

	PLAN	Page
I.	INTRODUCTION.....	1
II.	METHODOLOGIE.....	5
II.1.	Cadre de l'étude.....	5
II.2.	Éthique.....	5
II.3.	Type d'étude et sujets	5
II.4.	Critères d'inclusion.....	5
II.5.	Calcul de la taille d'échantillon	6
II.6.	Protocole opératoire.....	7
II.6.1.	Présélection : Recrutement des couples mère-enfant et sensibilisation.....	7
II.6.2.	Sélection : Répartition homogène entre les deux groupes.....	7
II.6.3.	Alimentation : Préparation des repas et prise alimentaire	8
II.6.4.	Phase finale : Prélèvement sanguin final	9
II.7.	Collecte des données et dosages biochimiques	9
II.7.1.	Données socioéconomiques et alimentaires	9
II.7.2.	Mesures anthropométriques.....	9
II.7.3.	Dosage du β carotène dans la PDCO	10
II.7.4.	Analyses biologiques	10
II.8.	Analyses statistiques.....	13
III.	RESULTATS	15
III.1.	Évolution de la taille de l'échantillon	15
III.2.	Caractéristiques des sujets de l'étude.....	17
III.3.	Etat nutritionnel des enfants.....	17
III.3.1.	Anthropométrie et statut anémique des enfants.....	17
III.3.2.	État inflammatoire et statut en vitamine A des enfants	18
III.4.	Diversité et profil alimentaire des sujets.....	20
III.5.	Quantité de patate douce consommée et nombre de jours de consommation.....	22

III.6. Concentration en β -carotène de la PDCO	22
III.7. Impact de la consommation de PDCO sur les concentrations plasmatiques en β -carotène	23
III.7.1. Concentration en β -carotène en fonction du statut en vitamine A	24
III.7.2. Concentration en β -carotène en fonction de la durée de consommation.....	24
III.7.3. Concentration en β -carotène en fonction de la quantité de patate consommée ..	25
IV. Discussion	27
V. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	31
VI. Références bibliographiques	33
ANNEXES.....	40

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Allocation des aliments.....	8
Tableau 2 : Caractéristiques des sujets de l'étude	17
Tableau 3 : État nutritionnel et statut anémique des enfants	18
Tableau 4 : Statut inflammatoire et en vitamine A des enfants	19
Tableau 5 : Diversité alimentaire des enfants.....	20
Tableau 6 : Quantités de patate douce consommées et durée de consommation	22
Tableau 7 : Apports en β -carotène et en vitamine A de la PDCO	22
Tableau 8 : Comparaison des concentrations en β -carotène avant et après intervention	23
Tableau 9 : Concentrations en β -carotène en fonction du statut de base en vitamine A	24
Tableau 10 : Concentrations en β -carotène en fonction de la durée de consommation	25
Tableau 11 : Concentrations en β -carotène en fonction des quantités consommées	26

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Schéma conceptuel de l'étude	7
Figure 2 : Diagramme de l'étude.....	16
Figure 3 : Statut en vitamine A dans les deux groupes avant intervention.....	19
Figure 4 : Profil alimentaire des enfants à la première semaine	21
Figure 5: Profil alimentaire des enfants à la deuxième semaine	21

SIGLES ET ABREVIATIONS

AGP	Acide alpha-1 Glycoprotéine ou orosomucoïde
ANIDA	Agence Nationale d'Insertion et de Développement Agricole
ANOVA	Analyse de variance à un facteur
ASC	Agent de Santé Communautaire
BC	β -carotène
BHT	Butylhydryoxytoluène
CLM	Cellule de Lutte contre la Malnutrition
CNERS/MSAS	Comité Nationale d'Ethique pour la Recherche en Santé / Ministère de la Santé et de l'Action Sociale
Conc.	Concentration
COSFAM	Comité Sénégalais pour la Fortification des Aliments en Micronutriments
CRP	Protéine C-Réactive
CT	Caroténoïdes Totaux
CVA	Carence en Vitamine A
DAM	Diversité Alimentaire Minimale
DID	Difference in Difference method (méthode des doubles différences ou méthode des différences de différence)
EAR	Equivalent d'Activité du Rétinol
ENA	Emergency Nutrition Assessment (Evaluation nutritionnelle d'urgence)
Gac	Fruit riche en β -carotène
Hb	Hémoglobine
HPLC	Chromatographie Liquide Haute Performance
IC	Intervalle de Confiance
LARNAH	Laboratoire de Recherche en Nutrition et Alimentation Humaine
LNRPV/ISRA	Laboratoire National de Recherche sur les Productions Végétales / Institut Sénégalais de Recherche Agricole
MAM	Malnutrition Aiguë Modérée
MAS	Malnutrition Aiguë Sévère
MI	Micronutrient International
OMS/WHO	Organisation Mondiale de la Santé
PDCO	Patate Douce à Chair Orangée
PRD	Projet de Recherche pour le Développement
PTZ	Indice Poids-pour-Taille z-score
RP	Rétinol Plasmatique
SMART	Standardized Monitoring and Assessment of Relief and transitions

SPRING	Strengthening Partnerships Results and Innovations in Nutrition Globally
TAZ	Indice Taille-pour-Age z-score
TEA	Triéthylamine
UCAD	Université Cheikh Anta Diop de Dakar
USAID/YAJEENDE	United States Agency for International Development
VA	Vitamine A

I. INTRODUCTION

Les carotènes appartiennent à la famille des caroténoïdes retrouvés majoritairement dans les fruits et légumes de couleur jaune à orangée et dans les légumes et les feuilles vert foncé. Les carotènes, dont les plus courants sont le lycopène, l' α -carotène et le β -carotène, sont des molécules liposolubles. Ils suscitent un grand intérêt nutritionnel et sanitaire, notamment, du fait de leur propriété de précurseurs de la vitamine A ou provitamines A, et le plus important est le β -carotène qui présente la plus grande biodisponibilité et l'activité pro vitaminique la plus importante. En effet après ingestion, le β -carotène est absorbé au niveau de l'entérocyte, puis hydrolysé (sous sa forme trans) en deux molécules de rétinal tout-trans, qui par la suite, sont soit oxydées en acide rétinoïque soit réduites en rétinol qui est la forme biologique de la vitamine A (**Tanumihardjo et al., 2016**). La vitamine A est un micronutriment essentiel pour le développement normal de l'individu et le maintien de sa santé (**Grune et al., 2010**). Elle intervient dans beaucoup de processus métaboliques, mais sa fonction principale et la mieux documentée est son rôle important dans le processus de la vision. La vitamine A joue aussi un rôle fondamental dans la différentiation cellulaire et le renforcement du système immunitaire et sa carence représente une menace pour la santé (**Do, 2009 ; Bastos Maia et al., 2019**).

La carence en vitamine A (CVA) est généralement due à un déficit prolongé d'apports alimentaires en vitamine A et/ou en caroténoïdes provitamine A pour couvrir les besoins physiologiques (**WHO, 1996**). Elle peut être également causée par une baisse de l'absorption en raison d'infections, de maladies ou d'inflammations chroniques (**Katona, 2008 ; Bailey et al., 2015**). Dans l'organisme, la CVA survient progressivement, allant d'un épuisement des réserves totales de rétinol et de ses métabolites actifs, à une baisse du taux sérique de rétinol aboutissant à une altération des fonctions physiologiques (**Do, 2009**). Il en résulte comme conséquences chez les enfants une série de manifestations oculaires (ulcérations cornéennes, tâches de Bitôt, xérophthalmie pouvant conduire à la cécité etc.), une mauvaise croissance, une baisse de l'immunité et des défenses, une diminution de la résistance aux infections (diarrhée, rougeole, paludisme) associée à une augmentation de la mortalité (**West, 2002 ; Wiseman et al., 2017**). Les femmes en âge de procréer et les enfants sont les groupes les plus à risque de développer une carence en vitamine A en raison de leurs besoins accrus en ce micronutriment et du fait de leur état physiologique (**WHO, 2009**). Chez la femme enceinte, la CVA affecte aussi bien la mère que son fœtus, et est associée à une augmentation de la morbidité et de la mortalité périnatale (**Bastos Maia et al., 2019**). De plus, une carence sévère chez la mère augmente le risque de mortalité du nourrisson dans les cinq premiers mois de vie (**Christian et**

al., 2001 ; West, 2002). A la naissance, les réserves hépatiques en vitamine A des nourrissons sont généralement faibles, et la couverture de leurs besoins ne peut se faire qu'à travers le lait maternel, lequel, dépend du statut nutritionnel de la mère et de sa consommation alimentaire (Oliveira et al., 2016). Approximativement 80% des besoins en vitamine A chez l'enfant au cours des deux premières années de sa vie sont couverts par le lait maternel (Fernandes et al., 2014). En outre, les carotènes également contenus dans le lait maternel peuvent contribuer à augmenter l'apport en vitamine A chez le nourrisson (Butte et al., 2002). La part des besoins restants en vitamine A (non couverte par le lait maternel) doit donc être apportée par l'alimentation complémentaire à partir de 6 mois.

La CVA est largement répandue dans le monde et constitue un problème de santé publique dans la majorité des pays en voie de développement (WHO, 2009). Selon l'OMS, environ 190 millions d'enfants d'âge préscolaire, présentent un déficit en vitamine A (WHO, 2009) ; et 10 à 20% de femmes enceintes en sont atteintes dans les pays à faibles revenus (Bailey et al., 2015). L'Afrique sub-Saharienne est encore très impactée par la CVA, qui en 2013, touchait environ 48% des enfants de moins de cinq ans (Stevens et al., 2015). Au niveau des pays de la sous-région, des prévalences de 5,3%, 15% et 33,6% ont été trouvées chez les enfants de moins de 5 ans, respectivement au sud-ouest du Nigéria, en Côte d'Ivoire, et dans le nord du Bénin notamment (Rohner et al., 2016 ; Alaofè et al., 2017 ; Abolurin et al., 2018). En ce qui concerne le Sénégal, les résultats de l'étude nationale sur le statut de base en micronutriments avaient montré une prévalence de 1,9% chez les femmes en âge de procréer (15-49 ans) et de 17,1% chez les enfants de 12 à 59 mois, dans un contexte marqué par une forte prévalence d'infections (COSFAM/MI/UCAD, 2012).

Pour faire face à la CVA et à ses conséquences préjudiciables sur la santé, l'Etat du Sénégal a mis en œuvre plusieurs stratégies dont la supplémentation biannuelle en vitamine A chez les enfants de 6 à 59 mois, l'enrichissement de masse des huiles comestibles en vitamine A et la promotion de la consommation d'aliments riches en β-carotène au niveau communautaire (CLM, 2017). Bien que la supplémentation et la fortification s'avèrent efficaces (Diop, 2014 ; Imdad et al., 2017), ces stratégies nécessitent des moyens considérables. Ce qui pose le problème de la durabilité des programmes dans certains contextes (accessibilité et difficultés logistiques etc.), en particulier pour des pays comme le Sénégal encore dépendants de l'appui de partenaires et organismes intervenant dans le domaine.

L'approche alimentaire basée sur la promotion d'aliments riches en vitamine A ou bio-fortifiés en β-carotène tels que la patate douce à chair orangée (PDCO) à travers des stratégies telles que l'agriculture familiale, l'éducation nutritionnelle, et l'accès aux marchés grâce aux transferts

d'espèces semble être une alternative prometteuse à long terme (**Low, 2011**). Cette approche, utilisant la PDCO, et déjà mise en œuvre dans certains pays comme le Mozambique et l'Ouganda entre autres, a montré des résultats satisfaisants avec une amélioration significative des apports et du statut en vitamine A chez des mères (**Girard et al., 2017**) et des enfants (**Low et al., 2007 ; Hotz et al., 2012**). L'efficacité des aliments riches en β -carotène a également déjà été prouvée dans de nombreuses études randomisées avec de bons résultats notamment chez des enfants d'âge préscolaire ou plus âgés. En effet, en Indonésie, Jalal et al, (1998) ont montré que la consommation de PDCO (additionnée d'huile et associée à un traitement déparasitant) avait amélioré significativement les concentrations en rétinol d'enfants âgés de 3 à 6 ans (**Jalal et al., 1998**). Un résultat similaire a été retrouvé en Afrique du Sud, avec une augmentation des réserves en vitamine A, chez des enfants âgés de 5 à 10 ans qui recevaient la PDCO (**Van Jaarsveld et al., 2005**). Au Vietnam le « xoi gac », plat local préparé à partir du gac un fruit riche en β -carotène, a permis d'améliorer les concentrations en β -carotène d'enfants âgés de 31 à 70 mois (**Vuong et al., 2002**). Il en est de même, plus récemment au Kenya, avec une variété de manioc à chair jaune chez des enfants de 5 à 13 ans (**Talsma et al., 2016**). Cependant, très peu d'études ont été réalisées sur des enfants plus jeunes, notamment dans la période des 1000 premiers jours qui représente une fenêtre d'opportunités pour lutter contre la malnutrition et ses conséquences (**Black et al., 2013**).

De plus, au Sénégal particulièrement en milieu rural, une faible consommation d'aliments d'origine animale potentiellement riches en vitamine A est retrouvée chez les enfants (**Dione, 2014**) et celle-ci est souvent liée à des questions d'accessibilité (coût élevé de ces denrées) et/ou culturelles (**Do, 2009**). La patate douce quant à elle, est largement produite et consommée dans le pays même s'il s'agit plus de variétés à chair blanche, pauvres en β -carotène (**Low et al., 2017 ; Badiane, 2018**). Récemment, la PDCO a été introduite dans le système de production agricole par plusieurs projets d'agriculture sensible à la nutrition notamment le projet **SPRING** (Projet pour le Renforcement des partenariats, des résultats et des innovations en matière de nutrition) et le programme d'appui à la sécurité alimentaire **USAID/YAAJEENDE**. En 2015, le Laboratoire de Nutrition de l'UCAD (actuellement LARNAH) en collaboration avec l'Agence Nationale d'Insertion et de Développement Agricole (ANIDA), des Laboratoires de recherche nationaux (le Laboratoire National de Recherche sur les Productions Végétales de l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole (LNRPV/ISRA), le Laboratoire de Botanique et Biodiversité de l'UCAD et le Laboratoire de Recherche sur les Transformations Economiques et Sociales de l'UCAD et des universités belges (Université Libre de Bruxelles et l'Université de Liège) ont mis en place un projet de recherche pour le développement (PRD) qui a permis

d'introduire pour la première fois la PDCO dans la région de Kaffrine au cœur du bassin arachidier avec des résultats satisfaisants (**Sylla et al., 2017 ; Badiane, 2018**).

Bien qu'introduite dans l'alimentation avec succès et bien acceptée (**Badiane et al., 2018**) par la population cible, l'effet de la consommation régulière de PDCO sur les concentrations plasmatiques en β -carotène des enfants n'a pas encore été étudié au Sénégal. Les seules études disponibles en Afrique de l'Ouest sont de type transversal et ne permettent pas de juger de l'efficacité réelle de la consommation de PDCO sur la concentration en β -carotène.

HYPOTHESE DE RECHERCHE

La consommation quotidienne de patate douce à chair orangée augmente la concentration plasmatique en β -carotène chez les enfants âgés de 12 à 23 mois en milieu rural.

