale de migration à Dakar augmente d'une année, la pression systolique diminue de 0,5 mmHg ($p=0,0002$ chez les filles et $p=0,05$ chez les garçons) (**tableau 24**). Dans les deux sexes le résultat reste inchangé lorsque l'on tient compte du mesureur.

Si on reprend la même analyse que précédemment, en étudiant cette fois la durée totale de migration toutes destinations confondues, le résultat demeure le même chez les filles. Chez les garçons, la relation inverse notée entre la pression systolique et la durée de migration toutes destinations confondues demeure mais elle devient non significative (**tableau 25**).

- Pression diastolique et durée totale de migration en ville

Chez les filles comme chez les garçons, il n'y a pas de relation significative entre la pression diastolique et la durée totale de séjour en ville en régression linéaire simple comme en régression multiple avec ajustement sur les différents paramètres du modèle. Ce résultat reste inchangé lorsque l'on effectue la même analyse que précédemment, en utilisant la durée totale de migration toutes destinations confondues ou lorsqu'on tient compte de l'effet mesureur.

Tableau 24. Résultats de la régression linéaire de la pression systolique (cmHg) en fonction de la durée de migration à Dakar ajustés sur les facteurs confondants (n=1721).

	Pression systolique (n=1722)†					
	Filles (n=1088)			Garçons(n=634)		
	β	IC*	p	β	IC*	p
IMC (kg/m ²)	0,077	[0,038 ; 0,116]	0,0001	0,135	[0,073 ; 0,197]	<0,0001
Pli tricipital (mm)	0,031	[0,014 ; 0,048]	0,0004	0,091	[0,039 ; 0,143]	0,001
Taille (cm)	0,003	[-0,011 ; 0,017]	ns	0,027	[0,010 ; 0,044]	0,002
durmigrdkr (ans)	-0,054	[-0,082 ; -0, 026]	0,0002	-0,050	[-0,099 ; -0,001]	0,05
Pli souscapulaire (mm)	-0,027	[-0,047 ; - 0,007]	0,01	-0,039	[-0,115 ; 0,036]	ns

Durmigrdkr=durée de migration à Dakar

† sujets qui ont déjà migré sur Dakar

IMC=indice de masse corporelle.

β =coefficient de régression, *IC=intervalle de confiance à 95%, ns=non significatif

NB : Les variables (âge actuel des sujets et l'indice taille selon l'âge T(A) durant l'enfance) ne sont plus significativement liés à la pression systolique. Leur valeurs ne sont pas présentées dans le tableau.

Tableau 25. Résultats de la régression linéaire de la pression systolique (cmHg) en fonction de la durée de migration toutes destinations confondues, ajustés sur les facteurs confondants (n=2273).

	Pression systolique (n=2273)					
	Filles (n=1162)			Garçons(n=1111)		
	β	IC*	p	β	IC*	p
IMC (kg/m ²)	0,072	[0,035 ; 0,110]	0,0002	0,128	[0,081 ; 0,176]	<0,0001
Pli tricipital (mm)	0,019	[0,003 ; 0,034]	0,02	0,081	[0,039 ; 0,122]	0,0001
Taille (cm)	0,005	[-0,008 ; 0,018]	ns	0,034	[0,021 ; 0,046]	<0,0001
Durmigrtdc (ans)	-0,047	[-0,072 ; -0,022]	0,0002	-0,016	[-0,045 ; 0,012]	ns

Durmigrtdc : durée totale de migration toutes destinations confondues

IMC=indice de masse corporelle

β = coefficient de régression, *IC=intervalle de confiance à 95%, ns=non significatif

NB : Les variables (âge actuel des sujets et l'indice taille selon l'âge T(A) durant l'enfance et le pli cutané sous scapulaire) ne sont plus significativement liés à la pression systolique. Leur valeurs ne sont pas présentées dans le tableau.

IV.3.2. Pression artérielle et âge à la première migration sur Dakar

- Pression systolique et âge à la première migration sur Dakar

Chez les filles comme chez les garçons, la pression systolique est positivement corrélée avec l'âge à la première migration à Dakar de façon significative ($p=0,001$ pour les filles et $p=0,03$ chez les garçons). La pression systolique est d'autant plus élevée que l'âge à la première migration est élevé. Chez les filles, lorsque l'âge à la première migration augmente d'une année, la pression systolique s'élève de 0,49 mmHg. Chez les garçons, une augmentation d'une année sur l'âge à la première migration sur Dakar entraîne une élévation de 0,54 mmHg de la pression systolique du sujet (*tableau 26*). Le résultat reste inchangé lorsqu'on effectue les mêmes analyses en tenant compte cette fois de l'âge à la première migration quelque soit la destination (*tableau 27*) ou lorsque l'on tient compte du mesureur.

- Pression diastolique et âge à la première migration sur Dakar

Chez les filles comme chez les garçons, il n'y a pas de relation significative entre la pression diastolique et l'âge à la première migration à Dakar. Le résultat reste inchangé si on effectue la même analyse avec l'âge à la première migration quelque soit la destination ou lorsque que l'on tient compte du mesureur.

Tableau 26. Résultats de la régression linéaire de la Pression systolique (cmHg) en fonction de l'âge à la première migration sur Dakar ajustés sur les variables confondantes (n=1493).

	Pression systolique (n=1493) [†]					
	Filles (n=987)			Garçons(n=506)		
	β	IC*	p	β	IC*	p
IMC (kg/m ²)	0,082	[0,039 ; 0,125]	0,0002	0,134	[0,066 ; 0,203]	0,0001
Agepremdkr (ans)	0,049	[0,019 ; 0,078]	0,01	0,054	[0,005 ; 0,102]	0,03
Pli tricipital (mm)	0,036	[0,018 ; 0,054]	<0,0001	0,093	[0,031 ; 0,154]	0,003
Taille (cm)	0,006	[-0,009 ; 0,020]	ns	0,031	[0,013 ; 0,050]	0,001
Pli sscap (mm)	-0,034	[-0,057 ; -0,011]	0,004	-0,030	[-0,114 ; 0,053]	ns

[†] sujets qui ont effectué leur première migration à Dakar

Pli sscap= pli sous scapulaire

Agepremdkr= Age à la première migration sur Dakar

IMC=indice de masse corporelle

β =coefficient de régression, *IC=intervalle de confiance à 95%, ns=non significatif

NB : Les variables (âge actuel des sujets et l'indice taille selon l'âge T(A) durant l'enfance) ne sont plus significativement liés à la pression systolique. Leur valeurs ne sont pas présentées dans le tableau.

Tableau 27. Résultats de la régression linéaire de la pression systolique (cmHg) en fonction de l'âge à la première migration quelque soit la destination (n=2273).

	Pression systolique (n=2273)					
	Filles (n=1162)			Garçons (n=1111)		
	β	IC*	p	β	IC*	p
IMC (kg/m ²)	0,075	[0,037 ; 0,112]	<0,0001	0,130	[0,082 ; 0,177]	<0,0001
Agepremig (ans)	0,039	[0,013 ; 0,064]	0,003	0,027	[0,0005 ; 0,054]	0,05
Pli tricipital (mm)	0,019	[0,0004 ; 0,035]	0,01	0,080	[0,038 ; 0,121]	0,0002
Taille (cm)	0,005	[-0,009 ; 0,018]	ns	0,034	[0,021 ; 0,047]	<0,0001

Agepremig= Âge à la première migration quelque soit la destination

IMC=indice de masse corporelle, T(A)= indice taille selon l'âge durant l'enfance

β =coefficient de régression, *IC=intervalle de confiance à 95%, ns=non significatif

NB : Les variables (âge actuel des sujets et l'indice taille selon l'âge T(A) durant l'enfance et le pli cutané souscapulaire) ne sont plus significativement liés à la pression systolique. Leur valeurs ne sont pas présentées dans le tableau.

DISCUSSION

DISCUSSION

L'objectif principal de cette thèse était de savoir s'il est possible pour les enfants malnutris de rattraper leur retard de croissance staturale survenu durant la petite enfance. Pour ce faire, nous avons suivi 3977 adolescents et jeunes adultes sœurs âgés de 18 à 23 ans, dont 2874 ont été inclus dans notre étude. Leur état nutritionnel durant la petite enfance a été déterminé en 1983-84, lors d'une vaste étude anthropométrique qui a concerné les 30 villages de la zone rurale de Niakhar. En 2001-02, nous avons effectué de nouveau des mesures anthropométriques sur les sujets : poids, taille, tour de bras, plis cutanés tricipital et souscapulaire, selon des méthodes de références (Lohman, 1988). Les mesures faites en double par chaque mesureur ont été scrupuleusement contrôlées et si nécessaire reprises. Elles indiquent une bonne reproductibilité intra-mesureur, due au fait que les deux mesures d'un même mesureur se succèdent et ne sont distantes que de quelques secondes, contrairement aux enquêtes HES ou Health Examination Surveys (Cameron, 1986). Concernant la reproductibilité inter-mesureur, elle est également bonne, même si, on observe un biais négligeable de 1 mm sur la mesure de la taille entre les deux premiers mesureurs. Cet effort de standardiser les mesureurs de l'enquête afin d'avoir la meilleure reproductibilité possible n'a pas été rapporté dans des études similaires réalisées en Inde ou au Guatemala (Satyanarayana et al., 1981 ; Satyanarayana et al., 1986 ; Martorell et al., 1990). Il n'y a pas de différence significative d'indice taille selon l'âge T(A) durant la petite enfance entre les sujets inclus dans l'enquête ($T(A)=-1,04$ ($SD=1,3$)) de ceux non-inclus ($T(A)=-1,08$ ($SD=1,4$)). Les enfants de moins d'un an ($n=655$) ont été exclus des analyses car les rares cas de retard de croissance rencontrés avant l'âge de 1 an peuvent résulter d'une réduction de la croissance intra-utérine.

Pour étudier le rattrapage en taille des sujets malnutris, nous avons utilisé deux approches principales. La première étant de calculer le gain de taille de la petite enfance à la fin de l'adolescence et de le comparer entre groupes de déficit statural différents (nul, marginal ou marqué), au sein de la même population. Cette première approche a la particularité de réduire fortement la variabilité inter-population. Mais elle nécessite de connaître le statut nutritionnel antérieur des sujets et se rencontre dans les études longitudinales (Satyanarayana et al., 1989 ; Martorell et al., 1990 ; Simondon et al., 1998 ; Hussain et al., 1985). La seconde approche est surtout caractéristique des études transversales (Kulin et al., 1982 ; Cameron et al., 1988 ; Billewicz & McGregor, 1982). Elle consiste à comparer l'ensemble des sujets de notre étude à la référence NCHS/OMS. Le choix de cette référence repose sur le fait que les termes de la croissance d'enfants bien portant même provenant d'ethnies différents sont similaires. Il s'y ajoute que si certaines différences ethniques sont évidentes, ces différences sont mineures comparées à celles que peuvent engendrer le niveau de santé et de nutrition (Habicht et al., 1974).

En utilisant l'approche longitudinale, on note que la différence de taille entre les groupes extrêmes de retard de croissance durant la petite enfance était de 10 cm chez les garçons et de 9,5 cm chez les filles. Les gains de taille enregistrés de la petite enfance à la fin de l'adolescence montrent que les filles retardées en taille gagnent 3 cm et les garçons 1,5 cm de plus que les sujets n'ayant pas connu de retard de croissance. Ainsi le rapport du gain de taille supplémentaire sur le déficit statural de la petite enfance montre que, les filles ont rattrapé 30% de leur déficit statural et les garçons 14%. Cette première approche met ainsi en évidence un rattrapage partiel du retard de croissance staturale. Des travaux qui se sont basés sur cette même approche longitudinale montrent cependant des résultats contradictoires. En Inde, le rattrapage est également partiel car les filles ont rattrapé 45% de leur déficit statural et les garçons 33% (Satyanarayana et al., 1986 ; Satyanarayana et al., 1981). Au Sénégal, au cours de l'adolescence, un rattrapage partiel a été rapporté chez les filles malnutries mais pas chez les garçons. Cependant, les sujets des deux sexes n'avaient pas complètement terminé leur croissance en taille (Simondon et al., 1998). Au Guatemala et au Nigéria par contre, il n'y a eu aucun rattrapage du retard de croissance staturale (Martorell et al., 1990 ; Hussain et al., 1985).

En étudiant la variation du gain de taille par classe d'âge et selon le degré de retard de croissance staturale, le rattrapage en taille est en réalité effectif que chez les sujets les plus âgés de notre étude (20 à 23 ans), mais pas chez les plus jeunes (18 à 19 ans). La question que l'on se pose est de savoir, pourquoi il y a un rattrapage du retard de croissance staturale chez certains sujets et pas chez d'autres ? Il est difficile de répondre à cette question d'autant plus que les sujets sont indépendants d'une classe d'âge à l'autre. Mais au vu de ce constat, il serait plausible de dire que le rattrapage en taille se réalise au niveau individuel et que les sujets qui ont souffert très précocement de la malnutrition ont peu de chance de rattraper leur déficit statural (Dossou et al., 2003).

Pour savoir si le rattrapage en taille observé chez les sujets de notre étude n'est pas le résultat du phénomène statistique de régression vers la moyenne, nous avons sélectionné les sujets qui avaient au moins deux mesures de taille durant la petite enfance. La première ayant servi à la détermination du niveau de retard de croissance et la dernière au calcul du gain de taille. Les filles malnutris ont gagné 2,5 cm et les garçons 1,5 cm. On observe donc des résultats similaires à ceux déjà obtenus indiquant qu'il y a un rattrapage en taille même après contrôle du phénomène statistique de régression vers la moyenne. Utilisant la méthode de Cameron et al (2005b), les valeurs moyennes de T(A) observées à l'âge adulte (-0,40 et -0,46 z-scores respectivement chez les filles et les garçons) excèdent les valeurs attendues (-0,78 et -0,87 z-scores respectivement chez les filles et les garçons), indiquant de nouveau un rattrapage en taille chez les sujets de notre étude.

En utilisant l'approche transversale, nous avons estimé en premier lieu la prévalence de retard de croissance durant la petite enfance. Cette prévalence a été de 27,6 % [IC=24,9 ;

29,3%] dans les deux sexes. A l'âge adulte, 18 ans pour les filles et 20 ans pour les garçons, cette prévalence n'est plus que de 5,2% chez les filles et de 6,7% chez les garçons. Toujours durant la petite enfance, le déficit moyen de taille par rapport à la référence NCHS était d'environ 5 cm dans les deux sexes. A l'âge adulte, il subsiste une différence d'environ 2 à 3 cm. De l'enfance à l'adolescence, cette forte baisse de la prévalence du retard de croissance ainsi que la réduction du déficit de taille par rapport à la référence NCHS sont des arguments en faveur de la récupération en taille des sujets malnutris durant l'enfance. Au Kenya, une étude transversale a comparé la taille de jeunes ruraux vivant dans un environnement limité, utilisé comme marqueur de la malnutrition, à celle de jeunes citadins de Nairobi vivant dans des milieux aisés (**Kulin et al., 1982**). La différence de taille de 7 et 11 cm observée respectivement chez les filles et les garçons à l'âge de 11-12 ans avait disparu à la fin de la puberté, indiquant ainsi un rattrapage en taille complet de ces jeunes ruraux. Cependant les jeunes des deux milieux sont plus petits que les références internationales (**Kulin et al., 1982 ; Little et al., 1983**). De même, en exploitant les données de milliers de sujets noirs d'origine africaine déportés en Amérique entre 1820 et 1860, **Steckel et al (1987)** ont mis en évidence un rattrapage en taille presque complet chez ces derniers. Cette évolution du statut nutritionnel était corrélée à l'amélioration du régime alimentaire des sujets à l'adolescence, avec l'entrée dans la « période de labeur ». Utilisant toujours cette approche transversale, un rattrapage partiel en taille a été observé en Afrique du Sud (**Cameron et al., 1994**) mais pas en Gambie (**Billewicz & McGregor, 1982**).

Dans notre présente étude, la comparaison des deux approches montre que l'approche longitudinale met en évidence une récupération partielle du retard de croissance alors que l'approche transversale montre un rattrapage presque complet du déficit statural. Cependant quelque soit l'approche utilisée, un rattrapage partiel en taille suppose la persistance partielle des déficits staturaux survenus durant l'enfance. De nombreuses études ont indiqué la persistance du retard de croissance une fois établi et ont conforté l'idée selon laquelle « un enfant petit donne un adulte petit » (**Satyanarayana et al., 1980 ; Martorell et al., 1990 ; Billewicz & McGregor, 1982 ; Hussain et al., 1985**). Ces différentes études ont mis en cause la malnutrition chronique et la fréquence des infections dont les effets se sont exercés antérieurement lors de l'enfance : avant le début de la puberté (**Satyanarayana et al., 1989**), avant l'âge de 5 ans (**Hussain et al., 1985 ; Martorell et al., 1990**) et parfois plus précocement avant l'âge de 3 ans (**Billewicz & McGregor, 1982 ; Martorell et al., 1992**). Cependant, dans toutes les populations y compris celles n'ayant pas souffert de malnutrition chronique, la taille durant l'enfance est fortement corrélée à la taille ultérieure (**OMS, 1995**). Cela signifie que la petite taille d'un individu n'est pas seulement l'expression de la malnutrition chronique et des infections. Il existe d'autres facteurs pouvant influencer la taille, dont le plus important est la composante génétique (**Tanner, 1962**). Celle-ci englobe aussi bien la variabilité inter-ethnique que la variabilité inter-personnelle. Même s'il est

particulièrement difficile de séparer les effets dûs à la malnutrition de ceux liés à la génétique, on peut considérer que la variabilité inter-ethnique est relativement faible dans notre étude car plus de 96% des sujets sont constitués de « sérères sine ». Cette forte homogénéité ethnique, doublée d'une importance de la cohorte en nombre de sujets, conforte nos résultats.