OBJECTIFS DE L'ETUDE

Objectif général

Évaluer la réponse plasmatique en β -carotène suite à une consommation quotidienne de patate douce à chair orangée chez des enfants âgés de 12 à 23 mois en milieu rural à Malem Hodar (Kaffrine).

Objectifs spécifiques

- Évaluer l'état nutritionnel, le taux d'hémoglobine et le statut en vitamine A des enfants.
- Évaluer la fréquence de consommation d'aliments sources de β -carotène et/ou de vitamine A provenant du régime alimentaire des enfants durant la période de l'étude.
- Mesurer la teneur en β -carotène de la PDCO fraîche et cuite.
- Déterminer la concentration plasmatique en β -carotène des enfants avant et après intervention

II. METHODOLOGIE

II.1. Cadre de l'étude

L'étude s'est déroulée de **juillet à août 2019** dans le département de Malem Hodar situé au cœur du bassin arachidier dans la région de Kaffrine. La culture de la PDCO est initiée depuis 2015 dans la ferme agricole intégrée de la commune de Sagna située à 10 km de Malem Hodar pour prévenir la malnutrition maternelle et infantile au cours de 1000 premiers jours de vie. Depuis son introduction dans la commune de Sagna, la PDCO est consommée par les populations et bien acceptée par les couples mère-enfant de moins de 2 ans (**Badiane et al., 2018**). Le choix de la commune de Malem Hodar repose sur le fait que la PDCO n'est pas disponible sur le marché local et par conséquent ne risquait pas d'être consommée par les sujets du groupe Contrôle durant l'étude.

II.2. Éthique

L'étude fait partie intégrante du Projet de Recherche pour le Développement (PRD) qui a reçu l'approbation du Comité National d'Éthique pour la Recherche en Santé du Ministère de la Santé et de l'Action Sociale (178/MSAS/DPRS/CNERS). L'inclusion dans l'étude s'est faite après obtention du consentement libre et éclairé signé par l'un des parents directs de l'enfant (père ou mère). Le traitement des échantillons et autres données collectées dans les ménages, s'est fait dans l'anonymat en utilisant un système de codage.

II.3. Type d'étude et sujets

Il s'agit d'une étude pilote de type randomisée d'une durée de 15 jours portant sur des enfants âgés de 12 à 23 mois vivant à Malem Hodar (Kaffrine). Le choix de cette tranche d'âge repose sur le fait qu'ils sont aptes à consommer des aliments de complément semi-solides (purée de patate douce) à solide (plat familial). Les enfants inclus sont répartis en deux groupes d'étude par tirage aléatoire à l'aide du logiciel ENA for SMART 2011 comme suit :

- Groupe Contrôle : qui reçoit la patate douce à chair blanche
- Groupe Test : qui reçoit la patate douce à chair orangée

II.4. Critères d'inclusion

Sont éligibles les enfants :

- Allaités
- Présentant un bon état de santé général (absence de symptômes d'infection, diarrhée,

fièvre, infection respiratoire aiguë et toute autre affection morbide au cours des deux dernières semaines).

- Ayant un indice PTZ > -2 z score et un taux d'hémoglobine ≥ 7 g/dl
- Ne présentant pas de signes cliniques de carence en vitamine A (Xérophtalmie, tâche de bitôt)
- Ayant un bon appétit et l'habitude de consommer de la patate douce.

NB : L'appétit et la consommation de patate de l'enfant ont été évalués en se basant sur les réponses de la mère lors du questionnaire alimentaire.

Les enfants diagnostiqués d'une Malnutrition Aiguë Sévère (MAS) et sévèrement anémiés sont référés à la structure de santé pour une prise en charge appropriée.

II.5. Calcul de la taille d'échantillon

La taille de l'échantillon a été calculée à partir de la formule ci-dessous (**Machin et al., 2018**) dans le but de détecter une différence de concentration en bêta-carotène de 0,15 $\mu\text{mol/l}$ (**Persson et al., 2001**) avec seuil de signification de 0,05, une puissance statistique de 80% et un écart-type de 0,20 $\mu\text{mol/l}$. Une taille d'échantillon de 30 enfants par groupe est trouvée, à laquelle est ajoutée une marge de 20% pour prendre en compte les non répondants potentiels, ce qui revient à 36 enfants dans chaque groupe.

$$N_{Pairs} = \frac{2(z_{1-\alpha/2} + z_{1-\beta})^2}{\Delta_{Cont}^2} + \frac{z_{1-\alpha/2}^2}{2}$$

N_{Pairs} : taille d'échantillon nécessaire par groupe

$\Delta_{Cont} = \frac{\delta}{\sigma}$, effet taille (rapport de la différence moyenne sur l'écart-type)

$\delta = 0,15 \mu\text{mol/l}$; $\sigma = 0,20 \mu\text{mol/l}$

α : seuil de signification ($\alpha = 0,05$)

$1-\beta$: puissance de l'étude de 80%

$z_{1-\alpha/2} = 1,96$

$z_{1-\beta} = 0,8416$

II.6. Protocole opératoire

Le protocole opératoire de l'étude est constitué de quatre phases décrites dans la **Figure 1**.

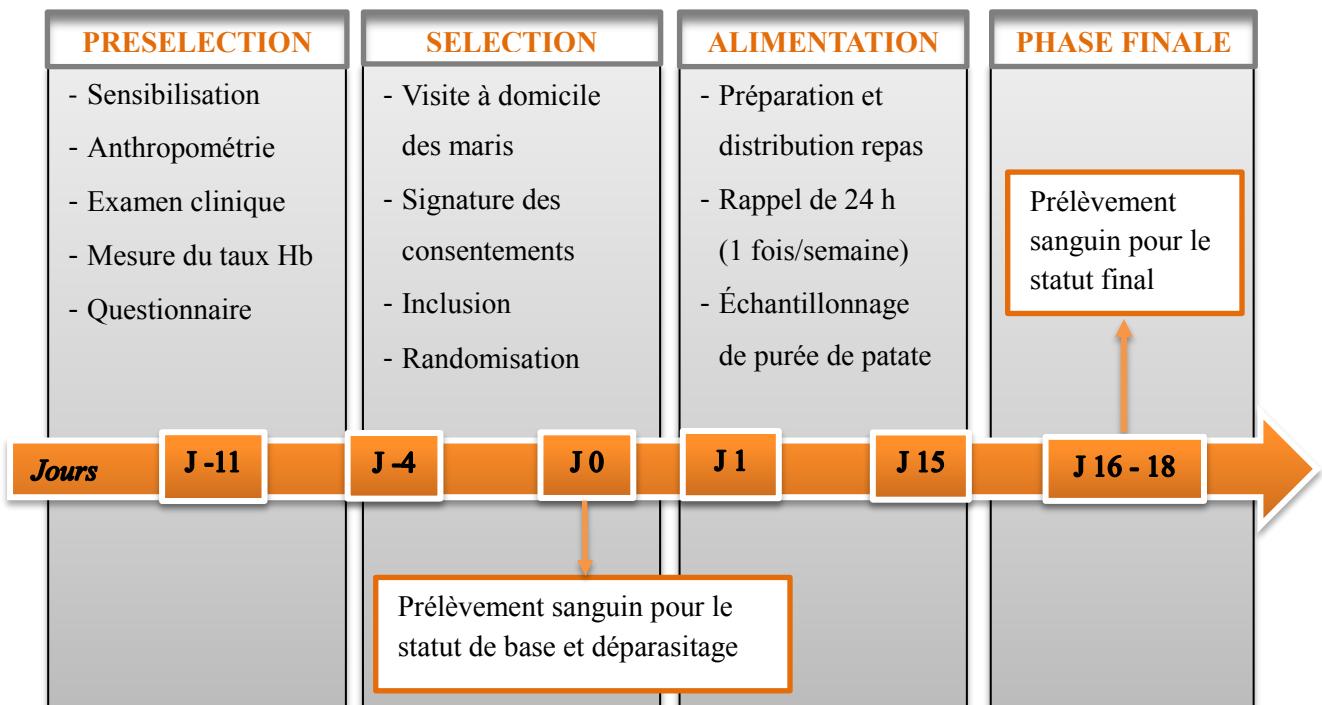


Figure 1: Schéma conceptuel de l'étude

II.6.1. Présélection : Recrutement des couples mère-enfant et sensibilisation

Les couples mère-enfant sont identifiés avec l'aide de l'Agent de Santé Communautaire (ASC) et de l'association des relais communautaires. Une réunion de sensibilisation a été organisée avec les mères avant l'enrôlement pour leur expliquer en détail les objectifs de l'étude, les activités prévues dans le protocole, les mesures et prélèvements sanguins à effectuer pour répondre à leurs éventuelles préoccupations. Une fiche de recrutement contenant le nom et l'âge de l'enfant, le nom de la mère, l'adresse, le numéro de téléphone, a été remplie ; des informations sur la date de la dernière supplémentation en vitamine A et de déparasitage ont également été collectées. Des mesures anthropométriques ainsi que la mesure du taux d'hémoglobine capillaire par Hémocue ont été effectuées pour la présélection des enfants (**Figure 1**).

II.6.2. Sélection : Répartition homogène entre les deux groupes

Des visites ont été effectuées au domicile des sujets répondant aux critères d'inclusion pour obtenir l'accord parental. Trois jours avant le démarrage de l'intervention, ces derniers ont été

convoqués au poste de santé pour effectuer un examen physique et des prélèvements sanguins. A la suite du prélèvement, les enfants éligibles ont reçu un traitement anti helminthique en dose unique (200 mg d'Albendazole).

La quantité de patate douce servie aux sujets est inspirée des résultats de l'étude de **Badiane et al. (2018)** qui ont montré que les enfants du même âge consomment en moyenne 25 g de patate douce. Ainsi, une quantité de 50 g est servie à chaque enfant afin qu'il en consomme au moins la moitié.

Tableau 1 : Allocation des aliments

Sujets	Groupe Test	Groupe Contrôle
Enfants de 12 à 23 mois	50 g de purée de patate douce à chair orangée mélangée avec 5 g d'huile non fortifiée en vitamine A	50 g de purée de patate douce à chair blanche mélangée avec 5 g d'huile non fortifiée en vitamine A

II.6.3. Alimentation : Préparation des repas et prise alimentaire

La préparation des repas s'est faite avec l'aide de l'association des relais communautaires de Malem Hodar. Sept (7) relais communautaires sont choisis par leurs paires, à raison de 1 relais par quartier, pour participer à la préparation et à la distribution quotidienne des repas. Ces personnes en charge de la préparation des aliments sont formées sur un protocole standardisé et sont sous la supervision de l'équipe de recherche tout au long de l'étude. Deux postes de cuisine (un pour la patate douce à chair orangée et un autre pour la patate douce à chair blanche) avec des ustensiles séparés sont érigés à cet effet. La PDCO-Kandee cultivée à Sagna et une patate douce à chair blanche trouvée dans le marché local sont utilisées pour la préparation des repas. Les tubercules nettoyés sont bouillis avec leur peau dans l'eau du robinet pendant une durée moyenne d'environ 28 minutes à une température moyenne de 92°C. Après cuisson, ils sont épluchés avant d'être réduits en purée. La purée est servie dans des bols en plastique identifiés avec les codes attribués aux enfants. Une quantité de 50 g est répartie dans chaque bol et mélangée avec 5 g d'huile non fortifiée en vitamine A qui a été fournie par une industrie locale (OLEOSEN) après commande spéciale (Jamil et al., 2012 ; Haskell et al., 2017).

La prise alimentaire journalière s'est faite sous surveillance afin de s'assurer de la bonne prise et prévenir les pertes et partages de nourriture. A la fin, le reste du repas est pesé puis soustrait de la quantité servie pour avoir la quantité consommée par l'enfant.

Des échantillons de purée de patate douce ont été prélevés au hasard, emballés avec du papier aluminium puis stockés à -20°C sur le site de recherche et à -80°C au laboratoire pour l'analyse des β-carotènes.

II.6.4. Phase finale : Prélèvement sanguin final

La dernière phase a consisté au prélèvement final qui s'est échelonné sur les trois jours qui ont suivi la fin de la prise alimentaire planifiée. Les jours de prélèvements étaient attribués en fonction des quartiers. Afin d'éviter des jours de flottement, les enfants qui n'étaient pas programmés pour le prélèvement continuaient de recevoir leur repas.

II.7. Collecte des données et dosages biochimiques

II.7.1. Données socioéconomiques et alimentaires

Un questionnaire ménage est soumis aux mères avant le démarrage de l'intervention pour collecter les données d'identification et les informations sanitaires.

Un rappel de 24 heures est effectué une fois par semaine à partir du démarrage, pour évaluer les apports alimentaires moyens en β-carotène et en vitamine A provenant de la consommation familiale.

La **diversité alimentaire minimale** (DAM) chez les enfants est définie par la proportion d'enfants ayant consommé, au moins quatre des sept groupes d'aliments définis pour les enfants de 6-23 mois, le jour précédent : (1) aliments de base (céréales, racines et tubercules), (2) légumineuses et noix, (3) produits laitiers, (4) produits carnés (viande, volaille et foie/organe) et poissons, (5) œufs, (6) fruits et légumes riches en vitamine A, et (7) autres fruits et légumes.

II.7.2. Mesures anthropométriques

Les enfants sont pesés nus ou en tenue légère, seuls ou par la méthode de la double pesée en utilisant une balance pèse-personne (**Seca 877, GmbH et Co, Hamburg, Germany**) de portée maximale 150 kg et de précision 100 g. La balance est posée sur une surface dure et plane. Elle est toujours calibrée avant son utilisation avec un poids étalon de 5 kg. Toutes les mesures sont faites en double.

La taille (longueur) des enfants exprimée en cm est mesurée avec une toise horizontale UNICEF

(SECA 216, **GmbH & Co, Hamburg, Germany**) posée sur une surface plane, avec les mêmes précautions. Les enfants sont allongés sur le dos, la tête contre la partie fixe de la toise, le regard tourné vers le haut, les épaules, les fesses et les jambes touchent la planche de la toise, la colonne vertébrale non arquée, les deux bras positionnés le long du corps, la plante des pieds contre la planche et les orteils tournés vers le haut.

Les mesures anthropométriques sont utilisées pour déterminer l'état nutritionnel des enfants à l'aide des indices Poids-pour-Taille z-score (PTZ) et Taille-pour-Age z-score (TAZ) avec les courbes standard définies par l'OMS (**WHO, 2006**).

II.7.3. Dosage du β carotène dans la PDCO

Les teneurs en caroténoïdes de la patate crue et bouillie ont été mesurées par colorimétrie (Schweigert et al., 2010) à l'aide d'un dispositif i-Check (**iCheckTM carotene BioAnalyt GmbH, Allemagne**). Les β-carotènes représentent 90% de la teneur en caroténoïdes totaux obtenue et sont donc calculés à partir de cette dernière (Rodriguez-Amaya & Kimura, 2004 ; Bengtsson et al., 2008).

II.7.4. Analyses biologiques

II.7.4.1. Prélèvement sanguin

Les prélèvements sanguins sont faits tôt le matin à jeun, par ponction veineuse à l'aide d'un dispositif constitué d'une aiguille (seringue) montée sur un tube de prélèvement sous vide en polyéthylène à usage unique, contenant de l'héparine de lithium comme anticoagulant (**Sarstedt AG1&Co, Numbrecht, Germany**). Le matériel de prélèvement est stérile, individuel et à usage unique. Un tube de 5 ml de sang est prélevé sur chaque enfant, et immédiatement recouvert de papier aluminium pour le protéger de la lumière. Les tubes sont ensuite conservés dans une glacière à 4°C. A la fin du prélèvement (environ 2h après), le sang est centrifugé à 767g (3200 trs/mn) à l'aide d'une centrifugeuse EBA 20 (**model 2002, Andreas Hettich GmbH & Co.KG ; Tuttlingen, Germany**) pendant 12 mn pour obtenir du plasma. Ce dernier est immédiatement réparti en aliquotes dans des Cryotubes stériles de 2 ml (**Cryovials Nalgène, Nunc International, New York, USA**), protégés avec du papier aluminium. Les cryobox contenant les tubes sont recouverts de papier aluminium et identifiés puis transportés à l'aide de glacières réfrigérées (**Waeco International GmbH, Emsdetten, Germany**) sur le site de recherche de l'équipe et conservés à -20°C jusqu'au retour au laboratoire. De retour au laboratoire de Nutrition (LARNAH) les échantillons sont placés à -80°C jusqu'au dosage.

II.7.4.2. Dosage de l'hémoglobine

Le dosage du taux d'hémoglobine effectué par ponction capillaire de la pulpe du doigt, avec le système **HemoCue® (HemoCue 301+, AB, Angelholm, Sweden)** fonctionnant selon le principe de la photométrie. Ce système comporte une micro cuvette contenant un réactif sec (**désoxycholate de sodium, nitrite de sodium, azide de sodium et fluorescéine**) qui au contact de la goutte de sang entraîne l'hémolyse des érythrocytes, ce qui libère l'hémoglobine. La lecture du taux d'hémoglobine se fait en 15-45 secondes. Les mesures sont effectuées en double et le seuil de non anémie chez les enfants de 6 à 59 mois est défini pour des taux d'hémoglobine supérieurs ou égaux à 11 g/dl, l'anémie est définie comme légère si $10 \text{ g/dl} \leq \text{Hb} \leq 10,9 \text{ g/dl}$, modérée si $7 \text{ g/dl} \leq \text{Hb} \leq 9,9 \text{ g/dl}$, et sévère si $\text{Hb} < 7 \text{ g/dl}$.

II.7.4.3. Dosage du rétinol plasmatique

La mesure du rétinol plasmatique est faite par Chromatographie Liquide Haute Performance (HPLC). Le rétinol plasmatique permet de déceler des carences profondes ou des hypervitaminoses importantes (présence de palmitate de rétinol). Le principe de la détermination se base sur le fait qu'après précipitation de ses protéines vectrices (Retinol Binding Protein et Transthyrétine) provoquée par l'addition d'éthanol, le rétinol est extrait par l'hexane ; ce qui permet par la suite, après évaporation de l'hexane, de déterminer sa concentration par chromatographie liquide en phase inverse.

La méthode consiste à additionner dans un tube en verre borosilicaté deux cents microlitres de plasma (200 µl) avec 40 µl d'acétate de rétinol (standard interne) qui sont ensuite traités avec 200 µl d'éthanol à 0,1% de BHT (butylhydroxytoluène, antioxydant). Après agitation au vortex, le mélange est extrait avec 2 x 500 µl d'hexane. Le surnageant d'hexane est prélevé et mélangé dans un second tube puis évaporé sous azote grâce à un évaporateur N-EVAP 112 (**Organamation Associates, Berlin, USA**). L'extrait sec de rétinol est repris dans 80 µl de méthanol/dichloroéthane (75/25, v/v) pour dissoudre la phase lipidique et un volume de 40 µl de cet échantillon est injecté dans le chromatographe.

Un volume de 20 µl d'acétate de rétinol (standard interne) est injecté seul pour évaluer le rendement de l'extraction. Les concentrations en rétinol sont déterminées à l'aide de l'équation de la droite d'une courbe de calibration externe qui est réalisée à partir d'une solution de rétinol purifiée par HPLC. Les concentrations obtenues sont ensuite corrigées par le rendement d'extraction qui doit être supérieur à 90%.

L'appareillage utilisé est une chaîne Spectra SYSTEM qui comprend une pompe quaternaire à gradient P4000 un passeur avec injecteur automatique AS3000, un détecteur à barrettes d'iodes

UV8000LP et un module d'interface SN 4000, le tout piloté par ordinateur. L'ensemble du système est géré par le logiciel ChromQuest, version 5.0 (**Thermo Electron SAS, Cedex, France**) qui traite les résultats. Tous les solvants utilisés sont de grade HPLC et la phase mobile est composée d'un mélange Méthanol/Eau (95/5, v/v) additionné de 0,05% de Triéthylamine (TEA) (dont le rôle est d'augmenter la résolution des pics) à un débit de 1 ml/min. La détection se fait par UV à 325 nm après migration sur une colonne Waters Resolve TM C18 (3,9x150 mm) 5µm, 90Å, protégée par une pré-colonne (3,9x20mm) (**Waters Corporation, Massachusetts, USA**) pendant 10 minutes.

II.7.4.4. Dosage du β -carotène plasmatique

Le β -carotène plasmatique est aussi analysé par HPLC. Le principe du dosage repose sur le fait que le β -carotène soluble dans de l'hexane est extrait par ce dernier après hydrolyse des protéines. L'extrait obtenu est ensuite passé dans une phase mobile au HPLC pour détecter le β -carotène. Un volume de 40 µl de standard interne (acétate de rétinol) est additionné à 200 µl de plasma dans un tube en verre borosilicaté. Pour précipiter les protéines, 300 µl d'éthanol (contenant 0,1% de BHT) est ajouté et l'échantillon est agité pendant 30 secondes au vortex. L'extraction des caroténoïdes est effectuée avec 3 x 400 µl d'hexane. Après chaque addition d'hexane, le mélange est agité au vortex pendant 30 secondes et centrifugé à 3000 (tr/min) pendant 30 secondes. Le surnageant d'hexane est prélevé et mélangé dans un tube puis évaporé sous azote grâce à un évaporateur N-EVAP 112 (**Organamation Associates, Berlin, USA**). Le résidu sec est reconstitué avec 100 µl de méthanol mélangé volume à volume avec du dichloroéthane (50/50, v/v). La solution contenant les caroténoïdes est agitée pendant 30 secondes au vortex et un volume de 50 µl est injecté dans le HPLC pour lecture.

L'appareillage est le même que celui utilisé pour le dosage du rétinol plasmatique. La phase mobile est constituée d'un mélange d'acetonitrile, de méthanol additionné de 10 mmol d'ammonium acétate et de dichloroéthane (85/10/5, v/v/v). La colonne utilisée est une colonne ResolveTM C18 (3,9x300 mm) 5µm 90Å protégée par une pré-colonne (3,9x20mm) (**Waters Corporation, Massachusetts, USA**). La détection du β -carotène se fait par UV à 450 nm à un débit de 2ml/mn pendant 25 min. La concentration en β -carotène est déterminée à l'aide de l'équation de la droite d'une courbe de calibration externe qui est obtenue en injectant successivement différents volumes d'une solution purifiée de β -carotène dans le HPLC. Les surfaces de pic de rétention du β -carotène sont ensuite incorporées à l'équation puis les concentrations obtenues sont corrigées par le rendement d'extraction qui doit être supérieur à 90%.

II.7.4.5. Dosage de la Protéine C-Réactive et de l'alpha-1-Acide Glycoprotéine

La Protéine C-Réactive (CRP) et l'alpha-1 Acide Glycoprotéine (AGP) sont mesurés à l'aide d'un analyseur automatique Biosystems A15 (**BioSystems S.A, Costa Brava 30, Barcelona, Spain**) piloté par ordinateur.

La CRP plasmatique contenue dans l'échantillon provoque une agglutination des particules de latex recouvertes avec les anticorps anti-protéine C-réactive humains. L'agglutination des particules de latex est proportionnelle à la concentration en CRP et est quantifiée par turbidimétrie. Le dosage est effectué avec un kit (**Réf 13921, BioSystems S.A**) contenant les réactifs A (un tampon de glycine à 0,1mol/L, pH 8,6 ; 2x16ml) et B (une suspension de particules de latex sensibilisées avec les anticorps anti CRP humaine ; 2x4ml) ainsi qu'un standard (1x1ml) reconstitué avec de l'eau distillée.

L'AGP aussi appelée orosomucoïde, présente dans l'échantillon à doser, précipite en présence d'anticorps anti alpha-1 Acide Glycoprotéine humains. La dispersion de la lumière générée par les complexes antigène-anticorps est proportionnelle à la concentration en AGP de l'échantillon et est quantifiée par turbidimétrie. L'analyse est effectuée avec un Tampon Tris (50 mmol/l, pH 8,5) (**Réf 31928, BioSystems S.A, Barcelona, Spain**) contenant des anticorps de chèvre anti AGP humains. Un standard (1x1ml ; **Réf 31195, BioSystems S.A, Barcelona, Spain**) est utilisé pour la courbe de calibration.

L'inflammation est définie comme chronique si AGP > 1 g/L et CRP ≤ 5 mg/L, aiguë si AGP ≤ 1 g/L et CRP > 5 mg/L ou mixte si CRP > 5 mg/L et AGP > 1 g/L (**Thurnham et al., 2003**).

La précision et la validité des mesures de CRP et d'AGP sont vérifiées respectivement grâce aux sérum Contrôle Rhumatoïde niveau I (3 x 1 ml, Réf. 31213, BioSystems), niveau II (3 x 1 ml, Réf. 31214, BioSystems) et aux sérum Contrôle Protein level I (3X 1ml, Réf. 31211, AGP BIOSYSTEMS S.A) et level II (3 x 1 ml, Réf. 31212, AGP BIOSYSTEMS S.A). Les mesures sont validées si les valeurs des différents contrôles sont dans les limites admises (± 2 écarts type). Les mesures sont faites en double pour l'AGP et sont validées si le coefficient de variation entre deux mesures est inférieur à 5%.

II.8. Analyses statistiques

La saisie, le traitement et l'analyse statistique des données sont faits grâce aux logiciels Epi-Info, version 7 (**Centers for Disease Control and Prévention, Atlanta, USA**), Excel 2013 (**Microsoft Corporation, Redmond, USA**), Who Anthro version 3.2.2 et STATA/SE version

12 (STATA Corporation, Texas, USA). Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart type, ou en moyenne géométrique ou en pourcentage. La concentration de rétinol plasmatique est corrigée avec les concentrations en AGP et CRP en utilisant la méthode de régression linéaire selon BRINDA (Larson et al., 2018). Les statistiques descriptives sont utilisées pour étudier la distribution de toutes les variables. Toutes les conditions de l'analyse ont été vérifiées (normalité de la distribution des résidus, homoscédasticité). Les tests *t* de Student et les tests non paramétriques de Wilcoxon Mann Withney ont été utilisés pour comparer respectivement, les moyennes des variables qui ont une distribution normale ou les médianes des variables ne suivant pas une distribution normale. Le test χ^2 de Pearson a été utilisé pour la comparaison des proportions. L'analyse de variance à un facteur (ANOVA) associée à un test post hoc (Bonferroni) a permis de faire la comparaison des paramètres de plus de deux classes. Enfin la méthode des doubles différences (Difference in Difference method, DID) est utilisée pour estimer l'effet réel du traitement en comparant la différence entre le groupe Contrôle et le groupe Test avant et après l'introduction de l'aliment. Pour toutes ces analyses statistiques, un seuil de signification de 5% a été retenu.

III. RESULTATS

III.1. Évolution de la taille de l'échantillon

Sur les 200 enfants recensés à partir du registre de suivi, 133 étaient présents à la réunion de sensibilisation et parmi ces derniers, 82 répondaient aux critères d'éligibilité. Les enfants non éligibles ($n = 51$) souffraient soit de malnutrition aiguë sévère (MAS) ou d'anémie sévère et ont été directement référés pour une prise en charge au niveau du district sanitaire de Malem Hodar.

Des visites à domicile ont été effectuées auprès des chefs de ménage des enfants éligibles et parmi eux, 78 parents ont marqué leur consentement de faire participer leur enfant à l'étude. Toutefois, au cours du suivi, la taille de l'échantillon a diminué du fait que certaines mères ont voyagé ($n = 3$) après leur enrôlement et d'autres ont abandonné l'étude ($n = 3$). Dix (10) enfants ont arrêté l'étude en raison du refus ou de la faible consommation de purée. Enfin, un (1) enfant a été malade en cours d'étude et par conséquent n'a pas terminé l'essai. Au final 61 enfants ont fini l'étude dont 30 dans le groupe Test et 31 dans le groupe Contrôle. L'évolution de la taille de l'échantillon est détaillée sur la **Figure 2**.

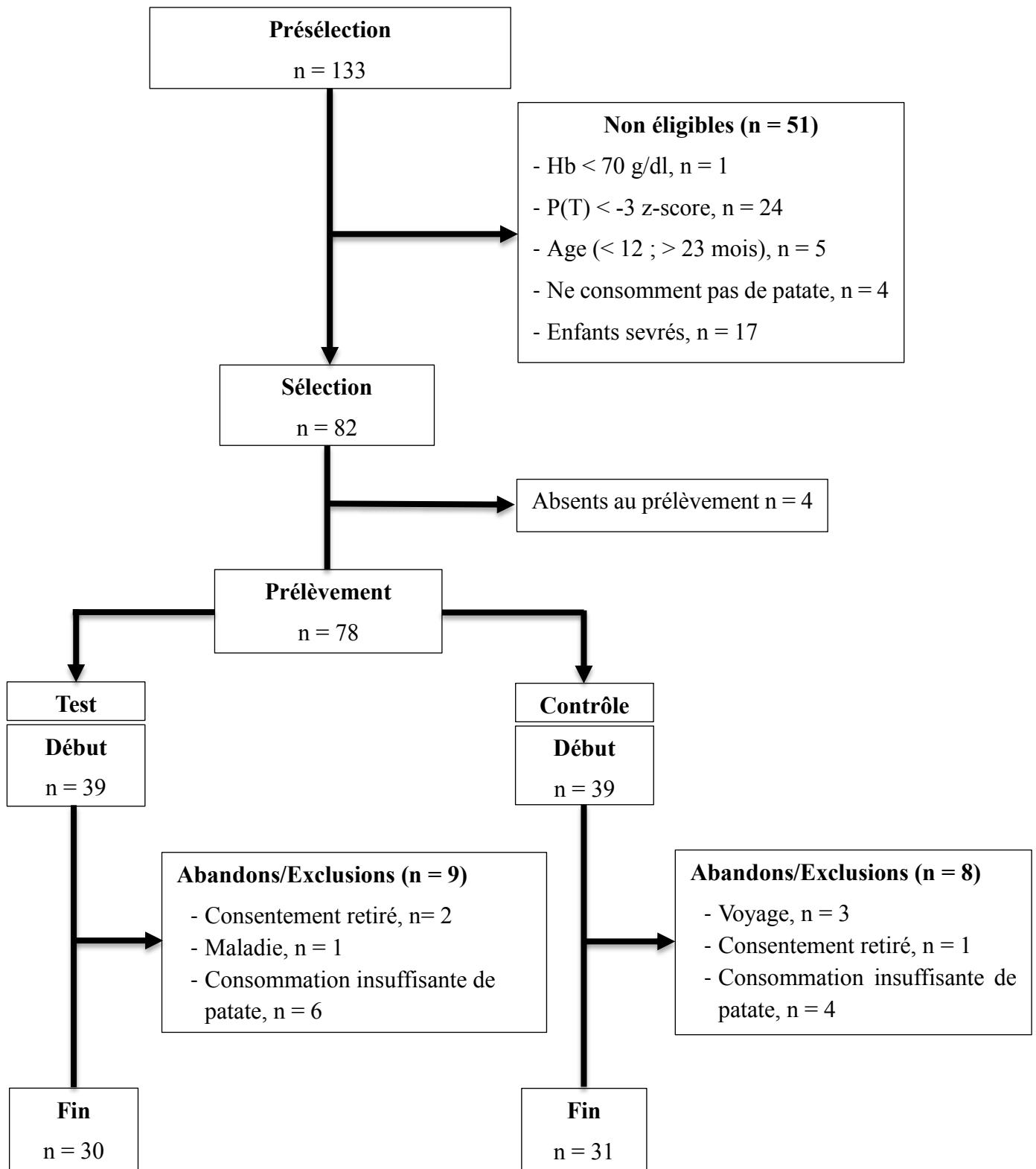


Figure 2 : Diagramme de l'étude

III.2. Caractéristiques des sujets de l'étude

Les caractéristiques des enfants inclus dans l'étude sont données dans le **Tableau 2**. Sur les 61 enfants qui ont terminé l'étude, 52,4 % sont des garçons et l'âge moyen est de 18 ± 3 mois sans aucune différence entre les groupes Test et Contrôle. A noter que tous les enfants de l'étude sont vaccinés conformément aux recommandations en vigueur, et qu'aucun n'avait encore reçu de supplément en vitamine A dans les 6 mois qui ont précédé l'étude. Les enfants perdus de vue après enrôlement et ceux ayant terminé l'étude ne présentent aucune différence sauf pour l'âge où l'on note que les enfants perdus de vue sont significativement plus jeunes que les autres ayant terminé l'étude ($p = 0,035$).