Pour tester l'hypothèse d'une relation étroite entre le rattrapage en taille, le retard pubertaire et la prolongation de la période de croissance, nous avons suivi la croissance staturale année par année sur une période de 2 ans, chez un sous-échantillon de 264 garçons en phase de terminer l'adolescence. La taille moyenne a augmenté de 5,0 cm entre 18,5 et 20,7 ans. Cependant, le gain de taille est similaire entre les différents groupes de retard de croissance. La croissance est donc prolongée jusqu'à la vingtaine mais les dernières années de croissance ne conduisent pas à un rattrapage du déficit de taille survenu durant l'enfance. En Gambie également, la croissance en taille est prolongée jusqu'à l'âge de 20,4 ans chez les garçons et 18,1 ans chez les filles (**Billewicz & McGregor, 1982**). Mais lorsque la taille adulte est comparée aux références britanniques, le déficit statural survenu durant l'enfance reste persistant. Cependant, l'analyse n'a pas tenu compte du degré de retard de croissance. En Inde, l'étude de la croissance du début à la fin de la puberté a permis de voir que chez les sujets malnutris, la puberté est plus tardive et la poussée de croissance d'intensité plus faible. Mais, leur croissance est prolongée jusqu'à l'âge de 19,2 ans, soit 1,4 ans de plus que leurs compatriotes indiens de milieux favorisés et 1,9 ans de plus que les références britanniques. Le gain de taille des sujets malnutris durant la période pubertaire est similaire à celui des jeunes britanniques (**Satyanarayana et al., 1989**). En Afrique du Sud, une « croissance compensatrice » est décrite chez des jeunes ruraux de race noire, avec des vitesses de croissance importantes à des âges avancés (vers 18 ans). Cette prolongation de la période de croissance a pour résultante une taille adulte comparable aux références internationales (**Cameron et al., 1988**). Cette situation est perçue comme une réponse adaptative à l'environnement limitant dans lequel les sujets ont grandi. Mais, dans cette analyse également, le degré de retard de croissance n'a pas été pris en compte. Lorsque la puberté est retardée, la phase de croissance linéaire de l'enfance est prolongée et le pic de croissance somatique est différé. Cela a pour conséquence un élargissement de la période de croissance et donc un gain de taille supplémentaire. Martorell et al (**1994**) dans une analyse exhaustive de la question, ont montré cependant que dans la plupart des cas, la croissance n'est pas suffisamment prolongée pour permettre de combler substantiellement le déficit de taille survenu durant l'enfance. Une étude antérieure (**Simondon et al., 1998**) menée chez une partie des filles de notre cohorte de sujets a montré que l'âge d'apparition des règles est de 16,1 ans alors que l'âge médian d'apparition de la ménarche dans la population de référence du NCHS/OMS (**1995**) est de 12,8 ans. Cette apparition de la ménarche est encore plus tardive chez les filles retardées en taille (17,2 ans) comparée aux filles normales (15,6 ans). Dans notre présente

étude, nous avons noté que 6,9% des filles âgées de 18 à 19 ans n'avaient pas leurs menstruations au moment de l'enquête. Cette proportion varie selon le degré de déficit statural (3,5, 5,5 et 11,2% respectivement chez les filles de déficit statural nul, marginal et marqué, $p < 0,05$). En Inde aussi, l'apparition de la ménarche est différée de 2 ans chez les filles malnutries comparées aux filles ayant un statut nutritionnel satisfaisant (**Satyanarayana et al., 1979**). Au Kenya, chez les filles et chez les garçons, l'apparition des caractères sexuels secondaires est beaucoup plus tardive chez les jeunes ruraux issus de milieux pauvres comparés aux jeunes urbains de milieux privilégiés (**Kulin et al., 1982**). Au Nigéria, **Hussain et al (1985)** ont montré que chez les jeunes ruraux ayant souffert de malnutrition chronique, le pic de croissance somatique est différé de 2 ans chez les filles alors qu'il reste confus et difficile à déterminer chez les garçons. Dans le cadre de notre étude, on suppose que la puberté est retardée de façon globale chez les garçons, ce qui expliquerait d'ailleurs cette croissance jusqu'à la vingtième année. En effet, au dernier passage de l'enquête, correspondant à l'intervalle d'âges 19,7 à 20,7 $\pm$ 0,6 ans, le gain moyen de taille est d'environ 2 $\pm$ 2 cm. Or, on considère que la croissance atteint ses limites lorsque sa vitesse est en dessous de 1 cm par an (**Satyanarayana et al., 1986**). On peut penser ainsi que les sujets de ce sous-échantillon de garçons n'ont pas complètement terminé leur croissance.

Dans l'étude des conséquences de la malnutrition chronique sur la croissance ultérieure, la taille finale atteinte constitue le principal facteur. Chez ces jeunes « sœurs », âgés de 18 à 23 ans, la taille moyenne est de 161,3 cm chez les filles et 174,0 cm chez les garçons. Cette dernière taille moyenne n'est pas éloignée de la taille moyenne de 171,6 cm obtenue à partir de l'âge de 20 ans chez les hommes « wolofs » de L'AOF (Afrique Occidentale Française), lors d'une étude transversale menée dans les années 1940 à Dakar (**Leschi, 1948**). Dans la référence internationale du NCHS, la taille à 18 ans est considérée comme une taille adulte (**de Onis & Habicht, 1996**). Elle est estimée à 163,7 cm chez les filles et à 176,8 cm chez les garçons. La comparaison des sujets de notre étude avec cette même référence a montré une différence de taille de -2,4 et -4,3 cm respectivement chez les filles et les garçons. Mais chez les garçons âgés de 20 ans et plus cet écart de taille n'est plus que de 2,8 cm, alors qu'il reste inchangé chez les filles. Ces résultats montrent que, d'une part la différence de taille d'avec la référence internationale du NCHS (**OMS, 1983**) est faible et que d'autre part à l'âge de 18 ans, les garçons de cette cohorte de jeunes sœurs n'ont pas complètement fini leur croissance en taille. En Gambie, la taille des garçons à l'âge de 20 ans et plus, est estimée à 166,2 cm, la différence de taille par rapport à la référence NCHS est de 10,6 cm (**Billewicz & McGregor, 1982**). Au Guatemala, l'estimation de la taille adulte a donné un écart de 11 cm, avec une taille adulte de 166,0 cm (**Martorell et al., 1990**). En Inde, cet écart est de l'ordre de 13 cm, soit une taille finale de 164,0 cm. On voit ainsi que les sujets de notre étude, marginalement plus petits que ceux de la référence NCHS, dépassent les sujets

issus d'autres pays en développement ayant, comme eux, subi la malnutrition chronique durant l'enfance. Cette différence de taille à l'âge adulte pourrait vraisemblablement être le résultat de différences de croissance à l'adolescence dans les différents environnements ou du degré de retard de croissance subi durant l'enfance. Malheureusement la croissance à l'adolescence reste peu étudiée et mérite d'être approfondie.

Les analyses faites précédemment permettent de voir que la croissance humaine est d'autant plus complexe qu'un déficit de taille est survenu durant l'enfance. Tanner (1986), en décrivant la croissance, a souligné que « plus l'influence retardatrice de la croissance est sévère, plus elle agit longtemps et plus elle se produit tôt dans la vie, moins bon sera le résultat ». Finalement, on peut retenir que la petite taille d'un individu est le résultat de plusieurs facteurs que sont la malnutrition chronique (Satyanarayana et al., 1980 ; Martorell et al., 1990 ; Simondon et al., 1998) et ses effets intergénérationnels (Ramakrishnan et al., 1999), le niveau de santé (McGregor et al., 1968), la génétique (Tanner, 1962) mais aussi les nombreuses interactions pouvant exister entre ces différents facteurs.

Nous avons formulé comme hypothèse de recherche que la migration de travail du milieu rural au milieu urbain influencerait positivement le rattrapage en taille des sujets malnutris. Les principaux résultats obtenus, montrent que dans les deux sexes, l'âge à la première migration n'a pas d'influence sur le gain de taille. Il semblerait également que chez les garçons il n'y a pas de relation significative entre migration urbaine et gain de taille. Par contre chez les filles, il existe une relation inverse significative entre le gain de taille et la durée totale de migration en ville. Ce dernier résultat laisse penser que les filles qui ont séjourné le plus longtemps en ville ont eu un gain de taille moindre. Cependant, les habitudes alimentaires en milieu urbain sont en contradiction avec ce résultat. En effet, Garnier et al (2003) ont montré que la plupart de ces filles migrantes se nourrissent dans les familles où elles travaillent et qui sont en général d'un niveau socio-économique satisfaisant. D'autres facteurs, dont la charge de travail élevée des filles en ville (Garnier & Bénéfice, 2001) peuvent expliquer ce résultat car il pourrait y avoir une compétition entre les besoins nutritionnels liés à l'activité physique et ceux liés à la croissance. Et cela d'autant plus que les filles migrent durant la période pubertaire vers l'âge de 13 à 14 ans donc probablement durant la poussée de croissance somatique. De plus, les filles effectuent des séjours alternatifs entre zone rurale et zone urbaine, passant d'une alimentation pauvre (mil, sorgho, arachide) à une alimentation plus riche en protéines animales et plus diversifiée. Il est possible que cette transition nutritionnelle soit insuffisante en qualité et en quantité pour améliorer la croissance en taille. Une autre hypothèse pourrait expliquer l'effet négatif de la migration urbaine sur la croissance staturale des filles : les gains de poids et de masse grasse induits par la migration peuvent conduire à une accélération de la puberté, avec comme résultante un arrêt plus

précoce de la croissance en taille. Chez les garçons, l'absence de relation significative entre la migration et le gain de taille pourrait être lié à leur départ tardif en migration et leur durée totale de migration en ville peu élevée par rapport à celle des filles. Cependant, nous ne disposons pas de mesure de taille des sujets juste avant le début de leur première migration et notre analyse reste limitée. En Inde aussi, la comparaison des enfants scolarisés à ceux exerçant un travail a montré que ces derniers avaient une moins bonne croissance (Satyanarayana et al., 1986). Le suivi d'une cohorte de jeunes orphelins coréens adoptés dans des familles américaines a permis de voir que les enfants auparavant malnutris dépassent en poids et taille leurs compatriotes restés au pays même s'ils n'atteignent pas les normes américaines. De plus le résultat est d'autant meilleur que l'arrivée en terre d'adoption est précoce (Winnick et al., 1975, Lien et al., 1977). Cependant, le suivi d'une cohorte de jeunes filles indiennes adoptées dans des familles suédoises, a montré des résultats contradictoires. En effet, l'adoption a pour principales conséquences une précocité de l'apparition de la ménarche et une petite taille adulte similaire à celle des indiennes de milieux défavorisés, indiquant l'absence de rattrapage en taille (Proos et al., 1991 ; 1993a ; 1993b). Proos et al, en ont conclu que l'accélération du processus de maturation pubertaire résultant de ce changement d'environnement a réduit la phase de croissance linéaire de l'enfance, qui a priori permet un certain rattrapage en taille. Rappelons que la comparaison migrantes/non migrantes chez des filles les plus jeunes de cette cohorte, a montré que la puberté est plus précoce chez les migrantes comparées aux non migrantes (Garnier et al., 2003).

En ce qui concerne les répercussions du retard de croissance staturale sur la composition corporelle, on observe que, les sujets malnutris ont un poids faible comparés aux sujets non retardés en taille durant la petite enfance. De plus, il est apparu au cours de l'adolescence une aggravation du déficit pondéral survenu durant la petite enfance. En effet, le déficit pondéral a été respectivement de 2,5 et 2,8 kg à l'âge de 1-5 ans et de 6,0 et 8,0 kg à l'âge de 18-23 ans, chez les filles et les garçons. En Inde également, les sujets malnutris ont un poids plus faible que ceux n'ayant pas connu la malnutrition chronique. Mais, contrairement à nos résultats, la différence de poids de 4 kg observée chez les filles à l'âge de 5 ans est celle qui a subsisté à l'âge de 18 ans (Satyanarayana et al., 1981). De l'enfance à l'adolescence, l'aggravation du déficit pondéral observée au sein de notre échantillon, peut être imputée aux besoins liés à la croissance supplémentaire (Cameron et al., 1994) qui a probablement permis la récupération en taille observée. Mais, ce déficit pondéral s'observe même chez les sujets les plus âgés qui a priori ont terminé leur croissance staturale et donc leur récupération en taille. Ce dernier constat laisse penser que les sujets malnutris resteront probablement plus maigres du fait surtout de leur petite taille. En effet la masse corporelle totale est fortement influencée par le squelette donc par la stature. En se référant aux résultats précédents obtenus sur la taille, on peut dire que la bonne croissance staturale observée au

cours de l'adolescence chez nos sujets malnutris ne s'est pas accompagnée d'une bonne croissance pondérale. Cette inadéquation entre croissance pondérale et croissance staturale a déjà été rapportée (**Satyanarayana et al., 1989**). La faible masse corporelle chez les adolescentes associée à une masse osseuse réduite au début de l'âge adulte (**Smith, 1988**) pourrait entraîner un risque plus élevé d'ostéoporose post-ménopausique. Ainsi, la petite taille et le faible poids pendant l'adolescence peuvent être des déterminants de troubles fonctionnels liés à la grossesse (**OMS, 1995**).

La différence de périmètre musculaire du bras chez les sujets de déficit marqué par rapport aux sujets de déficit nul est de 0,6 cm chez les filles et de 1,1 cm chez les garçons. Les sujets retardés en taille ont donc une masse maigre moins importante. Au Guatemala, l'estimation de la masse maigre a montré qu'il existe une différence de 6,7 kg chez les hommes et de 3,8 kg chez les femmes entre ceux qui ont et ceux qui n'ont pas souffert de retard de croissance (**Martorell et al., 1990**).

Durant la petite enfance, le taux de maigreur calculé à partir de l'indice poids selon la taille P(T) a montré une prévalence de maigreur de 7,9%, sans différence significative selon le sexe. A la fin de l'adolescence, en utilisant différents seuils recommandés par l'OMS pour l'indice de Quételet, on a décelé 17,2% de maigreur chez nos sujets. La maigreur est prédominante chez les garçons (15,2% contre 2,0%), alors que le surpoids (5,0%) et l'obésité (1,6%) sont rencontrés uniquement chez les filles. Chez les garçons les sujets retardés en taille sont restés plus maigres alors que chez les filles, il n'y a pas de différence de prévalence de surpoids ou d'obésité quelque soit selon le degré de retard de croissance staturale. En d'autres termes à taille inférieure, les filles malnutries ont accumulé autant de masse grasse que les sujets ayant une taille normale. Dans une étude précédente menée chez un sous-échantillon constituée des filles les plus jeunes de la cohorte, **Bénéfice et al., (2001)** ont montré qu'il y aurait une tendance à l'accumulation préférentielle de masse grasse dans la partie supérieure du corps chez les sujets ayant souffert de malnutrition chronique. Pourtant durant la petite enfance comme à l'adolescence, nos résultats ont montré une absence de variation significative des plis cutanés tricipital et sous-scapulaire selon le degré de déficit statural. En l'absence de la mesure des plis cutanés des hanches et des cuisses dans notre étude, nous ne pouvons confirmer ce résultat.

Nous avons comparé les sujets enquêtés à Niakhar durant la saison sèche entre mars et juin 2001 aux sujets enquêtés à Dakar entre octobre et décembre 2001. L'enquête qui s'est déroulée à Niakhar pendant cette période reflète les vraies conditions de vie et de subsistance de cette zone rurale du bassin arachidier sénégalais. Par contre, en ville, la saisonnalité a moins d'influence sur les conditions de vie. Les résultats obtenus montrent qu'à périmètre du bras égal, les migrantes actuelles ont un pli cutané tricipital supérieur alors que les filles restées au village ont un périmètre musculaire du bras plus développé. Cela pourrait être lié en partie à leurs conditions de vie. En effet, à Niakhar, les filles sont très impliquées dans le

pilage du mil qui nécessite beaucoup d'activité physique des membres supérieurs et par conséquent entraîne un développement de la force musculaire des bras. Or cette activité n'est pratiquement pas exercée par les migrantes qui travaillent à Dakar. Une étude comparative des niveaux d'activité entre migrantes et non migrantes a montré que les filles migrantes ont plus d'activité physique que les non-migrantes. Par contre ces dernières sont plus impliquées dans des activités lourdes telles que le pilage du mil ou le portage de l'eau (**Garnier & Bénéfice, 2001**).