Tableau 2 : Caractéristiques des sujets de l'étude

Variables	Perdus de vue (n = 17)	Tous (n = 61)	<i>p</i>	Contrôle (n = 31)	Test (n = 30)	<i>p</i>
Age (mois), M±ET	$16,3 \pm 3,4$	$18 \pm 2,7$	0,035	$18,4 \pm 2,6$	$17,6 \pm 2,7$	0,264
Garçons % (n)	58,8 (10)	52,4 (32)	0,642	51,6 (16)	53,3 (16)	0,893

Valeurs exprimées en moyenne ± écart type et en pourcentage (effectif)

III.3. Etat nutritionnel des enfants

III.3.1. Anthropométrie et statut anémique des enfants

Le **Tableau 3** présente l'état nutritionnel et de santé de base des enfants selon le groupe d'étude. Le poids moyen des enfants est de $9,6 \pm 1,1$ kg et leur taille moyenne est de $78,9 \pm 3,1$ cm. Environ 12% (7) des enfants présentent un retard de croissance dont 13,3% (4) dans le groupe test contre 10,7% (3) dans le groupe Contrôle.

Le taux d'hémoglobine moyen est de $9,9 \pm 1,3$ g/dl, et 24,1% (soit 26,7% des enfants du groupe test et 21% du groupes Contrôle) et 50% (n = 29) des enfants présentent respectivement une anémie légère et modérée. Pour toutes ces analyses aucune différence n'est observée entre les deux groupes.

NB : Les données anthropométriques de trois enfants (1 dans le groupe Test, 2 dans le groupe Contrôle) n'ont pas pu être analysées car certaines fiches étaient incomplètes.

Tableau 3 : État nutritionnel et statut anémique des enfants

	Tous (n = 58)	Contrôle (n = 28)	Test (n = 30)	p
Poids (kg)	9,6 ± 1,1	9,9 ± 1,2	9,4 ± 1,0	0,072
Taille (cm)	78,9 ± 3,1	79,2 ± 2,9	78,6 ± 3,4	0,470
PTZ	-0,6 ± 1,0	-0,3 ± 1,2	-0,9 ± 0,9	0,059
TAZ	-0,85 ± 1,1	-0,8 ± 1,1	-0,9 ± 1,2	0,898
Retard de croissance [% (n)]	12,1 (7)	10,7 (3)	13,3 (4)	0,760
Hémoglobine (g/dl)	9,9 ± 1,3	9,7 ± 1,3	10,1 ± 1,3	0,199
Anémie légère [% (n)]	24,1 (14)	21,4 (6)	26,7 (8)	
Anémie modérée [% (n)]	50 (29)	60,7 (17)	40 (12)	0,253

Valeurs présentées en moyenne ± écart-type et pourcentage (effectif)

Anémie : légère si 100 ≤ Hb ≤ 109, modérée si 70 ≤ Hb ≤ 99

III.3.2. État inflammatoire et statut en vitamine A des enfants

L'état inflammatoire et le statut en vitamine A des enfants à l'admission sont indiqués dans le **Tableau 4**. Les résultats montrent qu'une proportion élevée d'enfants souffrent d'inflammation, 46,6% (n = 14) dans le groupe Contrôle contre 58,2% (n = 18) dans le groupe Test sans aucune différence entre les deux groupes. L'inflammation chronique est prédominante, et touche globalement 28% des enfants sans aucune différence entre les deux groupes.

La concentration moyenne de rétinol plasmatique (RP) est de 0,81 µmol/l soit 0,80 µmol/l dans le groupe Contrôle et 0,82 µmol/l dans le groupe Test. Les tests de corrélation ont révélé qu'il existe une association négative respectivement entre le RP et la CRP (-0,278 ; p = 0,030) et entre le RP et l'AGP (r = -0,253 ; p = 0,049). Ainsi le RP est ajusté en tenant compte de l'état inflammatoire des sujets.

Après correction, la concentration moyenne en rétinol est passée à 0,89 µmol/l, avec une concentration de 0,88 µmol/l dans le groupe Contrôle et de 0,90 µmol/l dans le groupe Test. Cependant aucune différence n'est notée pour ce paramètre entre les deux groupes.

Tableau 4 : Statut inflammatoire et en vitamine A des enfants

	Tous (61)	Contrôle (n = 31)	Test (n = 30)	p
Etat inflammatoire				
- CRP (mg/l) ¹	3,15 [2,6 ; 3,8]	3,2 [2,5 ; 4,1]	3,1 [2,3 ; 4,2]	0,948
- AGP (g/l) ¹	1,0 [1,0 ; 1,1]	1,1 [1,0 ; 1,2]	1,0 [0,9 ; 1,1]	0,507
Inflammation [% (n)]²	52,5 (32)	46,6 (14)	58,2 (18)	0,700
- Inflammation aiguë	8,2 (5)	10 (3)	6,5 (2)	0,891
- Inflammation chronique	27,9 (17)	23,3 (7)	32,3 (10)	0,685
- Inflammation mixte	16,4 (10)	13,3 (4)	19,4 (6)	0,803
Rétinol brut (μmol/l)³	0,81 ± 0,22	0,80 ± 0,19	0,82 ± 0,25	0,767
Rétinol ajusté (μmol/l)³	0,89 ± 0,23	0,88 ± 0,20	0,90 ± 0,27	0,802

¹Les valeurs de la CRP et l'AGP sont présentées en moyenne géométrique [IC95%]

²Inflammation : aiguë (CRP >5 mg/l & AGP <1 g/l) ; chronique (CRP <5 mg/l & AGP >1 g/l) ; mixte (CRP >5 mg/l & AGP >1 g/l)

³Les valeurs de rétinol sont présentées en moyenne ± Ecart-type

Le statut en vitamine A des enfants dans les deux groupes est représenté sur la **Figure 3**. La carence en vitamine A est définie pour des valeurs de rétinol plasmatique inférieures à 0,7 μmol/l. Près du quart (1/4) des enfants souffrent de carence en vitamine A avant l'intervention dans le groupe Contrôle (22,6%) et dans le groupe Test (23,3%) sans aucune différence entre les groupes ($p = 0,944$).

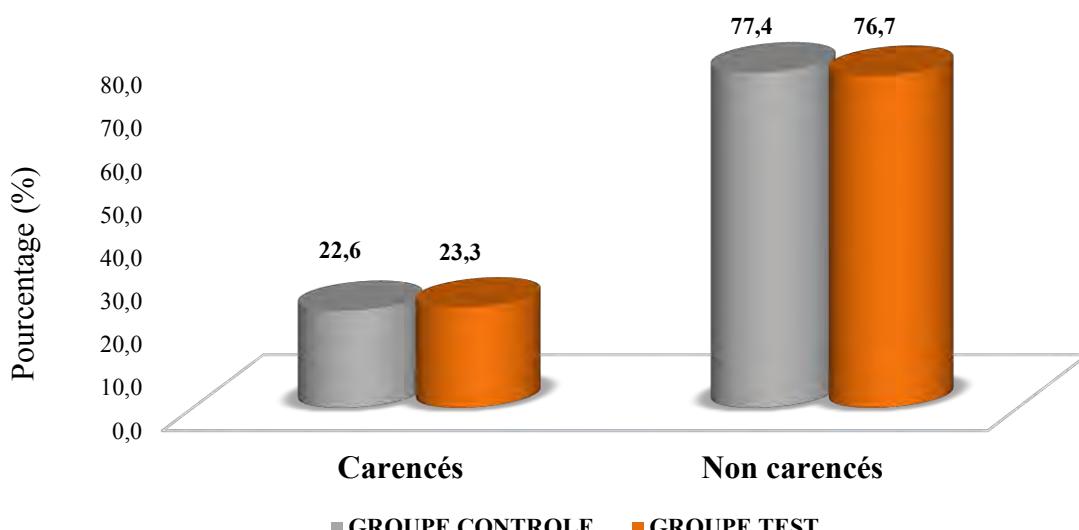


Figure 3 : Statut en vitamine A dans les deux groupes avant intervention

III.4. Diversité et profil alimentaire des sujets

Les pratiques d'alimentation (la diversité et la fréquence) ont été évaluées chaque semaine afin de juger de la qualité de l'alimentation complémentaire des enfants au cours de l'étude. Les résultats de l'analyse sont détaillés dans le **Tableau 5**. Il en ressort que le score de diversité alimentaire moyen des enfants, tous groupes confondus, est relativement bas ; il est de $3,1 \pm 1,2$ la première semaine contre $3,4 \pm 1,0$ la deuxième semaine. Globalement 34,5 % (n = 20) des enfants ont atteint la diversité alimentaire minimale la première semaine contre 46,7 % (n = 28) la deuxième semaine mais aucune différence n'est observée sur la diversité alimentaire durant la période de l'étude.

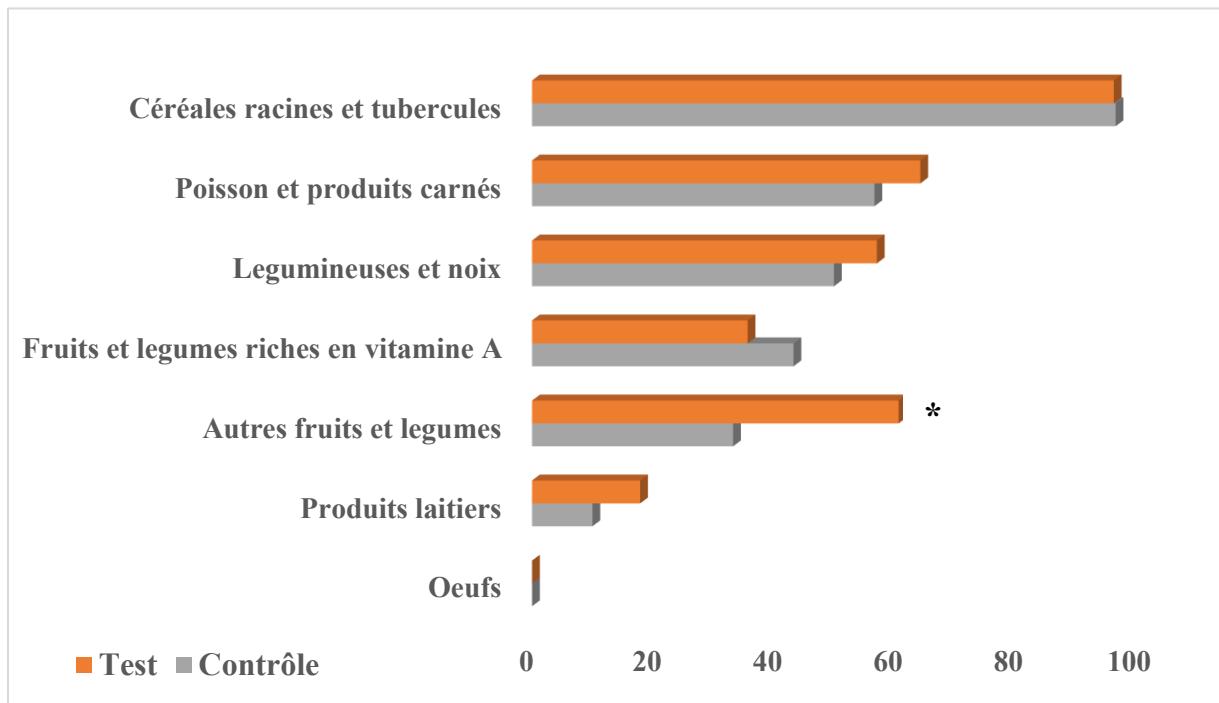
Tableau 5 : Diversité alimentaire des enfants

	Semaine 1			Semaine 2		
	Contrôle (n = 30)	Test (n = 28)	P	Contrôle (n = 30)	Test (n = 30)	P
Score de diversité alimentaire	$2,9 \pm 1,2$	$3,4 \pm 1,2$	0,178	$3,3 \pm 1,1$	$3,4 \pm 0,9$	0,607
Diversité alimentaire minimale [% (n)]	30 (9)	39,3 (11)	0,457	46,7 (14)	46,7 (14)	1,000

Valeurs présentées en moyenne ± écart-type et pourcentage (effectif)

Les profils alimentaires des enfants dans la première et la deuxième semaine sont respectivement présentés sur les **Figures 4 et 5**. L'analyse n'a révélé aucune différence entre les deux groupes durant l'étude, en dehors du fait que le groupe d'aliments « Autres fruits et légumes » a été significativement plus consommé par les enfants du groupe Test la première semaine ($p = 0,037$). On constate que plus de 50% des enfants consomment des aliments d'origine animale majoritairement sous forme de poisson, le plus souvent séché et salé, quel que soit le groupe d'étude ; même si la consommation de viandes et abats, elle, reste très faible. Les céréales racines et tubercules constituent la base de leur alimentation, presque tous les enfants en consomment une fois par jour. Cette alimentation est très souvent associée à une forte consommation de légumineuses et noix (arachide notamment) qui en moyenne sont consommés par 55% et 62% d'enfants respectivement dans les groupes Contrôle et Test. Les fruits et légumes riches en vitamine A (surtout les légumes feuilles vertes communément appelées « Mbum » et la carotte) source de β -carotène sont consommés par moins de 40% des enfants ; tandis que plus de la moitié consomment le groupe d'aliments autres fruits et légumes notamment le chou et la patate douce blanche. On note, en outre, une consommation quasi

inexistante, d'œufs et de produits laitiers. Globalement leur alimentation est restée assez monotone au cours des deux semaines.



* $P < 0,05$

Figure 4 : Profil alimentaire des enfants à la première semaine

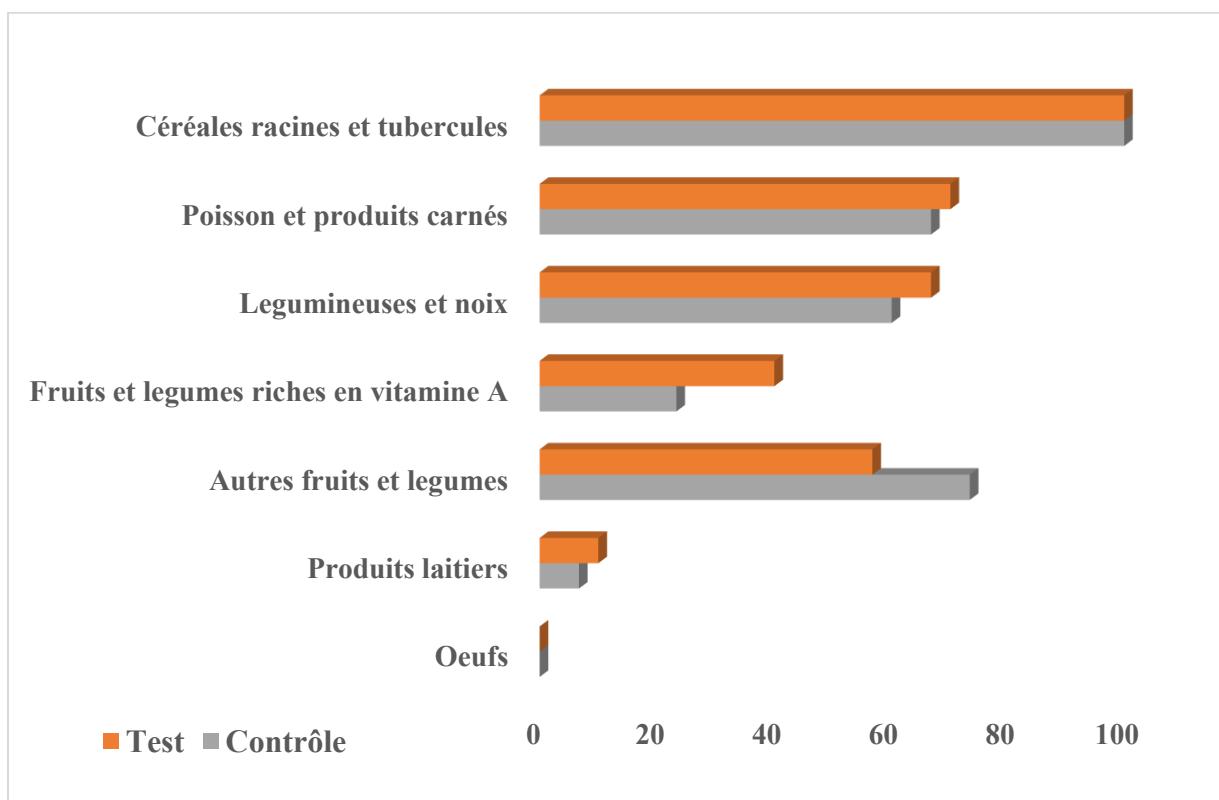


Figure 5: Profil alimentaire des enfants à la deuxième semaine

III.5. Quantité de patate douce consommée et nombre de jours de consommation

Avec une durée moyenne de consommation de patate de 15 ± 1 jours, les enfants des groupes Contrôle et Test ont consommé en moyenne respectivement 34,1g et 35,6g de patate par jour comme indiqué dans le **Tableau 6**. Aucune différence n'est notée sur les quantités de patate consommée entre les deux groupes.

Tableau 6 : Quantités de patate douce consommées et durée de consommation

Paramètres	Tous (n = 61)	Contrôle (n = 31)	Test (n = 30)	<i>p</i>
Quantité Consommée (g)¹	34,8 [33,0 ; 36,7]	34,1 [31,5 ; 36,8]	35,6 [32,9 ; 38,4]	0,440
Durée de Consommation (jours)²	15 ± 1	15 ± 2	15 ± 1	0,241

¹ Quantités consommées présentées en moyennes géométriques [Intervalle de Confiance à 95%]

² Durée de consommation présentée en moyenne \pm ET

III.6. Concentration en β -carotène de la PDCO

Les contenus en caroténoïdes totaux et en β -carotène de la PDCO fraîche et la purée sont indiqués dans le **Tableau 7**. Les teneurs en β -carotène des repas servis sont en moyenne de 3465,0 $\mu\text{g}/50\text{ g}$ pour la patate crue et de 2761,9 $\mu\text{g}/50\text{g}$ pour la purée. Comparée à la patate fraîche, le passage à la cuisson a réduit de 20,3 % la teneur en β -carotène dans la purée. Les apports moyens en vitamine A estimés de la purée de PDCO sont de 76,0 $\mu\text{g EAR}/50\text{g}$ ce qui représente un taux de couverture moyen de 25,3 % des apports journaliers recommandés en vitamine A qui sont de 300 $\mu\text{g EAR}/\text{j}$ pour les enfants âgés de 1 à 3 ans.

Tableau 7 : Apports en β -carotène et en vitamine A de la PDCO

	PDCO Crue	PDCO Purée	Pertes (%)
Caroténoïdes totaux (CT) ($\mu\text{g/g}$)	$77 \pm 1,4$	$61,4 \pm 3,1$	
CT dans le repas ($\mu\text{g}/50\text{g}$)	$3850,0 \pm 70,7$	$3068,8 \pm 153,9$	
β-carotène ($\mu\text{g}/50\text{g}$)	$3465,0 \pm 63,6$	$2761,9 \pm 138,5$	20,3
Apport en VA ($\mu\text{g EAR}/50\text{g}$)	$95,3 \pm 1,8$	$76,0 \pm 3,8$	
Couverture des AJR (%)	31,7	25,3	

Les teneurs en β -carotène sont calculées à partir de 90% des caroténoïdes totaux

EAR : équivalent activité rétinol ; 1 EAR = 12 μg β -carotène avec une fraction bio disponible = 33%

AJR : Apports Journaliers Recommandés

III.7. Impact de la consommation de PDCO sur les concentrations plasmatiques en β -carotène

Les concentrations en β -carotène des enfants avant et après intervention sont indiquées dans le **Tableau 8**. La valeur moyenne en β -carotène à l'enrôlement chez l'ensemble des sujets est de 0,28 $\mu\text{mol/l}$. Et ces valeurs sont comparables entre le groupe Contrôle (0,27 $\mu\text{mol/l}$) et le groupe Test (0,30 $\mu\text{mol/l}$).

Après intervention, la concentration moyenne en β -carotène est de 0,25 $\mu\text{mol/l}$, et les enfants du groupe Test (0,30 $\mu\text{mol/l}$) ont une concentration significativement plus élevée ($p = 0,007$) que les enfants du groupe Contrôle (0,21 $\mu\text{mol/l}$).

La comparaison des concentrations en β -carotène à l'intérieur de chaque groupe entre l'enrôlement et la fin de l'intervention montre qu'il y a une diminution significative de la concentration moyenne en β -carotène dans le groupe contrôle ($p < 0,001$), tandis que dans le groupe Test, cette concentration est restée constante. A la fin de l'intervention, les enfants du groupe test ont une concentration moyenne en β -carotène significativement plus élevée que celle des enfants du groupe contrôle. Enfin, l'analyse des deltas par la méthode des doubles différences (DID) montre un effet réel significatif de l'intervention sur les concentrations en β -carotène, effet, qui s'est traduit par une baisse significative de la concentration en β -carotène dans le groupe Contrôle et non dans le groupe Test où les enfants ont conservé leur concentration moyenne en β -carotène.

Tableau 8 : Comparaison des concentrations en β -carotène avant et après intervention

	β -carotène ($\mu\text{mol/l}$)			
	Tous (n = 61)	Contrôle (n = 31)	Test (n = 30)	<i>p</i>
Conc. Enrôlement ($\mu\text{mol/l}$)	0,28 [0,25 ; 0,32]	0,27 [0,23 ; 0,32]	0,30 [0,25 ; 0,36]	0,363
Conc. Fin intervention ($\mu\text{mol/l}$)	0,25 [0,22 ; 0,28]	0,21 [0,18 ; 0,24]	0,30 [0,24 ; 0,37]	0,007
<i>p</i>	0,045	<0,001	0,704	
Δ (Delta)	-0,03 \pm 0,14	-0,08 \pm 0,13	0,01 \pm 0,14	0,010
Valeur DID		0,09		

Valeurs du β -carotène présentées en moyenne géométrique [IC95%]

Δ (Delta) représente la différence entre la concentration après consommation et la concentration de base ; il est présenté en moyenne \pm écart-type, $DID = \Delta_{\text{test}} - \Delta_{\text{contrôle}}$

III.7.1. Concentration en β -carotène en fonction du statut en vitamine A

Dans le but de rechercher l'existence d'un possible effet selon les niveaux de carence, une analyse comparative des concentrations pré et post intervention a été effectuée selon le statut en vitamine A des enfants (carencés et non carencés). Les résultats de ces analyses sont reportés dans le **Tableau 9**. Chez les enfants non carencés, il y a une différence significative entre les concentrations finales en β -carotène des deux groupes. La baisse significative de la concentration en β -carotène dans le groupe contrôle notée plus haut est toujours constatée, et ce, aussi bien chez les enfants carencés et non carencés. L'analyse comparative des deltas confirme les résultats trouvés.

Tableau 9 : Concentrations en β -carotène en fonction du statut de base en vitamine A

	Non carencés			Carencés		
	Contrôle (n = 24)	Test (n = 23)	p	Contrôle (n = 7)	Test (n = 7)	p
Conc. Enrôlement (μ mol/l)	0,26 [0,21 ; 0,31]	0,31 [0,25 ; 0,38]	0,111	0,32 [0,21 ; 0,50]	0,25 [0,15 ; 0,40]	0,338
Conc. Fin intervention (μ mol/l)	0,20 [0,17 ; 0,23]	0,33 [0,26 ; 0,42]	< 0,001	0,24 [0,15 ; 0,40]	0,21 [0,13 ; 0,33]	0,565
p	0,005	0,287		0,018	0,128	
Δ BC	-0,08 \pm 0,15	0,03 \pm 0,15	0,014	-0,08 \pm 0,05	-0,05 \pm 0,08	0,419

Valeurs du bêta-carotène présentées en moyenne géométrique [IC95%]

Δ BC (Delta β -carotène) représente la différence entre la concentration après consommation et la concentration de base ; il est présenté en moyenne \pm écart-type

III.7.2. Concentration en β -carotène en fonction de la durée de consommation

À l'enrôlement, les concentrations en β -carotène sont comparables entre les deux groupes quelle que soit la durée de consommation. À la fin de l'intervention les enfants ayant consommé pendant 16 à 17 jours la PDCO ont une concentration en β -carotène significativement plus élevée que celle des enfants du groupe contrôle. Entre l'enrôlement et la fin de l'intervention les concentrations en β -carotène des enfants du groupes contrôle ont significativement baissé quelle que soit la durée de consommation, contrairement à celle du groupe test qui sont restées inchangées (**Tableau 10**).

Tableau 10 : Concentrations en β -carotène en fonction de la durée de consommation

	Durée de consommation					
	11 à 15 jours (n = 35)		<i>p</i>	16 à 17 jours (n = 26)		<i>p</i>
	Contrôle (n = 19)	Test (n = 16)		Contrôle (n = 12)	Test (n = 14)	
Conc. Enrôlement ($\mu\text{mol/l}$)	0,25 [0,20 ; 0,32]	0,26 [0,21 ; 0,32]	0,596	0,30 [0,22 ; 0,40]	0,35 [0,26 ; 0,47]	0,572
Conc. Fin intervention ($\mu\text{mol/l}$)	0,20 [0,17 ; 0,24]	0,25 [0,20 ; 0,33]	0,120	0,22 [0,17 ; 0,30]	0,36 [0,26 ; 0,50]	0,035
<i>p</i>	0,011	0,877		0,005	0,683	

Valeurs du β -carotène présentées en moyenne géométrique [IC95%]

III.7.3. Concentration en β -carotène en fonction de la quantité de patate consommée

L'évolution de la concentration en β -carotène en fonction des quantités de patate consommées dans les deux groupes est indiquée dans le **Tableau 11**.

Les résultats montrent, que dans le groupe Contrôle, les concentrations en β -carotène ont baissé significativement entre le début et la fin de l'intervention, quelle que soit la quantité de patate consommée. Elles sont passées de 0,26 $\mu\text{mol/l}$ à 0,21 $\mu\text{mol/l}$ ($P = 0,013$) pour les moins de 35 g ; et de 0,28 $\mu\text{mol/l}$ à 0,21 $\mu\text{mol/l}$ ($P = 0,010$) pour les plus de 35 g. Et chez les enfants ayant consommé plus de 35 g de patate, ceux du groupe Test ont eu des concentrations en β -carotène plus élevées à la fin de l'intervention, 0,33 $\mu\text{mol/l}$ contre 0,21 $\mu\text{mol/l}$ ($P = 0,018$).

Tableau 11 : Concentrations en β -carotène en fonction des quantités consommées

	$\leq 35 \text{ g}$ (n = 24)		<i>p</i>	$> 35 \text{ g}$ (n = 37)		<i>p</i>
	Contrôle (n = 13)	Test (n = 11)		Contrôle (n = 18)	Test (n = 19)	
Quantité Consommée (g)	$27,4 \pm 3,2$	$28,9 \pm 4,9$	0,354	$40,1 \pm 2,5$	$40,5 \pm 2,7$	0,699
Conc. Enrôlement ($\mu\text{mol/l}$)	0,26 [0,20 ; 0,33]	0,22 [0,18 ; 0,27]	0,339	0,28 [0,21 ; 0,36]	0,35 [0,28 ; 0,45]	0,129
Conc. Fin intervention ($\mu\text{mol/l}$)	0,21 [0,16 ; 0,28]	0,25 [0,19 ; 0,32]	0,192	0,21 [0,17 ; 0,25]	0,33 [0,25 ; 0,45]	0,018
<i>p</i>	0,013	0,374		0,010	0,748	
Δ	- 0,05 \pm 0,04	0,03 \pm 0,12	0,019	- 0,10 \pm 0,17	0,00 \pm 0,15	0,05

Valeurs du β -carotène présentées en moyenne géométrique [IC95%]

IV. DISCUSSION

Parmi les stratégies de lutte contre la carence en vitamine A l'approche alimentaire basée sur la promotion d'aliments riches en β -carotène tels que la PDCO représente une alternative moins coûteuse et plus durable. La période des 1000 premiers jours constitue une période importante dans la lutte contre la carence en vitamine A, ainsi l'introduction précoce de la consommation de PDCO dans les pratiques d'alimentation du jeune enfant semble une stratégie intéressante dont les effets peuvent être bénéfiques à long terme. La présente étude a été menée dans le but d'évaluer l'effet de la consommation de PDCO, sur la concentration plasmatique en β -carotène chez des enfants âgés de 12 à 23 mois en zone rurale à Malem Hodar (Kaffrine).

A l'issue de l'étude, nous n'avons pas décelé de changement de la concentration en β -carotène chez les enfants ayant consommé quotidiennement de la PDCO. Cependant, ces derniers, avaient de meilleures concentrations finales en β -carotène que les enfants du groupe Contrôle, dont les concentrations ont significativement baissé à l'issue de l'étude.