En étudiant les effets de la malnutrition chronique sur la pression artérielle on note que chez les filles il n'y a pas de variation de la pression artérielle (systolique et diastolique) selon le degré de retard de croissance staturale. Par contre chez les garçons les sujets n'ayant pas souffert de retard de croissance ont une pression systolique plus élevée de 4 mmHg que celle des sujets retardés en taille. D'autres études seraient nécessaires pour confirmer ce résultat. On note cependant une relation inverse entre la pression systolique et la durée totale de migration en ville. En effet, on s'attendait à une élévation de la pression artérielle avec l'augmentation de la durée de séjour en ville, du fait de l'amélioration des conditions alimentaires et sanitaires. Deux hypothèses peuvent être avancées. D'une part, la migration n'est peut être pas suffisante, au sens qualitatif et quantitatif, pour influencer positivement la pression artérielle. D'autre part, il ne faut pas perdre de vue que ces adolescents et jeunes adultes migrent vers les centres urbains pour un motif de travail. Or il s'est révélé que leur activité physique est particulièrement élevée en zone de migration (**Garnier & Bénéfice, 2001**). Cette importante activité physique peut être un facteur protecteur contrairement à la sédentarité connu pour être un facteur de risque d'hypertension artérielle. Chez des enfants polynésiens âgés de 5-14 ans, l'étude de la migration vers la nouvelle Zélande a montré que la pression artérielle est plus élevée chez les migrants comparés aux non migrants mais seulement dans le cas des plus jeunes enfants (5-9 ans) mais pas chez les plus âgés (10-14 ans). Par ailleurs les sujets âgés sont restés plus longtemps en nouvelle Zélande que les moins âgés. Les auteurs en ont conclu que cette variation de la pression artérielle est surtout liée aux changements observés sur le poids et l'indice de masse corporelle suite à l'arrivée en terre de migration (**Beaglehole et al., 1979**).

La prévalence d'hypertension artérielle globale est de 5% et elle est prédominante chez les garçons comparés aux filles. L'analyse sur la pression artérielle a rencontré cependant certaines limites liées au fait que la moyenne de pression artérielle a été obtenue à partir de trois mesures effectuées le même jour et à intervalles de temps rapprochés. En général il est recommandé de mesurer la pression artérielle sur plusieurs jours. Il existe également une variabilité inter-mesureur qui est d'autant plus difficile à quantifier que les sujets sont de classe d'âge et de taille différentes.

Sur le plan scolaire, nos résultats montrent que la petite taille durant l'enfance n'influence pas le fait d'être scolarisé ou pas. Mais, chez les garçons les sujets de petite taille sont moins représentés dans le niveau secondaire. Il a été démontré chez des jeunes coréens que le test du quotient intellectuel et la réussite scolaire sont plus faibles chez les sujets ayant souffert de retard de croissance (Lien et al., 1997). Au Ghana et en Tanzanie, une étude portant sur des enfants de 12-13 ans, suggère que ceux souffrant de petite taille sont envoyés à l'école primaire plus tardivement que les autres. De plus ils sont susceptibles de quitter l'école plus précocement que les autres (Partnerchip for Child Development, 1999). Les résultats de notre étude indiquent que le taux de scolarisation est faible au niveau des sujets de l'ensemble de la cohorte d'adolescents et de jeunes adultes sœurs. Il existe également une discrimination sur le sexe car les filles sont moins scolarisées que les garçons.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Sur le plan nutritionnel, les adolescents consistent un groupe peu étudié en comparaison aux enfants et aux adultes. De même, le retard statural est moins documenté par rapport aux formes de malnutrition aigües telles que le kwashiorkor ou le marasme, car il n'engage pas directement la survie de l'enfant. Ces différents constats ont motivé la présente recherche dont l'objectif principal est d'étudier les conséquences à long terme du retard de croissance staturale sur la taille ultérieure, la composition corporelle et la pression artérielle. Sur les 2874 jeunes sœurs âgées de 18 à 23 ans, originaires de la zone rurale de Niakhar et dont l'état nutritionnel durant la petite enfance est connu, les résultats montrent que les sujets retardés en taille ne rattrapent que très partiellement leur retard de croissance staturale, ce qui explique leur petite taille adulte en comparaison aux sujets n'ayant pas souffert de déficit statural. Ce rattrapage en taille est en réalité effectif que chez les sujets les plus âgés de notre étude (20 à 23 ans), mais pas chez les plus jeunes (18 à 19 ans). Cela suppose que le rattrapage en taille se réalise au niveau individuel et que les sujets ayant souffert précocement de la malnutrition chronique ont peu de chance de rattraper leur déficit statural. Par ailleurs, en rapportant le gain de taille supplémentaire au déficit encouru chez les sujets malnutris, la récupération en taille est meilleure chez les filles qui ont rattrapé 30% de leur déficit statural contre 14% chez les garçons. Le suivi de la croissance staturale terminale des garçons a permis de voir que la croissance est prolongée jusqu'à la vingtième année, mais les dernières années de l'adolescence ne conduisent pas à un rattrapage en taille du déficit statural survenu durant la petite enfance. Cette prolongation de la période de croissance permet plutôt de se rapprocher de la taille adulte dans la référence NCHS. En effet, la taille adulte des filles est de 161,3 cm et celle des garçons de 174,0 cm, soit une différence de taille d'environ -2 cm d'avec la référence NCHS. Les sujets malnutris ont aussi un faible poids et une masse musculaire réduite. Cependant, la pression systolique est peu influencée par le retard statural. De même, il semble que la masse adipeuse n'est pas affectée par la malnutrition chronique survenue durant la petite enfance. La migration de la zone rurale vers la zone urbaine a des effets controversés sur l'état nutritionnel. En effet, elle favorise l'accumulation de masse grasse alors qu'elle a un effet négatif sur la croissance staturale des filles. Les changements qu'elle induit au plan alimentaire amorce une transition nutritionnelle à petite échelle, qui pour l'instant illustre plus un cumul de problèmes de santé qu'une réelle amélioration des conditions de vie. Cette migration urbaine participerait cependant à une diminution de la pression systolique des filles.

Connaître les effets intergénérationnels de la malnutrition constitue un champ d'investigation fort intéressant et nous a conduit à mener un suivi de 600 enfants nés des filles de notre cohorte de sujets. Cependant, pour des questions d'ordre pratique l'exploitation de ces données n'a pas pu être envisagée dans le cadre de cette thèse et fera l'objet de nos travaux

ultérieurs. Les résultats obtenus au niveau de la pression artérielle peuvent être considérés comme préliminaires. En effet, les sujets sont encore jeunes et les changements induits par la migration au plan nutritionnel sont encore transitoires, du fait de l'alternance de séjours entre la zone rurale et la zone urbaine. Le suivi de ces adolescents et jeunes adultes dans le temps pourrait apporter plus de précisions surtout chez les sujets qui finissent par s'établir définitivement en ville.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barker DJP. The foetal origins of diseases of old age. *Eur J Clin Nutr* 1992;46(suppl 3):S3-9.
- Barros FC, Victora CG. Increased blood pressure in adolescents who were small for gestational age at birth : a cohort study in Brazil. *Int J Epidemiol* 1999;28:676-81.
- Base Démographique Niakhar. Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Département Population et Santé. Dakar Sénégal.
- Beaglehole R, Eyles E, Prior I. Blood pressure and migration in children. *Int J Epidemiol* 1979;8:5-10.
- Bénéfice E, Garnier D, Simondon KB, Malina RM. Relationship between stunting in infancy and growth and fat distribution during adolescence in Senegalese girls. *Eur J Clin Nutr* 2001; 55:50-8.
- Billewicz WZ & McGregor IA. A birth-to-maturity longitudinal study of heights and weights in two West African (Gambian) villages, 1951-1975. *Ann Hum Biol* 1982;9:309-20.
- Cameron N. The methods of auxological anthropometry. In Tanner JM, Falkner F, eds. *Human Growth. A comprehensive treatise*. Vol 3. New York, USA: Plenum Press, 1986:3-46.
- Cameron N, Gordon-Larsen P, Wrcchota EM. Longitudinal analysis of adolescent growth in height, fatness, and fat patterning in rural South African black children. *Am J Phys Anthropol* 1994;93:307-21.
- Cameron N, Kgamphe JS, Lunz R, Knight S. Single year height and weight velocities for south African rural black children. *S Afr J Sci* 1988;84:519-20.
- Cameron N, Preece MA, Cole TJ. Catch up growth or regression to the mean? Recovery from stunting revisited. *Am J Hum Biol*, 2005b;17:412-7.
- Cameron N, Wright MM, Griffiths PL, Norris SA, Pettifor JM. Stunting in relation to body composition at 9 years in african urban children. *Obes Res* 2005a;13:131-6.
- De Onis M, Frongillo EA, Blössner M. La malnutrition est elle en régression? Analyse de l'évolution de la malnutrition de l'enfant depuis 1980. *Bulletin de l'organisation mondiale de la santé*. Recueil d'article n°4, 2001.
- De Onis M, Habicht JP. Anthropometric reference data for international use: recommendations from a World Health Organisation Expert Committee. *Am J Clin Nutr* 1996;64:650-8.
- Delaunay V. [Labor of young girls in sub-Saharan Africa. Living and working conditions of young Sereer migrant girls in Dakar]. In: Schlemmer B, editor; 1994; Bondy. ORSTOM. p 3-10.

Delaunay V. La situation démographique et épidémiologique dans la zone de Niakhar au Sénégal 1984-1996. Dakar, Sénégal : ORSTOM, 1998.

Delaunay V, Etard JF, Préziosi MP, Marra A, Simondon F. Constant decline of infant and child mortality rates in rural Senegal over a 37-year period (1963-1999). *Int J Epidemiol* 2001;30:1286-93.

Dossou NI, Wade S, Guiro AT, Sarr CS, Diahm B, Cissé D, Beau JP, Chappins P, Hoffman D, Lemonnier D. Nutritional status of preschool Senegalese Children : long term effects of early severe malnutrition. *Br J Nutr* 2003;90:1123-32.

Drezein S, Spirakis CN, Stone RE. A comparison of skeletal growth and maturation in undernourished and well-nourished girls before and after menarche. *J Pediatr*, 1967;70:256-63.

Enquête démographique et de Santé au Sénégal (EDS II). Ministère de l'économie, des Finances et du Plan. Direction de la Prévision et de la Statistique, Division des statistiques démographiques ; 1992/1993. 284 p.

Enquête démographique et de Santé au Sénégal (EDS IV). Rapport préliminaire. Ministère de la Santé et de la Prévention Médicale, Centre de Recherche pour le Développement Humain (CRDH); 2005.

Eveleth PB, Tanner JM. Worldwide variation in human growth. 2nd ed, Cambridge: Cambridge University Press. 1990.

Garenne M, Maire B, Fontaine O, Dieng K, Briend A. Risques de décès associés à différents états nutritionnels chez l'enfant d'âge préscolaire. Etude réalisée à Niakhar (Sénégal), 1983-1986. Paris, France : Editions du CEPED, 2000.

Garn SM, Wagner B. The adolescent growth of the skeletal mass and its implications to mineral requirement. In: heald FP, ed. Adolescent nutrition and growth. New York, Meredith, 1969:139-162.

Garnier D, Bénéfice E. Habitual physical activity of Senegalese adolescent girls under different working conditions, as assessed by a questionnaire and movement registration. *Ann Hum Biol* 2001;28:79-97.

Garnier D, Simondon KB, Hoarau T, Bénéfice E. Impact of the health and living conditions of migrant and non-migrant Senegalese adolescent girls on their nutritional status and growth. *Public Health Nutr* 2003;6:535-47.

Gaskin PS, Walker SP, Forrester TE, Grantham-McGregor SM. Early linear growth retardation and later blood pressure. *Eur J Clin Nutr* 2000;54:563-7.

Golden MHN. Is complete catch-up possible for stunted malnourished children? *Eur J Clin Nutr* 1994;48(suppl):S58-71.

Guidelines Committee. World Health Organization- International society of hypertension guidelines for the management of hypertension. *J Hypertension* 1999;17:151-83.

Greulich WW. A comparison of the physical growth and development of American-born and native Japanese children. *Am J Phys Anthropol* 1957;15:489-515.

Greulich WW. Some secular changes in the growth of American-born and native Japanese children. *Am J Phys Anthropol* 1976;45:553-68.

Habicht JP, Martorell R, Yarbrough C, Malina RM, Klein RE. 1974. Height and weight standards for preschool children. How relevant are ethnic differences in growth potential? *Lancet* i:611-15.

Hamill PVV, Drizd TA, Johnson CL, Reed RB, Roche AF, Moore WM. Physical growth: National Center for Health Statistics percentiles. *Am J Clin Nutr* 1979;32:607-29.

Hussain MA, Nwaka CN, Omololu A. Effect of early malnutrition on subsequent growth in a group of Nigerian village children. *Nutr Rep Int* 1985;35:885-91.

Johnston FE, Hamill PVV, Lemeshow SJ. Skinfold thicknesses of children 6-11 years : United States. *Vitals and Health Statistics [Series 11,120]*. Washington, DC: US Government Printing Office, 1972.

Joseph KS, Kramer MS. Review of the evidence on fetal and early childhood antecedents of adult chronic disease. *Epidemiologic Reviews* 1996;18:158-71.

Kane A, Ly M, Ba SA, Diop AK, Diao M, Diop PS, Dia AA, Diop IB, Hane L, Sarr M, Diouf SM. Etude Clinique des facteurs de risque cardio-vasculaires en milieu rural à Thiadiaye. *Dakar Méd* 1997;42:77-82.

Kane A, Ly M, Sarr M, Diouf ND, Dia AA, Diop PS, Diao M, Diop AK, Diop IB, Hane L, Ba SA, Diouf SM. Pression artérielle et indice de masse corporelle d'enfants et d'adolescents dans une région rurale de Thiadiaye, Sénégal. *Dakar Méd* 1998;43:83-9.

Kearney P M, Whelton M, Reynolds K, Muntner P, Welthor Paul, He J. Global burden of hypertension: analysis of the worldwide data. *Lancet*, 2005;365:217-23.

Keys A, Brozek J. Body fat in adult men. *Physiol Rev* 1953;33:245-325.

Konaté P, N'Do D, Sankalé M. L'hypertension artérielle chez le Sénégalais. *Rev Méd Suisse Rom* 1974;94:641-52.

Kulin HE, Bwibo N, Mutie D, Santner SJ. The effect of chronic childhood malnutrition on pubertal growth and development. *Am J Clin Nutr* 1982;36:527-36.

Kruger SH, Margetts BM, Hester VH. Evidence for relatively greater subcutaneous fat deposition in stunted girls in the north west province, South Africa, as compared with non-stunted girls. *Nutrition* 2004;20:564-9.

Lericollais A. Paysans : Dynamiques agraires et mobilités au Sénégal. Paris, France : Editions de l'ORSTOM, 1998.

Leschi. 1948. Stature et croissance chez des Ouolof d'A.O.F. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 9:173-6.

Lien NM, Meyer KK, Winnick M. Early malnutrition and "late" adoption; a study of their effects on the development of Korean orphans adopted into American families. *Am J Clin Nutr* 1977;30:1734-39.

Levi P, Marra A, Ndiaye O. Niveaux et tendances des indicateurs démographiques dans la zone de Niakhar. Présentation écrite, Journées de Valorisation des recherches sur Niakhar. IRD, Sénégal. 2002.

Little MA, Galvin K, Mugambi M. Cross-sectional growth of nomadic Turkana pastoralists. *Hum Biol* 1983;55:811-30.

Lohman TG, Roche AF, Martorell R. *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign, IL : Human Kinetics, 1988.

Malina RM, Hamill PVV, Lemeshow SJ. Selected body measurements of children. *Vitals and Health Statistics* [Series 11, 123]. Washington, DC: US Government Printing Office, 1973.

Martorell R, Habicht JP. Growth in early childhood in developing countries. In Falkner F, Tanner JM (eds). *Human Growth: A Comprehensive Treatise*, ed 2. New York, Plenum Press, 1986, vol 3. Methodology: Ecological, Genetic and nutritional Effects on Growth, pp 241-6.

Martorell R, Kettel KL, Schroeder DG. Reversibility of stunting : epidemiological findings in children from developing countries. *Eur J Clin Nutr* 1994;48(suppl 1):S45-57.

Martorell R, Rivera J, Kaplowitz H. Conséquences d'une faible croissance au cours de la prime enfance sur la taille adulte dans les zones rurales du Guatemala. *Ann Nestlé* 1990;48:93-100.

Martorell R, Rivera J, Kaplowitz H, Pollitt E. Long-term consequences of growth retardation during early childhood. In : Hernandez M, Argente J, eds. *Human Growth: basic and clinical aspects*. Amsterdam, Pays Bas: Elsevier Science Publishers, 1992:143-50.

McGregor IA, Rahman AK, Thompson B, Billewicz WZ, Thomson AM. The growth of young children in a Gambian village. *Trans R Trop Med Hyg* 1968;62:341-52.