L'absence d'augmentation des concentrations en β -carotène observée dans le groupe Test est confortée par les résultats de **Bulux et al. (1994)**, qui n'avaient pas obtenu d'effet sur les concentrations en β -carotène restées inchangées après 20 jours de consommation de carotte, chez des enfants âgés de 7 à 12 ans. Néanmoins l'approche de **Bulux et al. (1994)**, qui s'était beaucoup plus appesantie sur l'aspect biodisponibilité du β -carotène dans l'aliment par rapport à un supplément pur, diffère de la nôtre. En effet, ils avaient effectué une étude comparative entre deux groupes dont l'un recevait de la carotte et l'autre recevait des capsules de β -carotène et chez lequel une augmentation des concentrations en β -carotène était survenue. Tandis que notre étude, s'est plus appesantie sur l'aspect efficacité de l'aliment sur les concentrations plasmatiques en β -carotène.

A contrario, d'autres études telles que celles de **Van Jaarsveld et al. (2005)**, **Jamil et al. (2012)** et **Palmer et al. (2016)** ont obtenu une augmentation significative des concentrations en β -carotène et en rétinol, respectivement chez des enfants âgés de 5 à 10 ans, des femmes, et des enfants âgés de 4 à 8 ans. Néanmoins, il faut noter que ces derniers ont travaillé sur des durées plus longues, respectivement de 53 jours, 60 jours et 6 mois ce qui pourrait, outre les différences liées au choix et à la tranche d'âge des sujets cibles, expliquer la divergence de résultats obtenus entre ces études et la nôtre. Bien que la durée de notre étude semble courte par rapport à celles susmentionnées certains travaux avec des durées similaires ont toutefois rapporté une augmentation des concentrations en β -carotène. Notamment ceux de **Jalal et al. (1998)** qui avaient également utilisé la PDCO et obtenu une réponse significative sur le statut en rétinol

d'enfants âgés de 3 à 6 ans après 3 semaines ; et ceux de **Turner et al. (2013)** chez les femmes bangladaises, ayant obtenu une augmentation significative des concentrations en β -carotène mais pas du rétinol après une durée de 3 semaines. En raison de ces divergences de résultats relatives à la durée des interventions, nous avons estimé que la durée de notre étude était trop courte pour avoir un effet sur le rétinol, et de ce fait ce paramètre n'a pas été investigué à la fin de l'intervention.

D'autres facteurs pourraient expliquer ou contribuer à cette faible variation des concentrations plasmatiques en β -carotène suite à l'intervention, notamment une faible absorption du β -carotène, liée entre autres, à la présence d'autres caroténoïdes dans l'alimentation. En effet, ces caroténoïdes tels que la lutéine, l' α -carotène, et le β -cryptoxanthine présents dans l'alimentation peuvent, par un phénomène de compétition, entraver ou réduire l'absorption intestinale du β -carotène car partageant les mêmes transporteurs et protéines membranaires qui facilitent leur passage dans l'entérocyte (**Borel, 2012**). L'absorption du β -carotène peut être également réduite jusqu'à 42% en présence de fibres dans l'alimentation (**Castenmiller et West, 1998** ; **Tanumihardjo, 2002** ; **Hounkpatin, 2011**). Ce qui peut être corroboré par la forte consommation de céréales et tubercules, sources de fibres, retrouvée dans le profil alimentaire des enfants. Par ailleurs, il faut également noter que l'absorption du β -carotène est modulée par la présence d'huile dans l'aliment (**Bengtsson et al., 2008**) ; par conséquent une faible quantité d'huile dans le repas peut limiter leur absorption. Mais il est très peu probable que la faible variation des concentrations en β -carotène notée dans cette étude, soit liée à la quantité d'huile ajoutée à la préparation car cette dernière est similaire à celles décrites dans d'autres études ayant montré des résultats plus significatifs (**Jalal et al., 1998** ; **Van Jaarsveld et al., 2005**, **Jamil et al., 2012**).

En outre, la faible variation pourrait également être expliquée par la forte présence d'inflammation/infection retrouvée chez nos enfants ; cette étude s'étant déroulée au début de l'hivernage (saison des pluies) qui correspond souvent à une forte période de recrudescence des infections et maladies. Bien que les liens, entre inflammation et concentration en β -carotène ne soient pas encore bien clairement établis, **Rubin et al. (2017)** suggèrent que le métabolisme des caroténoïdes est altéré en présence d'inflammation, et par conséquent cette dernière pourrait être à l'origine d'une baisse des concentrations. Pour cette raison, les enfants ont été déparasités afin de contrer cet effet, mais il semblerait que le délai entre l'administration du déparasitant et le démarrage de l'étude ait été trop court par rapport à celui d'autres études (environ 1 à 2 semaines) ayant constaté de meilleurs résultats (**Jalal et al., 1998** ; **Persson et al., 2001**). Ce qui pourrait expliquer nos résultats.

Le β -carotène n'étant pas un élément essentiel à la santé, il n'existe pas d'état défini de carence en β -carotène qui pourrait permettre d'effectuer des comparaisons poussées des résultats obtenus. **Van Jaarsveld et al. (2005)** qui ont utilisé la méthode MRDR (Modified Relative Dose Response) ont montré que les enfants ayant de faibles réserves en vitamine A répondent mieux à une intervention. Cependant nous n'avons pas évalué les réserves, et après une comparaison poussée des concentrations chez les enfants carencés en vitamine A uniquement, nous n'avons pas décelé d'augmentation des concentrations en β -carotène pouvant confirmer cette hypothèse.

En ce qui concerne la quantité moyenne de PDCO consommée par les enfants de notre étude (35,6 g), elle se situe dans l'intervalle recommandé (23,4 à 131,2 g/j) pour les enfants de 7 à 24 mois (**Burri et al., 2011**). Il n'y avait pas non plus, d'effet lié à la quantité consommée, car aucune amélioration des concentrations n'a été détectée chez les enfants qui avaient consommé les plus grandes quantités. De plus, il s'est avéré difficile pour nos enfants de finir en une fois le repas, seulement 30% sont parvenus à consommer une quantité supérieure à 40 g sur les 50 g servis. Notre étude est l'une des rares effectuées à ce jour sur la tranche d'âge des 12-23 mois, la plupart des travaux ont été faits chez les enfants plus âgés (**Jalal et al., 1998 ; Vuong et al., 2002**) et chez les adultes (**Jamil et al., 2012**) ce qui peut expliquer les meilleurs effets obtenus dans ces études. Par conséquent nous n'avons pas trouvé dans la littérature d'essais avec des enfants ayant consommé des quantités similaires, autre que les résultats de **Badiane et al. (2018)** sur lesquels nous nous étions basés pour faire notre étude.

Bien que la consommation de PDCO n'ait pas entraîné de changement détectable chez les enfants du groupe Test, elle a tout de même maintenu leur concentration en β -carotène, alors que chez les enfants du groupe Contrôle, l'absence d'intervention a entraîné une baisse de la concentration en β -carotène. Ceci est corroboré par la valeur trouvée par la méthode des doubles différences qui était significative ($p < 0,05$) ; par extrapolation, cela pourrait vouloir dire que pour ces deux groupes comparables en tout point au départ, s'il n'y avait pas eu l'intervention, leurs concentrations en β -carotène auraient significativement baissé en raison d'une raréfaction des ressources alimentaires due probablement à la période de soudure qui sévissait. En effet l'analyse du profil alimentaire à cette période a révélé une alimentation peu diversifiée, avec une très faible consommation d'aliments riches en vitamine A préformée tels que les viandes et abats, et où moins de 36 % des enfants consommaient des sources de β -carotène. Ces derniers résultats se rapprochent de ceux de **Badiane (2018)** qui lors de son étude de base portant sur des enfants issus de la même région avait trouvé une consommation de fruits et légumes riches en vitamine A inférieure à 30%, mais divergent de ceux rapportés par **Dione (2014)** qui avait

révélé une consommation fréquente de fruits jaunes et rouges (73,3%) et de légumes riches en vitamine A (69,6%) chez des enfants de Mbadakhoun. Toutefois il faut tenir compte du fait, que l'étude de **Dione (2014)** a été effectuée pendant une période d'abondance alimentaire contrairement à la nôtre qui a eu lieu au début de la période de soudure, ce qui peut expliquer cette différence de résultat.

En outre, étant donné que pratiquement tous les enfants étaient encore allaités, il aurait été intéressant d'évaluer les apports en vitamine A et β -carotène du lait maternel, ce qui peut représenter une limite de notre étude. Des travaux effectués par **Agne Djigo (2012)** au Sénégal sur des femmes allaitantes de la banlieue de Dakar ont rapporté une teneur moyenne en rétinol dans le lait maternel de $1,9 \pm 1,2 \mu\text{mol/l}$; à l'inverse de **de Pee et al (1995)** qui ont rapporté des teneurs moyennes chez des femmes indonésiennes anémiques de l'ordre de $0,88 \pm 0,67 \mu\text{mol/l}$.

Pour finir, une forte prévalence d'anémie a été retrouvée chez nos enfants (plus de 70%) dont une partie pourrait être attribuable à la CVA qui touchait plus de 20% des enfants. En effet, la CVA peut entraîner une anémie via divers processus physiologiques dont une baisse de l'érythropoïèse et de la fonction immunitaire, ainsi que des troubles dans le métabolisme du fer (**Semba et Bloem, 2002** ; **Gamble et al., 2004** ; **Chaparro et Suchdev, 2019**). Dans les pays marqués par une forte voire très forte infection, la CVA a été identifiée comme un déterminant significatif de l'anémie chez les enfants d'âge préscolaire (**Engle-Stone et al., 2017**). D'autres études ont montré que, cette relation entre CVA et anémie serait significative uniquement en l'absence d'inflammation mixte ou sub-clinique (**Abizari et al., 2017**). Tout récemment, il a été établi que la CVA représente environ 10% des causes d'anémie totale chez les enfants d'âge préscolaire au Ghana (**Petry et al., 2021**). En outre, il a été démontré que la supplémentation en VA augmente les concentrations d'Hb (**Semba et Bloem, 2002**) ; ce qui suscite l'importance et l'impact possible que les stratégies de lutte contre la CVA telles que la supplémentation en VA et/ou la promotion d'aliments riches en VA ou β -carotène comme la PDCO pourraient avoir sur la réduction de l'anémie. Cependant, cela suppose qu'il faudrait définir des critères d'évaluation spécifiques de l'anémie due à la CVA et estimer l'effet des stratégies de lutte contre la CVA sur la réduction de l'anémie ; ce qui s'avère assez complexe notamment dans les milieux où les maladies infectieuses sont fortement présentes, d'où, la nécessité d'effectuer des recherches supplémentaires (**Larson et al., 2017** ; **Chaparro et Suchdev, 2019**).

V. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les stratégies de lutte contre la carence en vitamine A basées sur l'approche alimentaire suscitent un engouement scientifique, notamment de par leurs résultats prometteurs. La présente étude avait comme objectif d'évaluer la réponse plasmatique en β -carotène chez les jeunes enfants âgés de 12 à 23 mois suite à une consommation quotidienne de PDCO pendant 15 jours.

Les résultats de cette étude ont montré que la carence en vitamine A est encore bien présente et constitue un problème de santé publique chez les enfants de 12 à 23 mois à Malem Hodar. A l'issue de l'étude, les enfants qui ont consommé de la PDCO, ont eu une meilleure concentration finale en β -carotène. En effet, malgré les fortes prévalences d'inflammation et d'anémie trouvées, la consommation quotidienne de PDCO a permis de maintenir les concentrations plasmatiques en β -carotène chez ces derniers, contrairement à celles des enfants du groupe contrôle qui ont significativement diminué entre le début et la fin de l'étude. Toutefois, certains facteurs dont la durée de l'étude, n'ont pas permis d'aboutir à des résultats plus importants.

Malgré les nombreuses stratégies mises en œuvre pour lutter contre les carences en micronutriments (supplémentation et fortification etc.), la carence en vitamine A et l'anémie persistent en milieu rural chez les enfants de moins de 2 ans.

Du fait de sa concentration élevée en β -carotène, les pertes occasionnées par la cuisson n'empêchent pas la patate douce à chair orangée de rester une excellente source de β -carotène. Une diversification des types et fréquences de consommation pourrait donc permettre d'assurer un apport soutenu en β -carotène et en vitamine A de façon durable dans cette zone agro écologique.

Afin d'optimiser cette stratégie, des preuves scientifiques supplémentaires de l'efficacité des aliments riches en β -carotène en général, et de la PDCO plus spécifiquement, sur l'amélioration durable du statut en rétinol seraient nécessaire.

Ainsi, nous recommandons :

- D'intensifier la production de la PDCO en milieu rural pour assurer sa disponibilité et son accessibilité à long terme et pendant toute période de l'année.
- De promouvoir la consommation de la PDCO au niveau communautaire à travers des séances d'éducation nutritionnelle et/ou de démonstration culinaires.
- De renforcer les programmes de supplémentation en micronutriments (fer, vitamine A) ainsi que le contrôle des infections en milieu rural
- De poursuivre cette étude dans des conditions contrôlées pour évaluer l'impact de la

consommation à plus long terme des aliments riches en β -carotène sur le statut en vitamine A.

- D'optimiser la méthode de cuisson afin de réduire les pertes en β -carotène et ainsi améliorer le contenu en β -carotène de la PDCO
- D'évaluer l'apport en β -carotène du lait maternel et sa contribution dans la couverture des besoins en vitamine A des enfants de moins de 2 ans.
- De rechercher des indicateurs biochimiques plus sensibles à la détection des variations de la concentration en β -carotène dans le plasma.

VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abizari AR, Azupogo F, Brouwer ID. Subclinical inflammation influences the association between vitamin A- and iron status among schoolchildren in Ghana. PLoS One 2017;12(2):e0170747.

Abolurin OO, Adegbola AJ, Oyelami OA, Adegoke SA, Bolaji OO. Prevalence of Vitamin A deficiency among under-five children in South-Western Nigeria. Niger Postgrad Med J 2018;25:13-6.

Alaofè H, Burney J, Naylor R, Taren D. Prevalence of anaemia, deficiencies of iron and vitamin A and their determinants in rural women and young children: a cross-sectional study in Kalalé district of northern Benin. Public Health Nutr 2017;20(7):1203-13

Agne-Djigo A, Kwadjode KM, Idohou-Dossou N, Diouf A, Guiro AT, Wade S. Energy intake from human milk covers the requirement of 6-month-old Senegalese exclusively breast-fed infants. Br J Nutr 2013;110(10):1849-55.

Agne-Djigo A. Statut de base en vitamine A des femmes sénégalaises allaitantes et relation entre ce statut et celui de leurs nourrissons âgés de 6 mois dans le cadre du programme national de fortification en vitamine A des huiles végétales. [Thèse de Doctorat Unique]. Dakar : Université Cheikh Anta Diop, Faculté de Sciences et Techniques, 2012.

Aguayo VM, Garnier D, Baker SK. Des gouttes qui sauvent: Supplémentation en vitamine A pour la survie de l'enfant. Progrès et leçons apprises en Afrique de l'Ouest et du Centre. Bureau régional de l'UNICEF pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre, 2007.