Murray CJL, Lopez AD. *Global comparative Assessments in the Health Sector*. Geneva, Switzerland: World Health Organisation, 1994.

Ndiaye A. Conséquences à long terme d'un retard de croissance dans la petite enfance: une étude longitudinale de 18 ans au Sénégal. [Mémoire de DEA en Nutrition et Alimentation], 2001, 1-29 p. Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

Ndour RNS. Facteurs de risque de maladies chroniques liées a la malnutrition (diabète de type II, hypertension artérielle, maladies cardiovasculaires) et niveau socio-économique chez les hommes âgés retraités de l'IPRES. [Mémoire de DEA en Nutrition et Alimentation], 2004, 1-31 p. Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

Organisation Mondiale de la Santé. Mesure des modifications de l'état nutritionnel. Genève, Suisse : OMS, 1983.

Organisation Mondiale de la Santé. Utilisation et interprétation de l'anthropométrie. [Série de Rapport Techniques n°854]. Genève, Suisse : OMS, 1995.

Partnership for Child Development. Short stature and the age of enrolment in primary school: studies in two African countries. *Soc Sci Med* 1999;48:657-82.

Pelletier DL. Potentiating effects of malnutrition on child mortality: epidemiologic evidence and policy implications. *Food Nutr Bull* 1995;16:206-13.

Pelletier DL, Frongillo EA, Habicht J-P. Epidemiologic evidence for a potentiating effect of malnutrition on child mortality. *Am J Public Health* 1993;83:1130-3.

Picou D, Halliday D, Garrow JS. Total body protein, collagen and non-collagen protein in infantile protein malnutrition. *Clin Sci* 1966;30:345-51.

Popkin BM, Richards MK, Montiero CA. Stunting is associated with overweight in children of four nations that are undergoing the nutrition transition. *J Nutr* 1996;126:3009-16.

Proos LA. Anthropometry in adolescence - secular trends, adoption, ethnic and environmental differences. *Hormone Research* 1993a;39 (Suppl 3):18-24.

Proos LA, Hofvander Y, Tuvemo T. Menarcheal age and growth pattern of Indian girls adopted in Sweden I. Menarcheal age. *Acta Paediatr Scand* 1991;80:852-8.

Proos LA, Karlberg J, Hofvander Y, Tuvemo T. Pubertal linear growth of Indian girls adopted in Sweden. *Acta Paediatrica* 1993b;82:641-4.

Ramakrishnan U, Martorell R, Schroeder DGF, R. Role of intergenerational effects on linear growth. *J Nutr* 1999;129(Suppl):544-9.

Reddy KS, Yusuf S. Emerging epidemic of cardiovascular disease in developing countries. *Circulation*. 1998;97:596-601.

Satyanarayana K, Nadamuni Naidu. Nutrition and menarche in rural Hyderabad. *Ann Hum Biol* 1979b;6:163-5.

Satyanarayana K, Nadamuni Naidu A, Narasinga Rao BS. Adolescent growth spurt among rural Indian boys in relation to their nutritional status in early childhood. *Ann Hum Biol* 1980;7:359-65.

Satyanarayana K, Nadamuni Naidu A, Narasinga Rao BS. Nutritional deprivation in childhood and the body size, activity, and physical work capacity of young boys. *Am J Clin Nutr* 1979a;32:1769-75.

Satyanarayana K, Nadamuni Naidu A, Swaminathan MC, Narasinga Rao BS. Effect of nutritional deprivation in early childhood on later growth - a community study without intervention. *Am J Clin Nutr* 1981;34:163-37.

Satyanarayana K, Prasanna Krishna T, Narasinga Rao BS. Effect of early childhood undernutrition and child labour on growth and adult nutritional status of rural Indian boys around Hyderabad. *Hum Nutr Clin Nutr* 1986;40:131-9.

Satyanarayan K, Radhaiah G, Murali Mohan R, Thimayamma BVS, Pralhad Rao N, Narasinga Rao BS. The adolescent growth spurt of height among rural Indian boys in relation to childhood nutritional background: an 18 year longitudinal study. *Ann Hum Biol* 1989;16(4):289-300.

Schroeder DG, Brown KH. Nutritional status as a predictor of child survival: summarizing the association and quantifying its global impact. *Bull WHO* 1994;72:569-79.

Schroeder DG, Martorell R, Flores R. Infant and child Growth and fatness and fat distribution in Guatemalan adults. *Am J Epidemiol* 1999;149:177-85.

Scrimshaw NS. The relation between fetal malnutrition and chronic disease in later life. *BMJ* 1997;315:825-6.

Simondon KB, Simon I, Simondon F. Nutritional status and age at menarche of Senegalese adolescents. *Ann Hum Biol* 1997;24:521-32.

Simondon KB, Simondon F, Costes R, Delaunay V and Diallo A. Breast-feeding is associated with improved growth in length, but not weight, in rural Senegalese toddlers. *Am J Clin Nutr* 2001;73:959-67.

Simondon KB, Simondon F, Simon I, Diallo A, Bénéfice E, Traissac P, Maire B. Preschool stunting, age at menarche and adolescent height : a longitudinal study in rural Senegal. *Eur J Clin Nutr* 1998;52:412-8.

Smith EL. Bone concerns. In Shangold MM, Mirkin G, eds. *Women and exercise: physiology and sports medicine*. Philadelphia, Davis, 1988:79-87.

Shrimpton R, Victora CG, de Onis M, Lima RC, Blössner M, Clugston G. 2001. Worldwide timing of growth faltering: implications for nutritional interventions. *Pediatrics* 107(5):e75.

Spurr GB, Barac-Nieto M, Maksud MG. Productivity and maximal oxygen consumption in sugar cane cutters. *Am J Clin Nutr*, 1977;30:316-21.

Steckel RH. Growth depression and recovery: the remarkable case of American slaves. *Ann Hum Biol* 1987;14:111-32.

Sub-Committee on Nutrition (ACC/SCN). Nutrition throughout the life cycle. Geneva, Switzerland: ACC/SCN, 2000.

Tanner JM. Growth at adolescence ; with a general consideration of the effects of hereditary and environmental factors upon growth and maturation from birth to maturity, 2nd ed. Oxford, Blackwell, 1962.

Tanner JM. Physical development. Br Med Bull 1986;42:131-8.

Tanner JM. Principles of growth standards. Acta Paediatr Scand 1990;79:963-5.

Taranger J. Secular changes in sexual maturation. Acta Med Auxol 1983;15:137-50.

Tomkins A, Watson F. Malnutrition and infection : a review. Genève, Nations Unies, comité administratif de coordination, sous-comité de la nutrition (CAC/SCN), 1989 (ACC/SCN state-of-the-art Series, nutrition policy discussion paper n°5).

Torun B, Stein AD, Schroeder DG, Grajeda R, Conlisk A, Rodriguez M, Mendez H, Martorell R. Rural-to-urban migration and cardiovascular disease risk factors in young Guatemalan adults. Int J Epidemiol 2002;31:218-26.

Walker SP, Gaskin PS, Powell CA, Bennett FI. The effects of birth weight and postnatal linear growth retardation on body mass index, fatness and fat distribution in mid and late childhood. Pub Hlth Nutr 2002;5:391-6.

Walker SP, Gaskin PS, Powell CA, Bennett FI, Forrester TE, Grantham-McGregor SM. The effects of birth weight and postnatal linear growth retardation on blood pressure at age 11-12 years. J Epidemiol Community Health 2001;55:394-8.

Waterlow JC. Classification and definition of protein-calorie malnutrition. Br Med J 1972;3:566-9.

Wieringen JCV. Secular growth changes; in Falkner F, Tanner JM (eds): Human Growth. A Comprehensive Treatise. eds 2. New York: Plenum Press, 1986, vol.3: Methodology: Ecological, Genetic and Nutritional Effects on Growth, pp 307-31.

Winick M, Meyer KK, Harris RC. Malnutrition and environmental enrichment by early adoption. Science 1975;190:1173-5.

ANNEXES

Annexe n°1. La zone de Niakhar : situation géographique et villages constitutifs

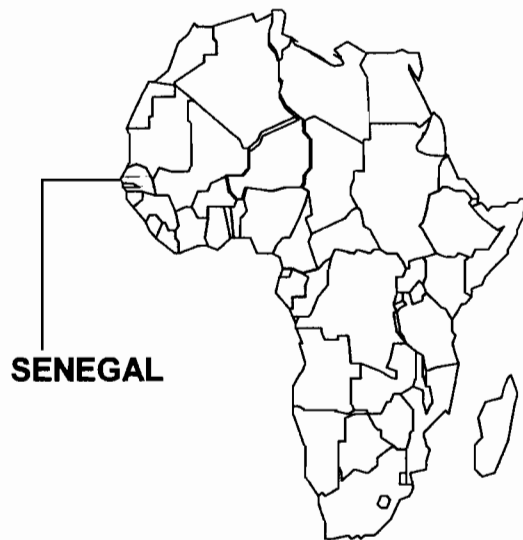


Figure 1. Position du Sénégal dans le continent africain



Figure 2. Position de Niakhar dans le Sénégal

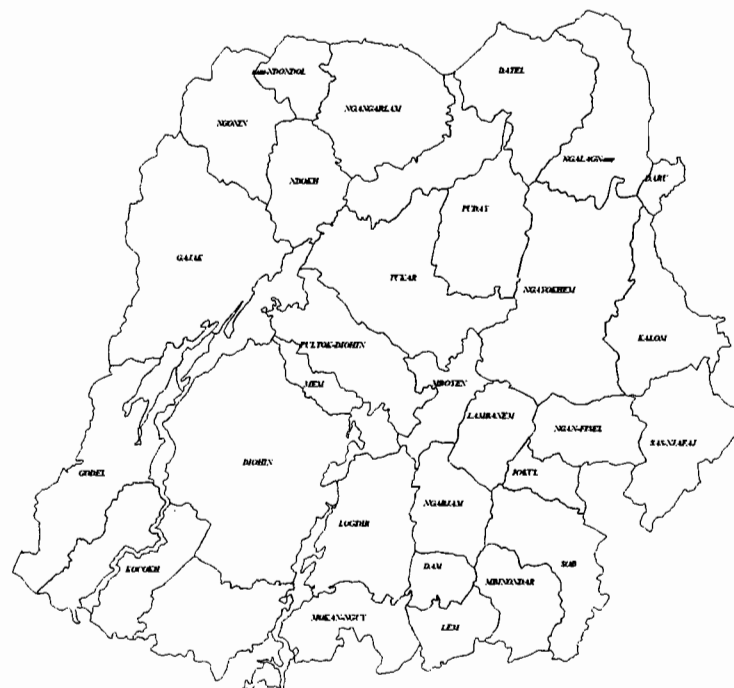


Figure 3. Les 30 Villages constitutifs de la zone de Niakhar

Annexe n° 2. Texte d'information en vue du consentement à participer à l'étude

Il y a 18 ans, l'ORSTOM a fait une étude sur le poids et la taille de tous les jeunes enfants vivants dans vos villages (plus de 5000 en tout). Il y a 6 ans, nous avons re-mesuré certains de ces enfants, devenus adolescents, peut-être aussi vous-même. On a vu que les enfants malnutris étaient restés plus petits que les autres.

Actuellement, nous essayons de vous revoir tous pour savoir si une mauvaise croissance de petits enfants a encore des conséquences sur leur corps et leur santé quand ils sont adultes. Cette étude permettra de mieux savoir ce que l'on doit faire pour ceux qui ont été malnutris dans l'enfance afin qu'ils aient la meilleure santé possible.

Nous aurions besoin de connaître votre situation actuelle (scolarité, migrations), et nous mesurons la taille, le poids, le tour et plis du bras et du dos, ainsi que la pression artérielle. La pression artérielle mesure la force du cœur. Elle se mesure à l'aide d'un appareil autour du bras. Cela serre un peu, mais ne fait pas mal.

Ce n'est pas une prise de sang.

Nous souhaitons votre collaboration pour cette étude, mais vous êtes parfaitement libre de ne pas y participer.

Avez-vous compris? Avez-vous des questions?

Etes vous d'accord pour participer?

Annexe n° 3. Texte d'information en vue du consentement à participer à l'étude
« Croissance terminale chez les garçons »

Il y a 19 ans, l'ORSTOM a fait une étude sur le poids et la taille de tous les jeunes enfants vivants dans vos villages (plus de 5000 en tout). Il y a 7 ans en 1995, nous avons re-mesuré certains de ces enfants, devenus adolescents, peut-être aussi vous-même. On a vu que les enfants malnutris étaient restés plus petits que les autres.

L'année dernière également (de mars à juin 2001) en milieu de saison sèche nous sommes passés vous voir et on avait mesuré votre tension artérielle et des paramètres anthropométriques pour nous informer de votre état nutritionnel et de santé.

Puisqu'il s'agit d'un suivi longitudinal nous sommes revenus cette année encore pour revoir particulièrement l'évolution de votre croissance à la fin de votre période de croissance. Cette étude permettra de savoir si une mauvaise croissance de petits enfants a encore des conséquences sur leur corps et leur santé quand ils sont adultes mais aussi de mieux savoir ce que l'on doit faire pour ceux qui ont été malnutris dans l'enfance afin qu'ils aient la meilleure santé possible.

Nous aurions besoin de connaître votre situation actuelle (scolarité, migrations, revenus financiers), et nous mesurons la taille, le poids, le tour de bras et les plis du bras et du dos.

Nous reviendrons l'année prochaine pendant la même période pour vous revoir toujours dans le même cadre et ce sera probablement la dernière fois.

Nous souhaitons votre collaboration pour cette étude, mais vous êtes parfaitement libre de ne pas y participer.

Avez-vous compris? Avez-vous des questions?

Etes vous d'accord pour participer?

Annexe n°4. Questionnaire de l'« étude fin adolescence »

No Vil _____ nom Vil _____ CC= _____ nom cc _____ Hameau _____

Jeune: Nom _____ Sexe _____ Datnais _____ Id : _____

Mere: Nom _____ Id _____

Date ! ____ ! ____ ! ____ !

Presence: P A R E D ! ____ !

Si absent : où: _____, jusqu'à quand : _____

Si émigré, ville/quartier: _____ contact: _____, depuis quand : _____

Si présent, lire le texte de consentement sur la feuille jointe (en Sereer) Accord 1 oui 2 non ! ____ !

Si accord, continuer ci-dessous:

Enquêtrice: _____ ! ____ !

Quelle est la dernière classe que vous avez fréquenté ? _____ ! ____ !

Avez vous déjà migré vers un autre lieu que la zone de Niakhar ? 1 oui 2 non : _____ ! ____ !

Si oui, combien de séjours avez-vous fait? _____ nsp 99 ! ____ !

	<u>Date de début</u>	<u>Date de fin</u>	<u>Le lieu</u>	<u>L'activité</u>
1)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____	_____
2)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____	_____
3)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____	_____
4)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____	_____
5)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____	_____
6)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____	_____
7)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____	_____
8)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____	_____
9)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____	_____
10)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____	_____
11)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____	_____
12)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____	_____

Pour les femmes seulement:

Avez-vous eu vos premières règles 1 oui 2 non : _____ ! ____ !

Si oui, à quel âge ? _____ ! ____ , ____ !

Si oui, en quelle année ? ! ____ ____ ! En quel mois/saison _____

Etes-vous en état de grossesse actuellement ? 1 oui 2 non 3 nsp : _____ ! ____ !

Allaitez-vous un enfant actuellement ? 1 oui 2 non ! ____ !

ID: _____

Mesureur _____ !__ !

Handicap physique visible (séquelles poliomyélite, fractures etc) 1 oui / 2 non !__ !

Si oui, quoi : _____

PRESSIION ARTERIELLE (A prendre au bras G, après un repos assis de 5 mn)

1) Systolique ! ____ ! Diastolique! ____ !

2) Systolique ! ____ ! Diastolique! ____ !

3) Systolique ! ____ ! Diastolique! ____ !

ANTHROPOMETRIE

Poids : ! ____, _ ! kg

Périmètre bras : ! ____, _ ! cm ! ____, _ ! cm

Pli tricipital: ! ____, _ ! ! ____, _ ! mm

Pli sous scap. : ! ____, _ ! ! ____, _ ! mm

Taille debout: ! ____, _ ! ! ____, _ ! cm

LES ENFANTS (pour ceux qui en ont):

1) Pré-imprimé : id Nom sexe Datnais P/ A / R / D / E !__ !

Poids: ! ____, _ ! Taille couchée : ! ____, _ ! Debout : ! ____, _ ! Périmètre bras : ! ____, _ !

2) Pré-imprimé : id Nom sexe Datnais P/ A / R / D / E !__ !

Poids: ! ____, _ ! Taille couchée : ! ____, _ ! Debout : ! ____, _ ! Périmètre bras : ! ____, _ !

3) Pré-imprimé : id Nom sexe Datnais P/ A / R / D / E !__ !

Poids: ! ____, _ ! Taille couchée : ! ____, _ ! Debout : ! ____, _ ! Périmètre bras : ! ____, _ !

4) Pré-imprimé : id Nom sexe Datnais P/ A / R / D / E !__ !

Poids: ! ____, _ ! Taille couchée : ! ____, _ ! Debout : ! ____, _ ! Périmètre bras : ! ____, _ !

Avez-vous d'autres enfants encore vivants que ceux cités ci-dessus ? 1 oui 2 non !__ !

Si oui, complétez ci-dessous :

5) Nom: _____ Sexe M / F ____ Datnais _____ P/ A / R / D / E !__ !

Poids: ! ____, _ ! Taille couchée : ! ____, _ ! Debout : ! ____, _ ! Périmètre bras : ! ____, _ !

6) Nom: _____ Sexe M / F ____ Datnais _____ P/ A / R / D / E !__ !

Poids: ! ____, _ ! Taille couchée : ! ____, _ ! Debout : ! ____, _ ! Périmètre bras : ! ____, _ !

Annexe n° 5. Questionnaire de l' « étude Croissance staturale terminale de Garçons »

Village _____ Hameau _____ CC n° ! ____ ! Nom CC _____

Nom _____ Sexe M / F ID _____

Date ! ____ ! ____ ! ____ !

Enquêtrice: _____ ! ____ !

Présence: P A R E D ! ____ !

Lire le texte de consentement sur la feuille jointe (en Sereer) Accord 1 oui 2 non ! ____ !

Vas-tu à l'école actuellement: 1 oui / 2 non ! ____ !

Quelle est la dernière classe que tu as fréquenté ? _____ ! ____ !

Quel est ton statut matrimonial ? 1 Célibataire 2 Marié 3 Veuf 4 Autres ! ____ !

Si marié, ta femme a - t - elle rejoint le domicile conjugal ? 1 Oui / 2 Non ! ____ !

As-tu déjà migré vers un autre lieu que la zone de Niakhar depuis deux ans ? 1 oui 2 non ! ____ !

Si oui, combien de séjours as-tu fait? _____ nsp 99 ! ____ !

	<u>Date de début</u>	<u>Date de fin</u>	<u>Le lieu</u>	<u>Le motif</u>
1)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____ ! ____ !	_____ ! ____ !
2)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____ ! ____ !	_____ ! ____ !
3)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____ ! ____ !	_____ ! ____ !
4)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____ ! ____ !	_____ ! ____ !
5)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____ ! ____ !	_____ ! ____ !
6)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____ ! ____ !	_____ ! ____ !
7)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____ ! ____ !	_____ ! ____ !
8)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____ ! ____ !	_____ ! ____ !
9)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____ ! ____ !	_____ ! ____ !
10)	/ __ / __ / __ /	/ __ / __ / __ /	_____ ! ____ !	_____ ! ____ !

Handicap physique visible (séquelles poliomyélite, fractures etc.....) 1 oui / 2 non ! ____ !

Si oui, quoi : _____

ID_____

As tu un travail payé actuellement ? 1 oui / 2 non !__!

Si oui quoi : _____ !____!

Si non, quelle est ton activité ? _____ !____!

ANTHROPOMETRIE

Mesureur !____! Heure !__! H !__! mn

Poids : !____, _! kg

Périmètre bras : !__, _! !__, _! cm

Pli tricipital: !__, _! !__, _! mm

Pli sous scap. : !__, _! !__, _! mm

Taille debout: !____, _! !____, _! cm

As tu des parts sur les revenus de la récolte ou de l'élevage ? 1 oui / 2 non !__!

Si oui, comment utilise tu tes revenus ? _____

_____ !__!

As tu eu à souffrir d'une maladie grave au cours de ta vie ? 1 Oui / 2 Non !__!

Si oui, laquelle ?

_____ !__!



Preschool Stunting, Adolescent Migration, Catch-Up Growth, and Adult Height in Young Senegalese Men and Women of Rural Origin¹

Aminata Ndiaye Coly,^{2,3*} Jacqueline Milet,³ Aldiouma Diallo,⁴ Tofène Ndiaye,³ Eric Bénédice,⁵ François Simondon,⁵ Salimata Wade,² and Kirsten B. Simondon^{5*}

²UCAD (Université Cheikh Anta Diop), Laboratoire de Nutrition et Alimentation humaine, Dakar, Senegal, ³IRD (Institut de Recherche pour le Développement), UR024 Dakar, Senegal; ⁴IRD, US009 Dakar, Senegal; and ⁵IRD, UR024 Montpellier, France

Abstract

Available data on the long-term consequences of preschool stunting are scarce and conflicting. The objective of this study was to assess the amount of catch-up growth from preschool stunting and the effect of migration (change in environment) during adolescence. A cohort study from preschool age (1–5 y) to adulthood (18–23 y) was conducted among 2874 subjects born in a rural area of Senegal. The subjects were divided into 3 groups of preschool stunting: none, mild, and marked, with height-for-age Z-scores of >-1 , -2 to -1 , and <-2 , respectively. At follow-up, the history of migration was recalled. Mean height was 161.3 cm for girls and 174.0 cm for boys (≥ 20 y). Stunted subjects remained smaller than the others: the age-adjusted height deficit between the 2 extreme categories was 6.6 and 9.0 cm in girls and boys, respectively. However, their height increment from early childhood to adulthood differed (69.3, 70.5, and 72.0 cm, $P = 0.0001$, and 78.9, 80.0, and 80.3 cm, $P < 0.01$, for nonstunted, mildly stunted, and markedly stunted girls and boys, respectively). The duration of labor migration to the city was associated with height increment in girls only in a nonlinear relation (adjusted means: 67.2, 69.3, 67.4, and 67.7 cm for 4 groups of increasing duration, $P < 0.01$). In conclusion, Senegalese children caught up in height prior to adulthood, with the adult means ~ 2 cm below the WHO/NCHS reference. However, this global catch up did not reduce height differences between formerly stunted and nonstunted children to any greater extent and it was not enhanced by labor migration. J. Nutr. 136: 2412–2420, 2006.

Introduction

Preschool stunting has multiple consequences in terms of the nutritional status and health of young adults (1). It would appear that final height is a key element because it is a sensitive indicator of socioeconomic environment and health (2). Indeed, small adults have low economic productivity and small women are at increased risk of suffering from complications during delivery and of producing small offspring with low birth weight. Thus, stunting constitutes a handicap throughout the life cycle (3).

The hypothesis that stunted children under 5 y of age become small adults has been accepted for a long time. Data from a rural area in Gambia showed that, for the population as a whole, height deficits, compared with U.K. reference data, were established in early childhood and remained for life (4). In Guatemala, the height increment from 3 y of age to adulthood was not influenced by the degree of stunting, i.e., there was no catch-up growth (5). In Senegal, data from a longitudinal study showed a persistence of height deficits in boys from 10 to 17 y,

but there was a tendency toward catch-up growth among malnourished girls in the oldest age groups (6,7).

In Kenya, a cross-sectional study compared urban children living in a privileged environment to rural children from a poor environment (8). Mean height was much lower in the rural sample during childhood, but the difference disappeared at 18 y for boys and 17 y for girls. In a birth-to-maturity cohort study in rural India, boys had not caught up from preschool stunting by the age of 18 y (9), but a partial catch-up was achieved later (10).

Studies that demonstrate catch-up growth have 3 main common characteristics: catch-up is partial and late, and occurs despite the fact that subjects remained in the environment in which the deficit was established (7,8,10). This led us to hypothesize that a substantial improvement in living conditions by migration may improve catch-up in height status.

In sub-Saharan Africa, rural areas are characterized by high levels of stunting among children <5 y of age (11), whereas adult heights are often only slightly below international references (2). This suggests that catch-up growth tends to occur during adolescence (12,13). In Senegal, rural adolescents and young adults are strongly attracted to urban migration for reasons of labor or emancipation, and labor migration of adolescents is an important strategy for diversifying rural family incomes (14). In the city, migrants are confronted with changes

¹ Supported by grants from the IRD, including a scholarship to A.N.C., and by the Nestlé Foundation.

* To whom correspondence should be addressed. E-mail: kirsten@ird.fr or amincolle@caramail.com.

in food habits and physical activity that have an impact on their nutritional status and growth (15,16).

Hence, this study aims to assess the degree of catch-up growth in adolescents and young adults according to their degree of stunting in early childhood (1–5 y), and to test the relation between rural-to-urban migration and catch-up growth by using migration as a marker of change in the environment. The cohort was partly the same as that included in the above-mentioned study of Senegalese adolescents (7), and our hypotheses were that partial catch-up occurs at the end of adolescence in stunted children of both sexes and that living in the city enhances the chances of catch-up growth through better nutrition.

Subjects and Methods

The Niakhar study area is located 150 km east of the capital city, Dakar. It is a rural area with a Sahelian climate and 2 distinct seasons: a dry season from October to June and a rainy season from July to September. The population is ethnically homogeneous with >96% Sereers. The main activity is agriculture, with peanuts, millet, and sorghum as the main crops. Livestock breeding is also practiced (17).

The area has been subject to demographic surveillance since 1963, with a systematic registration of dates of birth, migration in and out of the area, and death. The population consists of ~30,000 people, 65% of whom are <25 y of age (18). Life-expectancy is increasing, and mortality for children <5 y of age is decreasing [253% between 1984 and 1991 (19)]; nonetheless, living conditions remain precarious. Electricity, refrigerators, and indoor tap water are unknown, and wood is used for cooking.

Migration within Senegal

In Niakhar, seasonal migration of adolescents and young people looking for work in the city mainly takes place during the dry season. Many return to the village during the period of field work (July–October) and thus live alternately in the city and the village; whereas older, more experienced subjects with higher incomes choose to remain in the city year around. Many girls return permanently to their village after marriage. Boys may also undertake other types of migration, such as labor migration to other rural areas with a longer rainy season than in Niakhar, rainy-season migration with livestock (transhumance), or schooling migration to towns with secondary-level educational facilities. These forms, however, are less frequent than urban migration for work.

Early-childhood survey

In 1983–84, infants and children up to 5 y of age were included in a large anthropometric study that compared the risk of death to a child's nutritional status and the season of the year (20). Four surveys were conducted at 6 monthly intervals from May 1983 to November 1984. All children that were born between 1 January 1978 and 30 November 1984 and who were still living in the area at the onset of each round of surveys, were eligible. Surveys were conducted at a central location in each of the 30 villages, but absent subjects and their mothers were visited at home and invited to participate.

Of 6749 eligible subjects, 5837 were included in at least one anthropometric survey (Fig. 1). Thus, coverage was 86.5%. The remaining 912 children were either absent from their homes or their mothers did not consent to participate. Anthropometric measurements included weight, height, arm circumference, and tricipital and subscapular skinfolds, which were measured using standard methods. Length or height was measured to the nearest mm. Maternal anthropometric measurements, including height, were taken during the last 3 rounds of surveys only. During all rounds, mothers were provided with chloroquine and instructed on how to administer it to their children for malaria treatment. No nutritional intervention was conducted.

Follow-up study

All subjects eligible for the childhood study were also eligible for the late adolescence study. Subjects were visited at their last known address in the

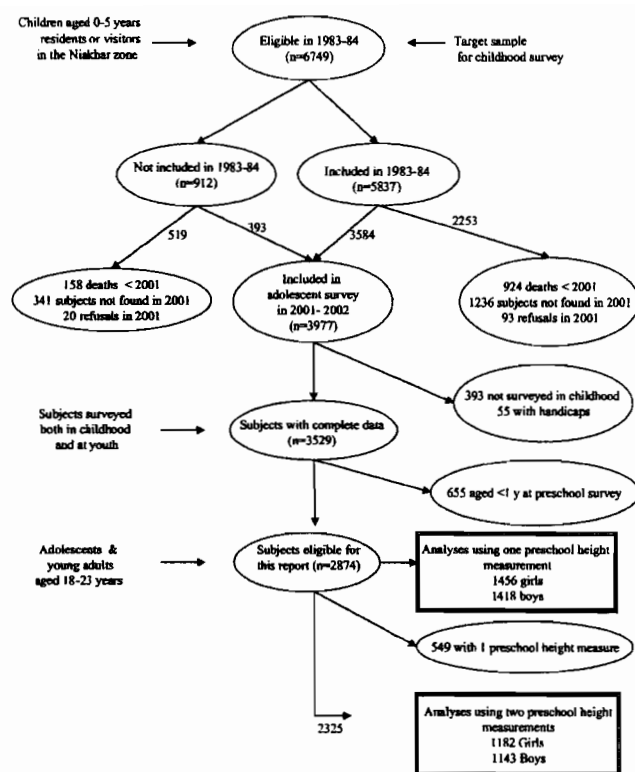


Figure 1 Number of subjects included in childhood survey in rural Senegal in 1983–84, in a follow-up survey in 2001–02, and in analyses, with reasons for noninclusion.

Niakhar area from March to June 2001, and those who were present were included in the study upon obtaining informed consent. Whenever possible, information about subjects who had migrated (vital status and approximate current address) was obtained from their family members remaining in the area. A second survey of subjects who were absent during the dry season was conducted during the rainy season (August to September 2001).

Migrants were visited at the home of their guardian (i.e., a family member in charge) in Dakar (October to December 2001), Mbour and Fatik (February to March 2002), or Koumpentoum in eastern Senegal (May 2002). A few were visited at their working address.

Data collected

A closed questionnaire inquired about migration (place, date of onset and end date, and main activity during each migration), schooling (current or past, highest level reached), and current reported diseases. Females were also asked about current pregnancy, breastfeeding, and number of live-born children. Field workers were well trained and used detailed calendars of local events to enhance the precision of recalled dates. Two study teams of 3 persons/team were involved.

The study protocol was approved by the ethics committee of the Ministry of Health in Senegal, and subjects and their parents or guardians provided oral informed consent.

Anthropometric measurements

Anthropometric measurements were taken using recommended techniques (21), except that all lateral measurements were taken on the left side of the body. Height was measured to the nearest mm (using a Harpenden anthropometer, Siber-Hegner), as was the upper arm circumference. Tricipital and subscapular skinfolds were measured to the nearest 0.2 mm using Holtain calipers (Siber-Hegner). All these measurements were taken twice and the means were computed for analyses. Body weight was obtained in simple measure using an electronic balance (Téfal) with a precision of 100 g.

Four different persons (measurers) took part in anthropometric data collection. Teams were frequently supervised, and measurements were

compared at the beginning and middle of the study period on 30 subjects. Between measurers 1 and 2, the standard error was 0.13 cm, 0.13 cm, 0.32 mm, and 0.22 mm, respectively, for height, arm and tricep circumference, and subscapular skinfolds (first assessment), compared with 0.11 cm, 0.06 cm, 0.34 mm, and 0.39 mm, respectively, between measurers 3 and 4.

Subjects

As of 28 February 2001, 1082 subjects died, whereas 5667 were eligible for the study. Among the latter, 3572 still lived in their village at least part of the year, and 2095 had moved out of the area. In total, 3977 subjects were included in the survey, 113 refused participation, and 1577 were not located in either Niakhar or urban areas (Fig. 1).

Sample

The procedure for selecting study subjects to be included in the analysis is illustrated in Figure 1. In the preschool study, coverage was 86.5% of eligible children. In the follow-up study of adolescents and youth, eligible subjects were those eligible for the preschool study, excluding those who died between 1984 and 2001, and coverage was 70.2% of the survivors. Finally, 52.3% of subjects eligible for the preschool surveys had complete data for both time periods (i.e., 62.3% of those who survived). Another 55 subjects were excluded from the analysis because of a handicap that was likely to alter the validity of anthropometric data and/or migration recall. These handicaps included severe poliomyelitis sequelae, bone fluorosis, and badly consolidated leg fractures (making upright position impossible or difficult), mental retardation, and deaf-dumb persons.

For the preschool surveys, children who were included in the study did not differ from their nonincluded counterparts in terms of sex ratio (49.4 and 49.3% females in the 2 groups, respectively) or death rate from 1984 to 2001 (15.8 vs. 17.3%, $P > 0.10$). However, their age distribution differed, in that both infants and children aged >5 y were less represented (coverage was 66.9, 83.8, 91.4, 93.4, 95.2, 94.1, 95.6, and 66.7%, respectively, for children aged 0–5.9, 6–11.9, 12–23.9, 24–35.9, 36–47.9, 48–59.9, 60–65.9, and 66–72 mo as of 1 January 1985; $P < 0.001$). Included children were less likely to migrate out of the study area between 1984 and 2001 (29 vs. 43% for nonincluded counterparts, $P < 0.001$).

In the late adolescence survey, coverage did not differ between boys and girls (71.0 vs. 69.3%, $P > 0.10$), but was greater among younger subjects (74.5, 70.7, 71.5, 69.5, 70.4, 69.1, and 65.0% for age groups 0–11.9, 12–23.9, 24–35.9, 36–47.9, 48–59.9, and 60–72 mo as of 1 January 1985, respectively, $P < 0.01$). As expected, coverage was lower among subjects who migrated out of the study area before 2001 (46.0 vs. 84.6%, $P < 0.0001$); among migrants, early out-migration was associated with less likelihood of inclusion (26.8, 33.5, 55.6 and 59.0%, respectively, for out-migrations at 0–4, 5–9, 10–14, and ≥ 15 y of age, $P < 0.001$). Indeed, out-migrations before the age of 10 usually included the entire family, which made tracking these adolescents very difficult.