Badiane A, Sylla PMDD, Diouf A, Tall L, Mbaye MS, Cisse NS, Dossou NI, Wade S, Donnen P. Sensory evaluation and consumer acceptability of orange-fleshed sweet potato by lactating women and their children. Afr J Food Sci 2018; 12:288–96.

Badiane A. Impact de l'agriculture sensible à la nutrition sur la prévention de la malnutrition maternelle et infantile au cours des 1000 premiers jours de vie à Kaffrine. [Thèse de Doctorat Unique]. Dakar : Université Cheikh Anta Diop, Faculté de Sciences et Techniques ; 2018.

Bailey RL, West KP Jr, Black R.E. The epidemiology of global micronutrient deficiencies. Ann Nutr Metab 2015;66:22-33

Bastos Maia S, Rolland Souza AS, Costa Caminha M, Lins da Silva S, Callou Cruz R, Carvalho dos Santos C, Batista Filho M. Vitamin A and Pregnancy: A Narrative Review. Nutrients 2019;11(3):681.

Bengtsson A, Namutebi A, Alminger ML, Svanberg U. Effects of various traditional processing methods on the all-trans- β -carotene content of orange-fleshed sweet potato. *J Food Compost Anal* 2008; 21(2):134-43.

Black RE, Victora CG, Walker SP, Bhutta ZA, Christian P, de Onis M, Ezzati M, Grantham-McGregor S, Katz J, Martorell R, Uauy R. Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. *Lancet* 2013;382:427-51.

Borel P. Gènes et absorption intestinale des microconstituants lipidiques (vitamines liposolubles, caroténoïdes et phytosterols). *OCL* 2012;19(4):209-15.

Bulux J, Quan de Serrano J, Giuliano A, Perez R, Lopez CY, Rivera C, Solomons NW, Canfield LM. Plasma response of children to short term chronic β -carotene supplementation. *Am J Clin Nutr* 1994;59(6):1369-75.

Butte NF, Lopez-Alarcon MG, Garza C, World Health Organisation Nutrition for Health and Development, World Health Organisation Department of Child and Adolescent Health and Development. Nutrient adequacy of exclusive breastfeeding for the term infant during the first six months of life. Geneva: World Health Organization, 2002.

Castenmiller JJ, West CE. Bioavailability and bioconversion of carotenoids. *Annu Rev Nutr* 1998;18:19-38.

Cellule de Lutte contre la Malnutrition (CLM). Plan Stratégique Multisectoriel de la Nutrition du Sénégal 2017-2021, 2017. P 116.

Chaparro CM, Suchdev PS. Anemia epidemiology, pathophysiology, and etiology in low- and middle-income countries. *Ann N Y Acad Sci* 2019;1450(1):15-31.

Christian P, West KP Jr., Khatry SK, LeClerq SC, Kilbrough-Pradlan E, Katz J, Shrestha SR. Maternal night blindness increases risk of mortality in the first six months of life among infants in Nepal. *J Nutr* 2001;131(5):1510-12.

COSFAM/MI/UCAD. Rapport de la situation de base du statut en vitamine A, fer et zinc chez les enfants de 12-59 mois et chez les femmes en âge de procréer (15-49 ans) dans le cadre du programme de fortification des aliments en micronutriments au Sénégal. COSFAM/MI/UCAD 2012, 153p.

Dione JMN. Alimentation des enfants âgés de 6 à 23 mois en milieu rural sénégalais en relation avec leur état nutritionnel [Mémoire de Master, Nutrition et Alimentation Humaine]. Dakar : Université Cheikh Anta Diop Faculté des Sciences et Techniques, 2014. p 57

Diop LB. Consommation d'huiles raffinées enrichies en vitamine A par quelques ménages de la région de Dakar dans le cadre de la fortification des aliments en micronutriments au Sénégal : effet du chauffage sur la concentration en vitamine A des huiles. [Mémoire de Master en Nutrition et Alimentation Humaine]. Dakar : Université Cheikh Anta Diop de Dakar Faculté des Sciences et Techniques, 2014. p 36.

DO E. Vitamin A: A Review. *Asian J Clin Nutr* 2009;1:65-82.

Ena-for-SMART (<http://www.nutrisurvey.net/ena/ena.html>).

Engle-Stone R, Aaron GJ, Huang J, Wirth JP, Namaste SM, Williams AM, Peerson JM, Rohner F, Varadhan R, Addo OY, et al. Predictors of anemia in preschool children: Biomarkers Reflecting Inflammation and Nutritional Determinants of Anemia (BRINDA) project. *Am J Clin Nutr* 2017;106(Suppl 1):402S-415S.

Fernandes TF, Andreto LM, Vieira CS, de Arruda IK, Diniz Ada S. Serum retinol concentrations in mothers and newborns at delivery in a public maternity hospital in Recife, northeast Brazil. *J Health Popul Nutr* 2014;32(1):28-35.

Gamble MV, Palafox NA, Dancheck B, Ricks MO, Briand K, Semba RD. Relationship of vitamin A deficiency, iron deficiency, and inflammation to anemia among preschool children in the Republic of the Marshall Islands. *Eur J Clin Nutr* 2004;58(10):1396-401.

Girard AW, Grant F, Watkinson M, Okuku HS, Wanjala R, Cole D, Levin C, Low J. Promotion of Orange-Fleshed Sweet Potato Increased Vitamin A Intakes and Reduced the Odds of Low Retinol-Binding Protein among Postpartum Kenyan Women. *J Nutr* 2017;147(5):955-63.

Grune T, Lietz G, Palou A, Ross AC, Stahl W, Tang G, Thurnham D, Yin SA, Biesalski HK. Beta-carotene is an important vitamin A source for humans. *J Nutr* 2010;140(12):2268S-85S.

Haskell M, Tanumihardjo SA, Palmer A, Melse-Boonstra A, Talsma E, Burri B. Effect of regular consumption of provitamin A biofortified staple crops on Vitamin A status in populations in low-income countries. *Afr J Food Agric Nutr Dev* 2017;17(2):11865-78.

Hotz C, Loechl C, de Brauw A, Eozenou P, Gilligan D, Moursi M, Munhaua B, van Jaarsveld P, Carriquiry A, Meenakshi JV. A large-scale intervention to introduce orange sweet potato in rural Mozambique increases vitamin A intakes among children and women. *Br J Nutr* 2012;108(1):163-76.

Hounkpatin Amoussa WBA. Evaluation du potentiel de couverture des besoins en vitamine A des jeunes enfants à partir des sauces accompagnant les aliments de base consommés au

Bénin. [Thèse de Doctorat d'Université, Nutrition Santé]. Montpellier : Université Montpellier 2 Faculté Sciences et Techniques du Languedoc, 2011.

Imdad A, Mayo-Wilson E, Herzer K, Bhutta ZA. Vitamin A supplementation for preventing morbidity and mortality in children from six months to five years of age. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;3(3):CD008524.

Jalal F, Nesheim MC, Agus Z, Sanjur D, Habicht JP. Serum retinol concentrations in children are affected by food sources of beta-carotene, fat intake, and anthelmintic drug treatment. *Am J Clin Nutr* 1998;68(3):623–9.

Jamil KM, Brown KH, Jamil M, Pearson JM, Keenan AH, Newman JW, Haskell MJ. Daily consumption of orange-fleshed sweet potato for 60 days increased plasma β -Carotene Concentration but did not increase total body vitamin A pool size in Bangladeshi women. *J Nutr* 2012;142:1896–902.

Katona P, Katona-Apte J. The Interaction between nutrition and infection. *Clin Infect Dis* 2008;46(10):1582–8.

Larson LM, Guo J, Williams AM, Young MF, Ismaily S, Addo OY, Thurnham D, Tanumihardjo SA, Suchdev PS, Northrop-Clewes CA. Approaches to Assess Vitamin A Status in Settings of Inflammation: Biomarkers Reflecting Inflammation and Nutritional Determinants of Anemia (BRINDA) Project. *Nutrients* 2018;10(8):1100.

Low JW, Arimond M, Osman N, Cunguara B, Zano F, Tschirley D. A food-based approach introducing orange-fleshed sweet potatoes increased vitamin A intake and serum retinol concentrations in young children in rural Mozambique. *J Nutr* 2007;137(5):1320-7

Low JW, Mwanga ROM, Andrade M, Carey E, Ball AM. Tackling vitamin A deficiency with biofortified sweetpotato in sub-Saharan Africa. *Glob Food Sec* 2017;14:23-30.

Low JW. Unleashing the potential of sweet potato to combat poverty and malnutrition in Sub-Saharan Africa through a comprehensive initiative. *Acta Hortic* 2011;921:171-9

Machin D, Campbell MJ, Tan SB, Tan SH. Sample Sizes for Clinical, Laboratory and Epidemiology Studies. 4th ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd, 2018.

Oliveira JM, Allert R, East CE. Vitamin A supplementation for postpartum women. *Cochrane Database of Syst Rev* [serial online] 2016;3:CD005944. Internet: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD005944.pub3/full> (accessed 06/09/2020).

Palmer AC, Siamusantu W, Chileshe J, Schulze KJ, Barffour M, Craft NE, Molobeka N, Kalungwana N, Arguello MA, Mitra M, et al. Provitamin A-biofortified maize increases serum β -carotene, but not retinol, in marginally nourished children: a cluster-randomized trial in rural Zambia. *Am J Clin Nutr* 2016;104(1):181–90.

Persson V, Ahmed F, Gebre-Medhin M, Greiner T. Increase in serum beta-carotene following dark green leafy vegetable supplementation in Mebendazole-treated school children in Bangladesh. *Eur J Clin Nutr* 2001;55(1):1-9.

Petry N, Wirth JP, Adu-Afarwuah S, Wegmuller R, Woodruff BA, Tanumihardjo SA, Bentil H, Donkor WES, Williams TN, Shahab-Ferdows S, et al. Risk factors for anaemia among Ghanaian women and children vary by population group and climate zone. *Matern Child Nutr* 2021;17(2):e13076.

Rodriguez-Amaya DB, Kimura M. HarvestPlus handbook for carotenoid analysis. HarvestPlus Technical Monograph Series 2. Washington, DC: Harvest Plus, 2004.

Rohner F, Raso G, Aké-Tano SOP, Tschannen AB, Mascie-Taylor CGN, Northrop-Clewes CA. The Effects of an Oil and Wheat Flour Fortification Program on Pre-School Children and Women of Reproductive Age Living in Côte d'Ivoire, a Malaria-Endemic Area. *Nutrients* 2016;8(3):148.

Rubin LP, Ross AC, Stephensen CB, Bohn T, Tanumihardjo SA. Metabolic Effects of Inflammation on Vitamin A and Carotenoids in Humans and Animal Models. *Adv Nutr* 2017;8(2):197–212.

Schweigert F, Schierle J, Hurtinne A, Mothes R. Analysis of total carotenoids in egg yolk - a fast and laboratory-independent assay. XIIIth European Poultry Conference, 2010.

Semba RD, Bloem MW. The anemia of vitamin A deficiency: epidemiology and pathogenesis. *Eur J Clin Nutr* 2002;56(4):271-81.

SPRING (Renforcement des partenariats, des résultats et des innovations en matière de nutrition) dans les régions de Fatick, Kaolack et Kaffrine. Protocole de recherche qualitative : Evaluation finale. Rapport 2017, p 1-35.

Stevens GA, Bennett JE, Hennocq Q, Lu Y, De-Regil LM, Rogers L, Danaei G, Li G, White RA, Flaxman SR et al. Trends and mortality effects of vitamin A deficiency in children in 138 low-income and middle-income countries between 1991 and 2013: a pooled analysis of population-based surveys. *Lancet Glob Health* 2015;3(9):e528–36.

Sylla PMDD, Tall NCL, Mbaye MS, Ndoye F, Diallo B, Diouf A, Dossou NI, Donnen P, Wade S, Noba K. Production of orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas*) intercropped with *Moringa oleifera* in Kaffrine, agro-ecological zone of groundnut basin in Senegal. *Ann Nutr Metab* 2017;71(suppl 2):1-1433.

Talsma EF, Brouwer ID, Verhoef H, Mbera GNK, Mwangi AM, Demir AY, Maziya-Dixon B, Boy E, Zimmermann MB, Melse-Boonstra A. Biofortified yellow cassava and vitamin A status of Kenyan children: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr* 2016;103(1):1-10.

Tanumihardjo SA, Russell RM, Stephensen CB, Gannon BM, Craft NE, Haskell MJ, Lietz G, Schulze K, Raiten DJ. Biomarkers of Nutrition for Development (BOND)-Vitamin A Review. *J Nutr* 2016;146:1816S-1848S.

Tanumihardjo SA. Factors influencing the conversion of carotenoids to retinol: Bioavailability to bioconversion to bioefficacy. *Int J Vitam Nutr Res* 2002;72(1):40-5.

Thurnham DI, McCabe GP, Northrop-Clewes CA, Nestel P. Effects of subclinical infection on plasma retinol concentrations and assessment of prevalence of vitamin A deficiency: meta-analysis. *Lancet* 2003;362:2052-8.

Turner T, Burri BJ, Jamil KM, Jamil M. The effects of daily consumption of β -cryptoxanthin-rich tangerines and β -carotene-rich sweet potatoes on vitamin A and carotenoid concentrations in plasma and breast milk of Bangladeshi women with low vitamin A status in a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr* 2013; 98:1200-8.

USAID/Yaajeende (Agence américaine pour le développement international). Synthèse des impacts et résultats du projet USAID/Yaajeende de 2010 à 2017. USAID/Yaajeende 2017, p 1-2.

van Jaarsveld PJ, Faber M, Tanumihardjo SA, Nestel P, Lombard CJ, Benadé AJ. Beta-carotene-rich orange-fleshed sweet potato improves the vitamin A status of primary school children assessed with the modified-relative-dose-response test. *Am J Clin Nutr* 2005;81(5):1080-87.

Vuong LT, Dueker SR, Murphy SP. Plasma beta-carotene and retinol concentrations of children increase after a 30-d supplementation with the fruit *Momordica cochinchinensis* (gac). *Am J Clin Nutr* 2002;75(5):872-9.

West KP Jr. Extent of Vitamin A Deficiency among Preschool Children and Women of Reproductive Age. *J Nutr* 2002;132(9):2857S-2866S.

Wiseman EM, Bar-El Dadon S, Reifen R. The vicious cycle of vitamin a deficiency: A review. Crit Rev Food Sci Nutr 2017;57(17):3703-14.

WHO (World Health Organization). Indicators for assessing vitamin A deficiency and their application in monitoring and evaluation intervention programmes. Geneva: World Health Organization, 1996

WHO (World Health Organization). Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995–2005. WHO global database on vitamin A deficiency. Geneva: World Health Organization, 2009.

WHO (World Health Organization). Micronutrient deficiencies: Vitamin a deficiency, 2014 Internet: <http://www.who.int/nutrition/topics/vad/en/> (Accessed on 24/04/19)

WHO (World Health Organization). Multicenter Growth Reference Study Group. WHO Child Growth Standards: Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age: Methods and development. Geneva: World Health Organization, 2006.