There was no difference in nutritional status at the preschool surveys between those who were included in the follow-up survey and those who were not, although they had survived, in terms of height-for-age (-1.04 ± 1.3 vs. -1.08 ± 1.4 ; $P = 0.32$), weight-for-age (-0.97 ± 1.2 vs. -0.95 ± 1.2 ; $P = 0.57$) or weight-for-height (-0.41 ± 0.99 vs. -0.36 ± 0.98 ; $P = 0.09$). Conversely, those who died between the preschool surveys and the follow-up survey had a lower mean preschool nutritional status than survivors (results not shown).

The analyses include a total of 2874 subjects with anthropometric data in both infancy and adulthood. Infants <1 y of age during the childhood surveys were excluded because they had not yet experienced, in full, the postnatal period of linear growth retardation. The prevalence of stunting was 2.7, 4.9, 10.9, and 13.0%, respectively, from 0–2.9, 3–5.9, 6–8.9, and 9–12 mo of age. In addition, the group of stunted infants was thought to include a large proportion of those who had suffered intrauterine growth retardation, a condition that makes recovery from stunting more uncertain (22).

Variables

Preschool height-for-age Z-scores (HAZ), weight-for-age Z-scores (WAZ) and weight-for-height Z-scores (WHZ) were computed using Anthro (CDC/WHO) according to the WHO/NCHS reference (23).

Three categories of preschool stunting were defined: none, mild and marked, for $\text{HAZ} > -1$, $-2 \leq \text{HAZ} \leq -1$, and $\text{HAZ} < -2$, respectively. Adult “stunting” was defined for girls aged ≥ 18 and boys aged ≥ 20 , as a height < -2 Z-scores of the NCHS reference at age 18 y (163.6 for boys and 151.8 cm for girls) because reference data are not available above that age.

BMI was computed as weight divided by squared height. Arm muscle circumference was computed as arm circumference $-(\pi \times \text{tricipital skinfold})$ (24). The height increment was computed as the gain in height from childhood (1–5 y) to adulthood (18–23 y).

Four variables related to migration were considered: current place of residency (rural area, smaller towns, capital city), age at first migration out of the rural area of birth, number of migrations, and total duration of migration computed as the sum of durations of all migration episodes. The latter 3 variables were also computed for migrations to Dakar only.

Data on maternal schooling was extracted from the Niakhar area data base, and was missing for 28% of the sample.

Statistical analysis

Definition of catch-up. Several definitions exist for catch-up from preschool stunting. Indeed, a population may catch-up in comparison to an external reference population, such as the WHO/NCHS. Alternatively, the most stunted individuals in a malnourished population (with $\text{HAZ} < -2$) may catch-up, when compared with their less stunted counterparts living in the same population, in terms of either height or HAZ.

Regression to the mean. Regression to the mean is the tendency for a subject who had a variable measure below the mean on one occasion to have a measure closer to the mean on the next occasion, i.e., a positive increment over time. This occurs for 2 reasons in growth studies. The first reason is misclassification due to random measuring errors, i.e., an artifact, which is easily corrected by using 2 independent measures for initial grouping and computation of the increment. The second is the biological tendency of subjects with “abnormal” height to get closer to the mean over time. Both phenomena, therefore, suggest a possibility of catch-up for stunted subjects.

For most subjects included in the analysis ($n = 2325$), ≥ 2 preschool height measurements were available. These were chosen to test for a “regression toward the mean” effect in the analysis of height increments. Indeed, the last preschool height measurement was used to compute the height increment up to youth, and the next-to-last was used for the classification into 3 groups of preschool height for age. Thus, measuring errors in height increment and in degree of preschool stunting became uncorrelated.

Strategy of analysis. We first compared mean height in young adults and their height increment since preschool age according to the severity of preschool stunting (marked, mild, or none). Similar mean adult heights among stunting categories would indicate full catch-up, whereas a greater height increment of markedly stunted boys and girls, compared with their nonstunted counterparts, would indicate at least a partial catch-up. This analysis was first conducted on the entire sample, and thereafter on the restricted sample, with 2 preschool height measurements. For the latter sample, the difference in height increments among groups of degree of stunting was compared for each sex separately, according to the preschool height measurement used for classifying preschool stunting, i.e., the same measurement as that used for the height increment vs. an independent measurement.

Second, we computed the increase in HAZ from preschool age to adulthood, for females and males separately, and compared the mean to the expected adult HAZ in the absence of catch-up, using the correlation between preschool and adult HAZ to adjust for regression to the mean (expected mean adult $\text{HAZ} = r \times \text{mean preschool HAZ}$) as suggested by Cameron et al. (25).

Finally, we compared mean height at adulthood to that of the reference population, and computed the rate of adult stunting for all subjects pooled and by the degree of preschool stunting. The latter 2 methods define catch-up as a faster linear growth compared with the

reference, whereas the former compares 3 groups of degree of preschool stunting in terms of internal height differences.

Effect of urban migration for labor on catch-up growth. The height increment from early childhood to youth was studied in relation to total duration of migration to the city of Dakar. The effect of migration to Dakar on catch-up growth was examined using the restricted sample size with 2 preschool height measurements. Mean height increment (from the last preschool measure to adulthood) was compared among 4 groups of migration duration (i.e., no migration and 3 groups of increasing duration using tertiles as cut-off points) for boys and girls separately, and adjusting for age and preschool HAZ (measured at a previous round) using general linear modeling. Preschool HAZ was included in the model because the degree of stunting was a determinant of several migration characteristics (see results below). Migration to smaller towns was not considered in this analysis because the change in environment was expected to be minor compared with that for migrants living in Dakar.

Statistical tests and software. Data entry and quality control were performed using Dbase 4. All analyses were performed using SAS (SAS, version 8.1). Chi-square tests, chi-square tests with Mantel-Haenszel adjustment for category of age at follow-up, general linear regression, and ANOVA were used, as appropriate. Multiple comparisons among groups were made using the Student Newman Keuls test. Differences were considered significant at $P < 0.05$. Values in the text are means $\pm$ SD unless otherwise noted.

Results

At the follow-up survey, boys were taller and heavier than girls, but the latter had greater BMI, arm circumference and skinfold thickness (Table 1). More boys than girls had attended school, particularly secondary level of education, yet 70% of girls and 50% of boys did not benefit from any schooling. Girls migrated more frequently than boys and at younger ages than boys. A few females had still not experienced menarche, whereas 10% were pregnant.

In childhood, mean HAZ was slightly greater for girls (Table 1). The prevalence of stunting was 27.6% (95% CI: 24.9, 29.3), with no difference between boys and girls. It varied by age, with the greatest prevalence during the second and third years of life (28.0, 43.0, 32.7, 34.1, 26.3, 21.9, and 23.0%, respectively, from 12–17.9, 18–23.9, 24–29.9, 30–35.9, 36–47.9, 48–59.9, and 60–72 mo, $P < 0.0001$).

In childhood, the age-adjusted height difference between the 2 extreme categories of stunting was 9.5 and 10.0 cm, respectively, for girls and boys.

Girls started migrating ~ 2 y earlier than boys (Table 1). Among the former, age at first migration was slightly higher for those who had attended school (14.0 vs. 13.5 y, $P < 0.05$), whereas the opposite was true for boys (15.8 vs. 16.7 y, $P < 0.0001$). For the latter, those with previous schooling had performed more migrations than those without any schooling (5.3 vs. 3.5, $P < 0.0001$). A larger proportion of males had attended secondary school, and schooling migration accounted for a larger proportion of all migrations among males. Indeed, secondary schooling is not available in this area.

Adult height and height increment since preschool age. For women, height did not vary between the ages of 18 and 23 y, whereas the height of men increased until age 20 y. However, height increased slightly up to 21 y for women ($P = 0.05$) and 22 y for men (Table 2). A severe delay in sexual maturation was noted for females: 6.9% of 18 to 19-y-olds were still premenarcheal. This proportion varied with the degree of preschool

TABLE 1 Main characteristics of Senegalese men and women included in the analysis, at the preschool surveys (1–5 y) and at follow-up (18–23 y)

Variable	Females, <i>n</i> = 1456	Males, <i>n</i> = 1418	<i>P</i>
Age, y			
At preschool survey	3.4 $\pm$ 1.4 ¹	3.4 $\pm$ 1.4	NS ²
At follow-up survey	20.5 $\pm$ 1.6	20.4 $\pm$ 1.6	NS
Nutritional status at preschool survey			
HAZ	−1.30 $\pm$ 1.23	−1.40 $\pm$ 1.17	<0.05
WAZ	−1.26 $\pm$ 1.16	−1.31 $\pm$ 1.17	NS
WHZ	−0.58 $\pm$ 1.05	−0.61 $\pm$ 1.09	NS
Anthropometry at follow-up			
Height, cm	161.3 $\pm$ 5.9	172.0 $\pm$ 7.8	<0.0001
Weight, kg	56.2 $\pm$ 7.7	58.9 $\pm$ 8.8	<0.0001
BMI, kg/m ²	21.6 $\pm$ 2.6	19.8 $\pm$ 2.0	<0.0001
MUAC, cm	26.0 $\pm$ 2.5	25.6 $\pm$ 2.7	<0.0001
MAC, cm	20.7 $\pm$ 1.6	23.3 $\pm$ 2.6	<0.0001
TSF, mm	17.0 $\pm$ 7.6	7.4 $\pm$ 2.7	<0.0001
SSF, mm	12.6 $\pm$ 6.1	7.9 $\pm$ 2.3	<0.0001
School education, %			
None	69.5	50.3	<0.001
Primary level	23.6	32.7	
Secondary level	6.9	17.0	
Still in school at follow-up, %	8.6	16.8	<0.001
Reproduction, %			
Postmenarcheal	97.2	—	
Pregnancy	10.5	—	
Migration out of study area ³			
Age at first migration, y	13.3 $\pm$ 3.3	16.5 $\pm$ 3.4	<0.0001
Migrations, <i>n</i>	5.5 $\pm$ 3.3	3.2 $\pm$ 3.4	<0.0001
Total migration duration, y	5.3 $\pm$ 3.6	2.2 $\pm$ 3.1	<0.0001
Location at follow-up survey, %			
Rural area	66.0	76.6	<0.0001
Smaller towns	15.0	15.2	
Dakar	19.0	8.2	

¹ Values are means $\pm$ SD.

² NS, $P \geq 0.05$.

³ Subjects who had never migrated were excluded (159 girls and 307 boys).

stunting (3.5, 5.5, and 11.2% for nonstunted, mildly stunted, and markedly stunted subjects, respectively, $P < 0.05$).

Women aged 18–23 y, and men aged 20–23 y, had height deficits of 2.4 and 2.8 cm, respectively, compared with the WHO/NCHS growth reference (161.3 vs. 163.7 cm for women and 174.0 vs. 176.8 cm for men), and their HAZ was -0.40 ± 1.00 and -0.46 ± 1.05 , respectively. In both sexes and all age groups, markedly stunted subjects were smaller than mildly stunted subjects who, again, were smaller than nonstunted subjects (Figs. 2A, B). When adjusted for age, the height deficit between the extreme categories of stunting was 6.6 cm for females and 9.0 cm for males. These height differences were thus reduced by 2.9 cm for females and 1.0 cm for males, compared with early childhood.

The height increment from early childhood to adulthood was inversely associated with age at the time of the survey: means were lower for the oldest subjects because they had been older and thus taller in the preschool survey. It was greater among markedly stunted subjects than mildly and nonstunted preschoolers within the age range of 20–23 y for girls and 21–22 y

TABLE 2 Height of young Senegalese women and men at various ages¹

Age, y	Females, n = 1456	Males, n = 1418
	cm	
18	160.5 ± 5.8	165.8 ± 8.4 ^d
19	160.7 ± 6.1	170.5 ± 7.9 ^c
20	161.3 ± 5.6	173.2 ± 7.0 ^b
21	161.8 ± 6.2	172.8 ± 7.0 ^b
22	161.8 ± 5.8	174.7 ± 6.6 ^a
23	161.6 ± 6.0	174.8 ± 6.6 ^a
P	0.05	<0.0001
All ²	161.3 ± 5.9	172.0 ± 7.8

¹ Values are means ± SD. Means in a column with superscripts without a common letter differ, $P < 0.05$.

² Means were adjusted for age.

for boys (Table 3). Adjusted for age, overall differences between extreme categories of stunting were 3.0 cm for girls and 1.5 cm for boys.

Within the restricted sample size with 2 preschool height measurements, the age-adjusted difference between extreme groups of stunting was slightly smaller when 2 different preschool height measures were used, instead of 1, i.e., 3.4 cm ($P < 0.0001$ for differences among the 3 groups) instead of 3.8 and 1.6 cm ($P < 0.001$) instead of 1.8, for girls and boys, respectively.

The prevalence of adult stunting was 5.2% among girls (18–23 y) and 6.7% among boys (≥ 20 y). Preschool stunting was a strong predictor of adult height status: the prevalence of adult stunting was 0.9, 1.1, and 15.8% among nonstunted, mildly stunted, and markedly stunted girls, respectively, ($P < 10^{-6}$) and 0.5, 3.1, and 21.9% among the 3 categories of boys, respectively ($P < 10^{-6}$). Thus, ~80% of subjects recovered from preschool stunting prior to adulthood.

The change in HAZ from preschool age to late adolescence was $+0.86 \pm 1.12$, that is, $+0.89$ and $+0.82$ Z-scores for girls and boys, respectively ($P > 0.10$ for difference between sexes). It varied among groups of degree of preschool stunting (0.21, 0.90, and 1.79 Z-scores, and 0.31, 0.95, and 1.44 Z-scores, for girls and boys with no stunting, mild stunting, and marked stunting, respectively ($P < 0.0001$ for both)).

The correlations between HAZ in early childhood and in adulthood were 0.62 ($P = 0.001$) and 0.60 ($P = 0.001$) for girls ≥ 18 y and boys ≥ 20 y, respectively. The corresponding correlations for absolute height in childhood and adulthood were 0.46 ($P = 0.001$) and 0.49 ($P = 0.001$), respectively, for height correlations).

Preschool stunting, schooling and migration. Age at first migration was inversely associated with preschool height status in both sexes. In girls, the total duration of migration also varied according to the degree of preschool stunting: markedly stunted subjects tended to have the lowest durations (Table 4).

There was no association between stunting and school attendance in girls, but stunted boys were less likely to have reached secondary level, compared with other boys ($P < 0.01$). Maternal schooling was rare (~5%) and limited to primary level, but it was associated with a greater proportion of offspring with formal education: 44.0 and 32.0% with primary and secondary level, respectively, compared with 32.8 and 15.8%, respectively, for boys whose mother had no education ($P < 0.01$). However, there was no difference in preschool HAZ or

degree of preschool stunting between children with educated and never-educated mothers ($P > 0.20$).

Migration in relation to the height increment. For girls, the mean height increment from early childhood to late adolescence varied with the total duration of migration to the city after adjusting for age and an independent measurement of preschool HAZ (Table 5). However, the relation was not linear; girls who never migrated to Dakar had increments similar to those of women who migrated for long durations, whereas those with a short duration of migration had the greatest increments. There was no relation between the height increment and age at first migration to Dakar (results not shown). Among boys, there was no association between the height increment and any of the migration variables. For both sexes, preschool HAZ was strongly and inversely correlated with height increment from childhood to late adolescence, but the association was strongest for girls (Table 5).

Discussion

This study examined linear catch-up growth following preschool stunting in rural West African children, and its relation to rural-to-urban migration for labor. When comparing children among groups of severity of preschool stunting, we found a rather limited catch-up of ~3 cm for females and 1.5 cm for males. Also, in contrast to our research hypothesis, a long duration of urban labor migration was not associated with greater linear catch-up.

The prevalence of preschool stunting (27.6%) in this population might seem modest but is far from trivial, given a mean maternal height of 160.7 cm. Indeed, in most Asian and Latin

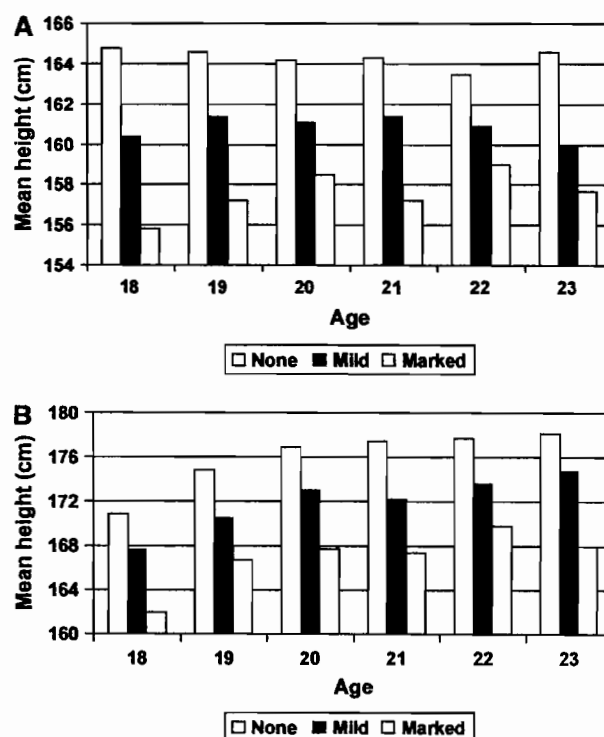


Figure 2 Mean height at follow-up survey in young Senegalese women (A) and men (B) by age and degree of preschool stunting (HAZ < -2, -2 to -1, and ≥ -1 , for marked stunting, mild stunting, and no stunting, respectively). All differences among groups of degree of stunting were significant, $P < 0.0001$.

TABLE 3 Height increments of Senegalese girls and boys from preschool age (in 1983–84) to young adulthood, according to their age and degree of preschool stunting^{1,2}

Age in 2001–02, y	Age in 1983–84, y	Degree of preschool stunting in females, n = 1456				Degree of preschool stunting in males, n = 1418			
		None, n = 578	Mild, n = 478	Marked, n = 400	P	None, n = 500	Mild, n = 524	Marked, n = 394	P
		cm				cm			
18	1.4 ± 0.3	88.0 ± 5.4 ^{a,4}	85.9 ± 5.3 ^b	84.2 ± 5.8 ^b	<0.01	91.0 ± 8.1	91.5 ± 7.7	88.6 ± 7.5	NS
19	2.1 ± 0.5	79.5 ± 6.7	81.0 ± 5.3	80.4 ± 6.2	NS ³	87.8 ± 7.3	88.8 ± 7.6	88.0 ± 7.5	NS
20	3.1 ± 0.6	71.3 ± 7.1 ^b	72.3 ± 6.4 ^b	75.1 ± 7.1 ^a	<0.001	81.2 ± 7.6	82.6 ± 5.9	81.9 ± 7.5	NS
21	4.0 ± 0.6	63.2 ± 7.6 ^b	65.1 ± 6.1 ^b	67.0 ± 7.8 ^a	<0.05	73.8 ± 7.1 ^b	74.8 ± 6.5 ^{ab}	76.7 ± 6.4 ^a	<0.01
22	4.8 ± 0.4	56.8 ± 6.0 ^c	60.8 ± 6.0 ^b	64.3 ± 6.3 ^a	<0.001	70.4 ± 6.8 ^b	71.7 ± 6.4 ^b	75.0 ± 7.9 ^a	<0.001
23	5.1 ± 0.4	57.0 ± 5.3 ^b	57.5 ± 6.0 ^b	60.8 ± 6.9 ^a	<0.001	69.1 ± 6.5	70.9 ± 7.5	71.5 ± 6.5	NS
All ⁵	3.4 ± 1.4	69.3 ± 12.1	70.5 ± 11.7	72.0 ± 10.4	<0.001	78.9 ± 10.5	80.0 ± 10.4	80.3 ± 9.6	<0.01

¹ Values are means ± SD. Means in a row within a gender with superscripts without a common letter differ, $P < 0.05$.² Categories of stunting: none, $\text{HAZ} > -1$; mild, $-2 \leq \text{HAZ} \leq -1$; marked, $\text{HAZ} < -2$.³ NS, $P \geq 0.05$.⁴ The height increment was greater among the youngest subjects because they were also younger in 1983–84.⁵ Height increments for all age groups pooled were adjusted for age (the prevalence of preschool stunting varied among age groups)

American settings, mothers are considerably smaller, and small mothers constrain intra-uterine growth of their children independently of genetic growth potential. Therefore, maternal height is one of the main predictors of preschool stunting (26).

The major strengths of this study lie in its large cohort of both males and females, together with a high follow-up rate (>70%) over a long time period. The demographic surveillance system greatly facilitated data collection in the rural area, whereas

urban tracking of migrating subjects was quite cumbersome. Great care was taken to ensure high quality of anthropometric measurements: standardization sessions were organized regularly and high between-measurer and within-measurer agreements were obtained. The statistical phenomenon of regression toward the mean was controlled, and evidence of selective catch-up of the most stunted subjects persisted. The potential bias due to random errors in preschool height measurements was modest

TABLE 4 Characteristics of rural Senegalese women and men at the age of 18–23 y in relation to the degree of preschool stunting (1–5 y)¹

	Degree of preschool stunting in females				Degree of preschool stunting in males			
	None, n = 578	Mild, n = 478	Marked, n = 400	P	None, n = 500	Mild, n = 524	Marked, n = 394	P ²
Height status								
Preschool HAZ	-0.2 ± 0.7	-1.5 ± 0.3	-2.8 ± 0.7	<0.001	-0.2 ± 0.7	-1.5 ± 0.3	-2.8 ± 0.7	<0.001
Adult height, cm	164.2 ± 5.4	160.9 ± 4.8	157.6 ± 5.7	<0.001	176.0 ± 6.6	171.9 ± 6.2	167.0 ± 7.5	<0.001
Maternal height, ³ cm	161.7 ± 5.6	160.6 ± 5.5	158.9 ± 5.4	<0.001	162.7 ± 5.5	160.7 ± 5.3	159.6 ± 5.7	<0.001
Migrations to all destinations								
Any migration, %	99.0	98.3	96.3	<0.01	87.6	82.1	69.8	<0.001
Age at first migration, ⁴ y	13.1 ± 2.8	13.4 ± 2.9	14.3 ± 2.9	<0.001	16.1 ± 3.2	16.5 ± 2.7	16.6 ± 2.9	<0.05
Number of migrations ⁴	5.7 ± 3.2	5.7 ± 3.2	5.6 ± 2.9	NS	4.7 ± 3.4	4.4 ± 3.4	4.4 ± 3.2	NS
Total duration of migration, ⁴ y	5.3 ± 3.0	5.2 ± 3.1	4.6 ± 2.7	<0.001	2.9 ± 3.1	2.5 ± 2.4	2.5 ± 2.8	NS
Migrations to Dakar								
Any migration, %	85.0	87.5	83.0	NS	52.0	43.9	37.8	<0.01
Age at first migration, ⁵ y	13.2 ± 2.7	13.5 ± 2.7	14.4 ± 2.4	<0.001	16.5 ± 2.4	16.6 ± 2.4	16.9 ± 2.3	NS
Number of migrations ⁵	4.9 ± 2.9	5.1 ± 3.2	4.8 ± 2.8	NS	3.0 ± 2.6	2.7 ± 2.9	3.3 ± 3.0	NS
Total duration of migration, ⁵ y	3.8 ± 2.7	3.9 ± 2.8	3.3 ± 2.4	<0.001	1.8 ± 2.4	1.6 ± 2.1	1.6 ± 1.7	NS
Schooling								
Level, %								
None	67.5	70.7	70.7	NS	49.2	49.5	52.8	<0.01
Primary	24.4	23.6	22.3		31.6	31.2	36.0	
Secondary	8.0	5.7	7.0		19.2	19.2	11.2	
Maternal schooling, ⁶ %	3.6	4.0	5.1	NS	4.4	6.2	3.7	NS

¹ Categories of stunting: none, $\text{HAZ} > -1$; mild, $-2 \leq \text{HAZ} \leq -1$; marked, $\text{HAZ} < -2$. Values are (%) or means ± SD (adjusted for age).² P-values with adjustment for age at follow-up study.³ Maternal height data were missing for 220 girls and 229 boys (not collected during the first preschool round).⁴ Subjects who had never migrated were excluded (i.e., 159 girls and 307 boys).⁵ Subjects who had never migrated to Dakar were excluded (i.e., 238 girls and 784 boys).⁶ Data were missing for 411 girls and 392 boys.

TABLE 5 Generalized linear modeling of height increment from preschool age to adulthood, among young women and men born in rural Senegal, according to their duration of migration to the capital city Dakar

Variable	Grouping	Females			Males		
		Adjusted means, cm	F-value	P	Adjusted means, cm	F-value	P
Migration duration ¹	0	67.2	4.6	0.003	78.3	0.2	NS ²
	<1st tertile	69.3			78.2		
	<2nd tertile	67.4			78.5		
	≥2nd tertile	67.7			77.6		
Age at youth	— ³	— ³	2148	<0.0001		991	<0.0001
Preschool HAZ ⁴	— ³	— ³	107.3	<0.0001		17.8	<0.0001

¹ Migration duration was a categorical variable in 4 classes: subjects who had never migrated to Dakar had a value of 0, and the remaining were divided into 3 classes based on sex-specific tertiles.

² NS, $P \geq 0.05$.

³ Continuous variables.

⁴ Preschool height-for-age was computed from a height measurement independent of that used for the computation of height increment.

(2–4 mm) in analyses comparing catch-up growth among 3 groups of severity of stunting.

Several shortcomings limited the conclusions we were able to draw. First, subjects had been measured at various ages between 1 and 5 y, and the prevalence of stunting was not constant within that age range. In an attempt to limit this variation, subjects measured in infancy only were excluded from the analyses, and main results were provided for each age group independently. Second, migration data were collected using the recall method. They were considered reliable because dates of departures and returns were assessed using detailed calendars of local events, and subjects had a high recall capacity for these events.

Finally, the impact of migration during adolescence upon catch-up growth was difficult to assess because: 1) preschool stunting was a determinant of migration characteristics, and 2) no measurement of height at the time of departure from the village was available. Therefore, we cannot assess the direction of causality between migration duration and growth in height from preschool age to adulthood, e.g., low height increment up to early adolescence might prompt longer duration of migration among females. However, this hypothesis seems unlikely, insofar as girls who were tall in early childhood migrated earlier. A further limitation is that few data were available upon socioeconomic and other characteristics which may differ between girls migrating for short vs. long durations.

Recently, Cameron et al. (25) argued for the use of change in HAZ as the best indicator of linear catch-up, mainly because regression to the mean can be controlled using the correlation coefficient between HAZ at initial assessment and follow-up (25,27). According to this method, the expected HAZ in adulthood was -0.78 for girls and -0.87 for boys. Thus, observed mean adult HAZ (-0.40 for girls and -0.46 for boys) largely exceeded values expected from regression to the mean, which strongly suggests a “true” catch-up in height in this population relatively to the reference. Finally, if catch-up was defined as an adult HAZ above -2 , then $\sim 80\%$ of stunted subjects achieved catch-up in this population.

Based on height increments, catch-up growth was better in girls than in boys. A previous study in this cohort, conducted during adolescence (11–17 y), had already shown some evidence of linear catch-up growth among the most stunted girls within the age group of 16–17 y [4–6 cm more than the nonstunted girls, $P < 0.05$ (7)]. We then hypothesized that the absence of catch-up among boys was due to the later pubertal growth spurt in males, but the present study suggests that Senegalese boys

stunted in early childhood keep their height deficit relative to their nonstunted counterparts throughout life.

The mean age at menarche has been estimated at 16.1 y in this population, compared with 12.5 y among girls of African origin living in the U.S. (2). In the present sample, 6.9% of women <20 y had still not experienced menarche, and this proportion was larger for women stunted in early childhood. Also, in the WHO/NCHS reference, mean height of both girls and boys increase by 6 mm from 17 to 18 y of age (23). Thus, *stricto sensu*, all subjects in this study had not reached final height, especially men, who may well pursue linear growth beyond the age of 20. However, it seems unlikely that subjects stunted in early childhood could manage a substantial catch-up in height compared with their nonstunted counterparts after follow-up, given the limited amount of growth left.

In rural India, stunted girls also caught up to a much greater extent than boys, although none of them migrated during adolescence. Indeed, the height difference of 14.2 cm between the most and least stunted at age 5 y was reduced to 7.7 cm at age 18 y (28). Among males, the height difference was 14.8 cm at age 5 y vs. 9.7 cm at estimated final height (10). Therefore, these sex differences may be of biological origin.

Important sex differences existed for age at first labor migration, with girls starting to migrate several years earlier than boys (13.6 vs. 16.7 y, $P < 0.0001$). This may be due to limited job opportunities for male adolescents, but also to differences in schooling. The most stunted boys started secondary school migration later than other boys. This difference is probably explained in part by later enrollment of stunted children into primary school (29,30). In addition, in rural Guatemala and in the Philippines, preschool stunting had negative effects upon progress in school and intellectual achievement in young adults (1,30). Although maternal schooling predicted the level of schooling in the offspring, it was not a confounder in the relation between preschool stunting and schooling, because preschool HAZ did not vary by maternal schooling. However, other factors may interact both with schooling and stunting in this population.

The main difficulty of this and similar studies lies in determining to what extent preschool height status is of genetic origin and to what extent it is due to undernutrition. Although variations among subpopulations with different growth potential were limited by the ethnic homogeneity of the present study population, it is clear that some of the height differences among the 3 groups of severity of preschool stunting could be explained by variations in genetic growth potential: in all populations,

including those free of childhood malnutrition, height during childhood is a strong predictor of adult height (24).

Therefore, a number of studies examine catch-up growth at the population level by comparing mean height of study subjects at various ages to an external reference population.

Using this approach, catch-up growth was partial in South Africa (31) and in Kenya (8), almost complete in Kenyan pastoralists (32) and in North American slaves of African origin (33), but it was absent in rural Gambia (4). In the present study, nearly complete catch-up was achieved at the population level, insofar as mean heights were only ~2.5 cm below the NCHS reference for females aged 18–23 y and males aged 20–23 y. Also, the prevalence of stunting fell from 27% at ages 1–5 y to 6% in adulthood.

If partial catch-up growth is possible in stunted children, the mechanism remains to be clarified. Often, studies documenting catch-up growth also describe a delay in puberty which induce a prolongation of the growth period, thus providing an opportunity for stunted subjects to catch-up (34,35). In a former study of this cohort, mean age at menarche was 15.6, 16.5 and 17.6 y for girls with nonstunting, mild stunting and marked stunting at preschool age, respectively ($P < 0.001$) (7).

Conversely, a sudden improvement in living conditions, such as that experienced by third-world orphans adopted in Western countries, may hasten pubertal maturation and lead to extremely low final heights (36). It is commonly admitted that the 3-y decrease in age at menarche observed in European countries during the last centuries (37,38) is explained by the nutrition transition (2). Thus, it is possible that rural to urban migration in Senegal has similar effects on physical development and thereby reduces late growth. Indeed, in a previous study on a subsample of this cohort, i.e., female migrants aged 14–16 y, showed evidence of greater body mass index, subcutaneous fat, and more advanced sexual maturation than nonmigrants. Conversely, nonmigrants were taller by 1.6 cm in bivariate analyses ($P < 0.05$), and by 2.8 cm ($P < 0.0001$) if differences in sexual maturation were adjusted for, although they had similar heights at the age of 11–12 y, prior to migration (16).

Female migrants in Dakar work as maids in better-off urban households for an average of 10 h/d and eat the same food as their employer (16). Thus, fat and meat intakes are likely to be much greater than in the rural areas. Conversely, they have greater energy expenditures, more physical activity, and less sleep than their rural counterparts (15). Such living conditions may not be beneficial for linear growth.

Markedly stunted girls migrated nearly as often as other girls, but the duration of migration was lower, and thus each migration episode was shorter. It is possible that stunted girls were unable to sustain the requirements inherent in rural jobs for as long as other girls. In the village, female adolescents also have high work loads, but their mothers allow them to rest more often than do urban employers (15).

In conclusion, catch-up growth of children stunted at preschool age existed at the individual level, but differences in mean height were reduced by a modest 3 cm in girls and 1.5 cm in boys. At the population level, almost complete catch-up to the WHO/NCHS reference was achieved by the age of 20–22 y. There was no evidence that migration to urban areas might result in faster linear growth, despite increased body weight and subcutaneous fat mass in female adolescent migrants.

The efficacy of public health interventions to induce or improve catch-up growth in stunted adolescents remains to be tested (24). In designing such interventions, the advantages of increasing fat mass should be balanced against possible risks,

i.e., hastening the completion of sexual maturation and the end of the period of linear growth with possible negative consequences on adult height and fat-free mass. In addition, more information is needed upon the reversibility of functional outcomes of stunting (e.g., low muscle mass, obstetric complications, birth weight of offspring) in case of catch-up growth during adolescence.

Acknowledgments

We are grateful to Amady Ndiaye and Alassane Faye for their major contributions to data collection and entry. Denis Boulanger provided logistic help and Bernard Maire coordinated the preschool nutrition surveys conducted by ORSTOM (now named IRD). Since 2001, the Niakhar study area database has been managed by the US009 of the IRD.

Literature Cited

1. Martorell R, Rivera J, Kaplowitz H, Pollitt E. Long-term consequences of growth retardation during early childhood. In: Hernandez M, Argente J, editors. *Human growth: basic and clinical aspects*. 1st edition. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., 1992:143–9.
2. Eveleth PB, Tanner JM. *Worldwide variation in human growth*. 2nd edition. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
3. Sub-Committee on Nutrition (ACC/SCN). *Nutrition throughout the life cycle*. Geneva, Switzerland: ACC/SCN, 2000.
4. Billewicz WZ, McGregor IA. A birth-to-maturity longitudinal study of heights and weights in two West African (Gambian) villages, 1951–1975. *Ann Hum Biol*. 1982;9:309–20.
5. Martorell R, Rivera J, Kaplowitz H. Consequences of stunting in early childhood for adult body size in rural Guatemala. *Ann Nestlé*. 1990;48:85–92.
6. Simondon KB, Simon I, Simondon F. Nutritional status and age at menarche of Senegalese adolescents. *Ann Hum Biol*. 1997;24:521–32.
7. Simondon KB, Simondon F, Simon I, Diallo A, Bénédicte E, Traissac P, Maire B. Preschool stunting, adolescent height and age at menarche: a longitudinal study in rural Senegal. *Eur J Clin Nutr*. 1998;52:412–8.
8. Kulin HE, Bwibo N, Mutie D, Santner SJ. The effect of chronic childhood malnutrition on pubertal growth and development. *Am J Clin Nutr*. 1982;36:527–36.
9. Satyanarayana K, Prasanna Krishna T, Narasinga Rao BS. Effect of early childhood undernutrition and child labour on growth and adult nutritional status of rural Indian boys around Hyderabad. *Hum Nutr Clin Nutr*. 1986;40:131–9.
10. Satyanarayana K, Radhaiah G, Murali Hohan KR, Thimmayamma BVS, Pralhad Rao N, Narasinga Rao BS, Akella S. The adolescent growth spurt of height among rural Indian boys in relation to childhood nutritional background: An 18 year longitudinal study. *Ann Hum Biol*. 1989;16:289–300.
11. de Onis M, Frongillo EA, Blössner M. Is malnutrition declining? An analysis of changes in levels of child malnutrition since 1980. *Bull WHO*. 2000;78:1222–33.
12. Cameron N, Kgamphe JS. The growth of South African black children. *S Afr Med J*. 1993;83:184–90.
13. Martorell R, Khan LK, Schroeder DG. Reversibility of stunting: epidemiological findings in children from developing countries. *Eur J Clin Nutr*. 1994;48:S45–57.
14. Delaunay V. [Labor of young girls in sub-Saharan Africa. Living and working conditions of young Sereer migrant girls in Dakar]. In: Schlemmer B, editor. *Exploited children*. Bondy: ORSTOM, 1994:3–10.
15. Garnier D, Bénédicte E. Habitual physical activity of Senegalese adolescent girls under different working conditions, as assessed by a questionnaire and movement registration. *Ann Hum Biol*. 2001;28:79–97.
16. Garnier D, Simondon KB, Hoarau T, Bénédicte E. Impact of the health and living conditions of migrant and non-migrant Senegalese adolescent girls on their nutritional status and growth. *Public Health Nutr*. 2003;6:535–47.

17. Lericollais A., ed. Paysans Sereer: dynamiques agraires et mobilités au Sénégal [Sereer farmers: agrarian dynamics and mobility within Senegal]. Paris: Editions de l'IRD, 1999.
18. Delaunay V. La situation démographique et épidémiologique dans la zone de Niakhar au Sénégal, 1984–1996. Dakar: ORSTOM, 1998.
19. Chahnazarian A, Becker C, Delaunay V, et al. Population et santé à Niakhar: Niveaux et tendances des principaux indicateurs démographiques et épidémiologiques de la zone d'étude 1984–1991. Dakar: ORSTOM, 1992.
20. Garenne M, Maire B, Fontaine O, Dieng K, Briand A. Risques de décès associés à différents états nutritionnels chez l'enfant d'âge préscolaire. Paris: CEPED, 2000.
21. Lohman TG, Roche AF, Martorell R. Anthropometric standardization reference manual. Champaign, IL: Human Kinetics Books, 1988.
22. Adair L. Filipino children exhibit catch-up growth from age 2 to 12 years. *J Nutr.* 1999;129:1140–8.
23. World Health Organization. Measuring change in nutritional status: guidelines for assessing the nutritional impact of supplementary feeding programmes. Geneva: WHO, 1983.
24. World Health Organization. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Geneva: WHO, 1995.
25. Cameron N, Preece MA, Cole TJ. Catch-up growth or regression to the mean? Recovery from stunting revisited. *Am J Hum Biol.* 2005;17: 412–7.
26. Adair LS, Guilkey D. Age-specific determinants of stunting in Filipino children. *J Nutr.* 1997;127:314–20.
27. Eckhardt CL, Gordon-Larsen P, Adair LS. Growth patterns of Filipino children indicate potential for compensatory growth. *Ann Hum Biol.* 2005;32:3–14.
28. Satyanarayana K, Nadamuni Naidu A, Swaminathan MC, Narasinga Rao BS. Effect of nutritional deprivation in early childhood on later growth—a community study without intervention. *Am J Clin Nutr.* 1981;34:1636–7.
29. Partnership for Child Development. Short stature and the age of enrollment in primary school: studies in two African countries. *Soc Sci Med.* 1999;48:675–82.
30. Daniels MC, Adair LS. Growth in young Filipino children predicts schooling trajectories through high school. *J Nutr.* 2004;134:1439–46.
31. Cameron N, Gordon-Larsen P, Wrochota EM. Longitudinal analysis of adolescent growth in height, fatness, and fat patterning in rural South African black children. *Am J Phys Anthropol.* 1994;93:307–21.
32. Little MA, Galvin K, Mugambi M. Cross-sectional growth of nomadic Turkana pastoralists. *Hum Biol.* 1983;55:811–30.
33. Steckel RH. Growth depression and recovery: the remarkable case of American slaves. *Ann Hum Biol.* 1987;14:111–32.
34. Satyanarayana K, Nadamuni Naidu A, Narasinga Rao BS. Nutritional deprivation in childhood and the body size, activity, and physical work capacity of young boys. *Am J Clin Nutr.* 1979;32:1769–75.
35. Golden MHN. Is complete catch-up possible for stunted malnourished children? *Eur J Clin Nutr.* 1994;48: Suppl.1:S58–70.
36. Proos LA, Karlberg J, Hofvander Y, Tuvemo T. Pubertal linear growth of Indian girls adopted in Sweden. *Acta Paediatr.* 1993;82:641–4.
37. Liestol K, Rosenberg M. Height, weight and menarcheal age of schoolgirls in Oslo—an update. *Ann Hum Biol.* 1995;22:199–205.
38. Helm P, Helm S. Uncertainties in designation of age at menarche in the nineteenth century: revised mean for Denmark, 1835. *Ann Hum Biol.* 1987;14:371–4.



Niakhar

OBJECTIFS

Dans les pays en développement, les déterminants de la santé de l'adulte jeune ne sont pas bien connus. L'objectif de cette étude est de comparer l'état nutritionnel et la pression artérielle de jeunes sénégalais ayant eu des degrés différents de retard de croissance dans l'enfance.

METHODES

Cette étude longitudinale d'observation concerne une cohorte de 5700 adolescents et jeunes adultes d'ethnie sérère, âgés de 17 à 23 ans et originaires de la zone rurale de Niakhar (Sénégal). Leur état nutritionnel dans l'enfance a été déterminé en 1983 et 1984 alors qu'ils étaient âgés d'entre 0 et 5 ans. En 2001, les 1989 sujets résidant encore dans leur village d'origine ont fait l'objet de mesures anthropométriques (poids, taille, plis cutanés) et de la pression artérielle, (le reste de la cohorte était en migration de travail dans les différentes villes du pays). Des données relatives à la parité, la maturation sexuelle, l'activité menée et le niveau d'instruction ont été également recueillies par entretien. L'analyse a comparé les tailles, plis cutanés, indices de masse corporelle et pressions artérielles entre trois groupes, définis par l'indice taille-âge dans la petite enfance (<-2, -2 à -1 et >-1 z-score, respectivement, de la référence OMS/NCHS) par ANOVA et en régression linéaire multiple.



RESULTAT 1

Gain de taille (cm) de la petite enfance à l'adolescence ou à l'âge adulte en fonction du retard statural dans la petite enfance chez les filles

Age (années)	Degré de retard statural dans la petite enfance		
	Retard nul n=361	Retard modéré n=284	Retard marqué n=198
17	99,9	97,8	97,9
18	88,3	84,9	84,6*
19	77,8	78,6	79,1
20	67,9	70,1	73,8**
>20	58,5	60,6	64,5***

Parmi les sujets les plus âgés, ceux ayant souffert d'un retard de croissance avaient un gain de taille supérieur aux autres entre la petite enfance et 2001. La différence des moyennes entre les deux groupes extrêmes de retard de croissance était de 7,2 cm chez les filles et de 3,7 cm chez les garçons, suggérant ainsi un rattrapage du retard de croissance.

RESULTAT 2

Pression systolique moyenne en fonction de la classe d'âge et du degré de retard de croissance chez les garçons

Age (années)	Degré de retard statural dans la petite enfance		
	Retard nul n = 447	Retard modéré n = 389	Retard marqué n = 310
17	12,0	11,9	11,7
18	12,7	12,1	12,0**
19	12,6	12,5	12,4
20	13,1	12,8	12,8
21	13,0	13,2	13,0
>21	13,1	13,0	12,8

Il n'y avait pas de différence de pression artérielle selon le degré de retard de croissance dans l'enfance, même après ajustement sur l'âge, la taille et l'indice de masse corporelle, aussi bien chez les garçons que chez les filles.

RESULTAT 3

Moyenne d'IMC (Kg/m²) en fonction de la classe d'âge et du degré de retard statural dans la petite enfance chez les garçons.

CONCLUSION

- A l'adolescence, il y a une tendance à une meilleure récupération au niveau de la taille et de la composition corporelle chez les filles malnutries dans l'enfance comparées aux garçons.
- Une malnutrition chronique en bas âge ne constitue pas un facteur de risque d'hypertension artérielle chez l'adulte jeune dans cette population.

Chez les garçons les valeurs moyennes d'indice de masse corporelle sont moins élevées en cas d'antécédents de retard de croissance ($p < 0,05$), contrairement aux filles.

PERSPECTIVES

Sont actuellement à l'étude

- les Effets d'un changement d'environnement (migration de travail) sur les paramètres étudiés
- l'hypothèse d'une prolongation de la période de croissance en cas de retard de croissance
- le devenir nutritionnel des enfants nés de mères malnutries

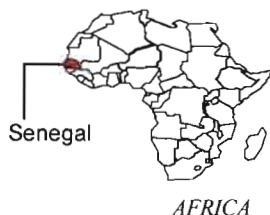
ADOLESCENT MIGRATION FOR LABOR, BODY COMPOSITION AND RECOVERY FROM STUNTING IN SENEGAL

A. Ndiaye, K.B. Simondon, J. Millet, A. Diallo, E. Bénéfice, F. Simondon

Université Cheikh Anta Diop, Dakar & Institut de Recherche pour le Développement, Research Unit 24

BACKGROUND

In Africa, rural areas are characterized by high levels of stunting among children under five years and of migrations of adolescents and young adults to cities. This situation leads to change in food patterns which have consequences on health. The aim of this study was to assess the effects of labor migration of rural Senegalese adolescents on body composition and catch-up growth from preschool stunting.



SENEGAL
A developing country
in West Africa

- ✓ Men (n=937) and women (n=895) aged 19-23 years and born in 30 villages in a rural area near Niakhar, 150 Km East from Dakar.
- ✓ Their preschool height-for-age (HA) was measured at age 24-72 months in 1983-84 and classified as: <-2, -2 to -1 or >-1 zscores for significant, mild and no stunting respectively, with Anthro1 CDC.



Some facts

- ✓ The mean age of first migration is 13.6 years among girls and 16.7 years among boys
- ✓ Young adult women and men are 2 cm and 4 cm shorter than the NCHS reference, respectively



Tricipital skinfold measurement



Malnourished child

- ✓ In 2001-02, subjects were visited in either Niakhar, Dakar or smaller towns (Fatick, Mbour and Koumpentoum).
- ✓ Anthropometric measurements (height, weight, arm circumference, subscapular and tricipital skinfolds) were taken and migrations since age five years collected using recall. Analysis used SAS version 8.1.



Niakhar study area

- ✓ A Sahelian area of 30 villages
- ✓ Dry season = 9 months / year
- ✓ Labor migration, one strategy to increase family subsistence
- ✓ Stunting = 19% of children < 5y



Dakar, capital city

RESULTS

- Women living in Dakar had greater subscapular and tricipital skinfolds (SF, $P < 0.001$) and BMI ($P < 0.01$), but not different arm circumference (AC), while men in Dakar had greater SF only ($P < 0.05$).
- Low preschool HA was associated with a later onset of migration (girls: $P < 0.0001$, boys: $P < 0.05$). Preschool HA was inversely associated with adult height, BMI and AC in both sexes ($P < 0.01$), but not with SF.
- Height increment from early childhood to adulthood increased as HA decreased ($P < 0.01$ in both sexes).
- When adjusting on preschool age, HA and current age, using multiple linear regression, current height was not found to be related to migration duration, and HA and migration duration did not interact.



CONCLUSIONS

Migration increased adiposity but did not improve catch up in height of stunted children



Sponsorship: Fondation Nestlé, IRD
Contact: ammat.ndiaye@ird.sn
Exp Biol 2004

TITRE : Conséquences à long terme du retard de croissance staturale durant la petite enfance sur la taille ultérieure, la composition corporelle et la pression artérielle : un suivi de cohorte de 2874 jeunes ruraux sénégalais âgés de 18 à 23 ans.

- **Nom de la candidate :** Aminata NDIAYE COLY
- **Nature de la thèse :** Thèse de Troisième Cycle en Nutrition et Alimentation
- **Jury d'examen** **Président :** Pr Mouhamadou Guélaye SALL
 Membres : Pr Salimata WADE
 Dr Kirsten B. Simondon
 Pr Ahmadou Tidiane Guiro
 Dr Nicole Idohou Dossou
- **Soutenue le 15 juillet 2006 à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar**

Résumé : En Afrique, les déterminants de l'état nutritionnel et de la santé de l'adolescent et de l'adulte jeune ne sont pas bien connus, surtout dans un contexte de malnutrition antérieure. Notre étude longitudinale et rétrospective, tente de déterminer pour la première fois au Sénégal, les effets à long terme de la malnutrition chronique sur la croissance ultérieure, la composition corporelle et la pression artérielle. Le statut nutritionnel des sujets durant la petite enfance, a été déterminé en 1983-84, lors d'une vaste enquête anthropométrique portant sur 6749 enfants, âgés de 0 à 5 ans, originaires de la zone rurale de Niakhar. En 2001-02, 3977 sujets de la cohorte initiale ont été retrouvés et enquêtés. Le poids, la taille, le tour de bras, les plis cutanés tricipital et souscapulaire, les pressions systolique et diastolique ont été mesurés. Le niveau d'instruction et l'histoire de la migration ont été relevés. Les sujets ont été répartis en 3 groupes de déficit statural : nul ($T(A) > -1$ z-scores), marginal ($-2 \leq T(A) \leq -1$ z-scores) et marqué ($T(A) < -2$ z-scores) selon la valeur de l'indice taille selon l'âge durant la petite enfance. L'analyse a concerné un total de 2874 sujets âgés de 18 à 23 ans.

Durant la petite enfance, 27,6% des sujets souffraient de retard statural ($T(A) < -2$ z-scores). L'écart de taille entre groupes extrêmes de déficit statural était de 9,5 cm chez les filles et de 10,0 cm chez les garçons. De la petite enfance à la fin de l'adolescence, les filles malnutries (déficit marqué) ont gagné 3 cm et les garçons 1,5 cm de plus que les sujets non malnutris, mais tous les sujets malnutris durant la petite enfance ont gardé une petite taille. A l'âge adulte, la taille des filles est de 161,3 cm et celle des garçons de 174,0 cm. Les sujets des deux sexes sont plus petits d'environ 2 cm par rapport à la référence NCHS. Pour tenter de définir la période à laquelle le rattrapage en taille s'est produit, des mesures répétées de la taille sur une période de deux ans ont été effectuées chez un sous-échantillon de 264 garçons en phase de terminer l'adolescence. Les résultats montrent une prolongation de la période de croissance jusqu'à 20 ans. Cependant la croissance terminale ne conduit pas à un rattrapage du déficit statural. Les sujets malnutris ont respectivement un poids et un périmètre musculaire du bras plus faibles de 6,0 et 8,0 kg et de 0,6 et 1,1 cm chez les filles et les garçons. Par contre, les plis cutanés tricipital et sous-scapulaire ne varient pas selon le degré de déficit statural. La pression systolique des garçons retardés en taille est plus faible de 4 mmHg comparés aux non retardés. La migration urbaine favorise l'adiposité des sujets, mais elle est inversement liée au gain de taille et à la pression systolique des filles. Il n'y a pas de relation entre le degré de déficit statural et le fait d'être envoyé à l'école, mais les garçons retardés en taille sont moins représentés dans le niveau secondaire.

En conclusion, chez les sujets malnutris, un rattrapage en taille est possible mais il est partiel, se réalise au niveau individuel et est meilleur chez les filles que chez les garçons. La migration urbaine de travail joue un rôle négatif sur la croissance staturale. Par conséquent elle ne favorise pas le rattrapage en taille des sujets malnutris.

Mots clés : Retard statural - rattrapage en taille - composition corporelle - pression artérielle - migration - adolescents - jeunes adultes - zone rurale - Sénégal.