ANNEXES



Laboratoire de Nutrition
Département de Biologie Animale – Faculté des Sciences et Techniques
Université Cheikh Anta Diop de Dakar – Sénégal

FICHE DE RECRUTEMENT ET ELIGIBILITE ENFANTS

A. IDENTIFICATION ENFANT

PRÉNOMS ET NOM DE L'ENFANT :

PRÉNOMS ET NOM DE LA MÈRE :

NOM DU VILLAGE :

N° DE TEL DE LA MÈRE :

B. CARACTÉRISTIQUES DE L'ENFANT

QUESTIONS		RÉPONSES
QUEL EST LE SEXE DE L'ENFANT ? 1 = MASCULIN 2 = FEMININ	B1	____
QUELLE EST LA DATE DE NAISSANCE DE L'ENFANT ? (CARNET)	B2	____ ____ ____ ____ ____ ____ jj / mm / aaaa
LA DATE DE NAISSANCE EST 1= VÉRIFIÉE SUR UN DOCUMENT OFFICIEL 2= CERTIFIÉE PAR LES MEMBRES DU MÉNAGE 3= CERTIFIÉE PAR UN ÉVÉNEMENT	B3	____
QUEL EST SON AGE (MOIS) ? (DECLARATION DE L'ENQUETE(E))	B4	____ ____ MOIS
AGE EN MOIS CALCULÉ À PARTIR DE LA DATE DE L'ENQUÊTE ET DE LA DATE DE NAISSANCE DE L'ENFANT	B5	____ ____ MOIS

C. ALLAITEMENT DE L'ENFANT

QUESTIONS		REPONSES
EST-CE QUE L'ENFANT EST NOURRI AU SEIN ? 1= OUI 2= NON	C1	____
L'ENFANT EST-IL SEVRÉ ? 1= OUI 2= NON SI OUI, NON ELIGIBLE	C5	____
EST-CE QUE L'ENFANT EST NOURRI AU BIBERON ? 1= OUI 2= NON		____

SI OUI AVEC QUEL TYPE DE LAIT (PRECISER)		_____
L'ENFANT A-T-IL COMMENCÉ A MANGER DES ALIMENTS SEMI-SOLIDES OU SOLIDES ? 1=OUI 2=NON		_____
SI OUI, A QUEL AGE <u>EN MOIS</u> A-T-IL COMMENCÉ A MANGER DE LA BOUILLIE ? INSCRIRE 99 SI NE SAIT PAS		_____ MOIS
L'ENFANT A-T-IL DEJA COMMENCÉ A MANGER LE PLAT FAMILIAL ? 1=OUI 2=NON		_____
SI OUI, A QUEL AGE <u>EN MOIS</u> A-T-IL COMMENCÉ A MANGER LE PLAT FAMILIAL ? INSCRIRE 99 SI NE SAIT PAS		_____ MOIS
L'ENFANT PRESENTE-T-IL UN BON APPETIT ? 1= OUI 2= NON SI NON, PAS ELIGIBLE		_____

A. VACCINATIONS ET ÉTAT SANITAIRE DE L'ENFANT

B. MESURES ANTHROPOMÉTRIQUES DE L'ENFANT

Nom de l'enfant :

POIDS (KG)	-----/----- PE1	-----/----- PE2
	----- PEM	
TAILLE (CM)	-----/----- T1	-----/----- T2
	----- TM	

C. MESURE DU TAUX D'HÉMOGLOBINE DE L'ENFANT

Nom de l'enfant :

TAUX D'HEMOGLOBINE (G/L)	HBE1	-----/-----
	HBE2	-----/-----
	HBEM	-----/-----

ELIGIBILITE

L'ENFANT EST -IL ELIGIBLE POUR L'ETUDE ?

1= OUI

2 = NON

Si non, arrêter l'interview et remercier le répondant pour sa disponibilité et sa patience

A la fin de l'interview : remercier le répondant pour sa disponibilité et sa patience

Observations de l'enquêteur :

.....
.....
.....

FIN DE L'INTERVIEW : -----H -----mn

SIGNATURE



Laboratoire de Nutrition
Département de Biologie Animale – Faculté des Sciences et Techniques
Université Cheikh Anta Diop de Dakar – Sénégal

FICHE DE PRELEVEMENT ENFANT

A. IDENTIFICATION ENFANT

PRÉNOMS ET NOM DE L'ENFANT : PRÉNOMS ET NOM DE LA MÈRE :

N° DE L'ENFANT : | ____ |

ID COUPLE MÈRE-ENFANT : | ____ | ____ | ____ | ____ | ____ | ____ | ____ | ____ | ____ | ____ |

GROUP N°VILGE N°MENAGE N°MÈRE INITIALES MÈRE N°ENF

B. PRELEVEMENT SANGUIN ENFANT

ID COUPLE MÈRE-ENFANT : | ____ | ____ | ____ | ____ | ____ | ____ | ____ | ____ | ____ |

GROUP N°VILGE N°MENAGE N°MÈRE INITIALES MÈRE N°ENF

	ADMISSION DATE...../...../.....	FINAL DATE...../...../.....
VERIFIER QUE LE TUBE EST CODE. EST-CE LE CODE DE LA PERSONNE ?	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON
NOTER L'HEURE DU PRELEVEMENT SANGUIN	____ ____ : ____ ____ HEURE MINUTE	____ ____ : ____ ____ HEURE MINUTE
ENTOURER LE TUBE AVEC DU PAPIER ALUMINIUM	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON
METTRE LE TUBE ENTOURE DANS LA GLACIERE	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON
EST-CE QUE LE PRELEVEMENT A ETE FACILE	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON
NOMBRE DE TUBES PRELEVES	____ ____	____ ____

C. CENTRIFUGATION ET ALIQUOTAGE

ID COUPLE MÈRE-ENFANT : | ____ | ____ | ____ | ____ | ____ | ____ | ____ | ____ | ____ |

GROUP N°VILGE N°MENAGE N°MÈRE INITIALES MÈRE N°ENF

	ADMISSION DATE...../...../.....	FINAL DATE...../...../.....
NOTER L'HEURE DE LA CENTRIFUGATION	____ ____ : ____ ____ HEURE MINUTE	____ ____ : ____ ____ HEURE MINUTE

NOTER L'HEURE DU DEBUT ALIQUOTAGE	__ __ : __ __ HEURE MINUTE	__ __ : __ __ HEURE MINUTE
NOTER LE NOMBRE DE TUBES ALIQUOTES	__ __	__ __
PRESENCE D'HEMOLYSE?	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON
METTRE LES TUBES DANS LE CRYOBOX	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON
ENTOURER LE CRYOBOX AVEC DU PAPIER ALUMINIUM	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON
RANGER LE CRYOBOX DANS LA GLACIERE	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON



Laboratoire de Nutrition
Département de Biologie Animale – Faculté des Sciences et Techniques
Université Cheikh Anta Diop de Dakar – Sénégal

Évaluation de la réponse plasmatique en β-carotène suite à une consommation quotidienne de patate douce à chair orangée chez des enfants de 12 à 23 mois en milieu rural à Malem Hodar (Kaffrine)

A : IDENTIFICATION MENAGE

DÉPARTEMENT :	NOM DU VILLAGE
QUARTIER/VILLAGE :	
IDENTIFIANT DE L'ENFANT PARTICIPANT A L'ETUDE : __ __ __ __ __ __	
PRENOMS ET NOM DE L'ENFANT PRÉNOMS ET NOM DE LA PERSONNE ENQUÊTÉE : STATUT DE LA PERSONNE ENQUÊTÉE DANS LE MÉNAGE :	ENQUÊTEUR : DATE ENQUÊTE : __ __ __ /2019 DÉBUT DE L'INTERVIEW: ----H -- ---mn
<p>“Mon Nom est [Nom enquêteur].</p> <p>Nous voudrions vous poser quelques questions sur votre ménage. Nous poserons des questions au chef de ménage ou à son représentant. L’entretien durera environ 1h30 min.</p> <p>Toutes les informations recueillies resteront strictement confidentielles. La participation à cette étude est volontaire et vous pouvez refuser de répondre à tout ou partie des questions.</p> <p>Nous espérons cependant que vous accepterez de participer à cette étude car votre opinion nous permettra de mieux apprécier les besoins d’assistance dans le pays. Veuillez répondre sincèrement aux questions. Il n’y pas de réponses fausses. Avez-vous des questions particulières ? ”</p>	

D. DIVERSITE ALIMENTAIRE DU MENAGE

NOUS VOUS INTERESSONS A TOUT CE QUE VOUS AVEZ MANGE OU BU DANS LA JOURNÉE D'HIER, ENTRE LE MOMENT DE VOTRE REVEIL HIER MATIN ET CELUI DE VOTRE REVEIL CE MATIN. QU'AVEZ-VOUS CONSOMME ?

Lever/petit-déjeuner	Matinée	Déjeuner	Après midi	Dîner	Soirée/nuit
----------------------	---------	----------	------------	-------	-------------

Mère

--	--	--	--	--	--

Enfant

--	--	--	--	--	--

[Ménages : inclure les aliments consommés par tout membre du ménage, et exclure les aliments achetés et consommés à l'extérieur du domicile]

Lorsque la personne interrogée a terminé sa description, cochez ci-après les groupes d'aliments consommés. Pour chaque groupe d'aliments non mentionné, demandez à la personne si un aliment de ce groupe a été consommé.

E. FRÉQUENCE DE CONSOMMATION ALIMENTAIRE DE L'ENFANT

QUESTIONS	REPONSES
<p>A QUELLE FRÉQUENCE L'ENFANT A-IL CONSOMMÉ LES ALIMENTS CI-DESSOUS AU COURS DE CES 7 DERNIERS JOURS ?</p> <p><i>(ALIMENTS TELS QUELS OU SE TROUVANT DANS LES PLATS QUE VOUS CONSOMMEZ)</i></p>	<p>1= AU MOINS 1 FOIS PAR JOUR 2= 2 A 6 FOIS PAR SEMAINE 3= UNE (1) FOIS PAR SEMAINE 4= JAMAIS</p> <p><i>(METTRE DANS LA CASE, LE CODE CORRESPONDANT)</i></p>
CÉRÉALES : Maïs=mbok, Riz=thiép, Blé, Sorgho=bassi, Fonio, Mil=souna Aliment élaboré à partir de céréales : Pain=mbourou, Bouillie=rouille, Couscous=tiéré, Biscuits=mbiskit Pâtes alimentaires : Macaroni, Spaghetti, Vermicelle, Mouhamssa, Couscous marocain	E1 <input type="text"/>
TUBERCULES : Manioc=niambi, Patate douce à chair blanche=patasse, Igname, Pomme de terre=pombi terre	E2 <input type="text"/>
LÉGUMINEUSES : Niébé, Haricot, Pois, Lentilles	E3 <input type="text"/>
OLÉAGINEUX ET NOIX : Arachide=Guerté, Sésame, Noix de cajou, Pâte d'arachide=Tiguedegue	E4 <input type="text"/>
LÉGUMES RICHES EN VIT A : Carotte=carotte, Courge=yomb, Betterave, Tomate=tamaté, Citrouille= nadio, Patate douce à chair orangée=patasse, haricot vert, poivron	E5 <input type="text"/>
LÉGUMES FEUILLES VERTES : mbuum niebeday, mbuum tiakhat, mbuum ndour, feuilles de baobab, feuilles de bissap, feuilles de niébé, feuilles de manioc, feuilles de patate, taro=diabéré	E6 <input type="text"/>
AUTRES LÉGUMES : Gombo, Navet, Diaxatou, Aubergine, Choux, Oignons, autre...	E7 <input type="text"/>
FRUITS JAUNES ET ROUGES : Mangue=mango, Papaye=papaya, Melon, pastèque=khal, jujube=sidém, néré=houle, fruit du ronier=konkorong, fraise	E8 <input type="text"/>
FRUITS RICHES EN VITAMINE C : Mandarine, Orange, Clémentine, Pamplemousse, Citron, Ditax, Madd, Tol, Tamarin, autre...	E9 <input type="text"/>
AUTRES FRUITS : Banane, Bouye, Sapotille, Dimb, autre...	E10 <input type="text"/>
JUS DE FRUITS	E11 <input type="text"/>
LAIT, PRODUITS LAITIERS : Yaourt, Fromage=fromasse, Lait frais=mew bou niouy dogga ratt, Lait caillé, Cérélac, Lait concentré sucré, Lait concentré non sucré, Lait en poudre=sougouf mew	E12 <input type="text"/>
VIANDES : Bœuf, Mouton, Volaille, Porc, Chèvre, Viande de chasse	E13 <input type="text"/>
FOIES ET AUTRES ABATS : Abats=mbakh, Foie=réss, Rognon,	E14 <input type="text"/>

Une copie est remise au participant ou à son représentant légal.

Cœur=khol		
POISSONS/PRODUITS HALIEUTIQUES : Poisson séché=guédj, Poisson fumé=kétiakh, Poisson frais=dieun, Crustacés et autres fruits de mer=pagne, Huitre=yokhoss, yet, Crevette = sipakh, touffa	E15	_____
HUILES/MATIERES GRASSES : Huile végétale, Huile de palme, Beurre de karité, Beurre, Diiw nior, Dakh, Huile d'arachide, Huile de sésame, Huile d'olive, Huile de poisson, Margarine	E16	_____
ŒUFS : Nénn	E17	_____
THE : Ataya, Douté	E18	_____
CONDIMENTS : Bouillon cube, Piment, ketchup, Concentré de tomate, Nététou	E19	_____

A LA FIN DE L'INTERVIEW : REMERCIER LA FEMME POUR SA DISPONIBILITE ET SA PATIENCE

OBSERVATIONS DE L'ENQUETEUR :

.....
.....
.....

FIN DE L'INTERVIEW : -----H -----mn

SIGNATURE

FICHE DE SUIVI DE LA PRISE ALIMENTAIRE DE L'ENFANT

A. IDENTIFICATION ENFANT							
PRÉNOMS ET NOM DE L'ENFANT :				PRÉNOMS ET NOM DE LA MÈRE :			
N° du quartier : ____				GROUPE : ____ 1=TEST ou 2=CONTROLE			

DATES	Lundi.....	Mardi.....	Mercredi.....	Jeudi.....	Vendredi.....	Samedi.....	Dimanche.....
Enfant à jeun 1= OUI ou 2=NON							
Intervalle entre la dernière tétée et le début de l'alimentation							
Quantité servie							
Restes							
Pertes							
Quantité consommée							
OBSERVATIONS							

DATES	Lundi.....	Mardi.....	Mercredi.....	Jeudi.....	Vendredi.....	Samedi.....	Dimanche.....	Lundi.....
Enfant à jeun 1= OUI ou 2=NON								
Intervalle entre la dernière tétée et le début de l'alimentation								

Une copie est remise au participant ou à son représentant légal.

Quantité servie								
Restes								
Pertes								
Quantité consommée								
OBSERVATIONS								

Une copie est remise au participant ou à son représentant légal.



Laboratoire de Nutrition
Département de Biologie Animale – Faculté des Sciences et Techniques
Université Cheikh Anta Diop de Dakar – Sénégal

Évaluation de la réponse plasmatique en β -carotène suite à une consommation quotidienne, d'une durée de 15 jours, de patate douce à chair orangée chez des enfants âgés de 12 à 23 mois en milieu rural à Kaffrine

LETTRE D'INFORMATION

MADAME, MADEMOISELLE, MONSIEUR

Vous avez été sélectionnés pour participer à une étude sur « l'Évaluation de la réponse plasmatique en β -carotène suite à une consommation quotidienne de patate douce à chair orangée chez des enfants âgés de 12 à 23 mois à Malem Hodar (Kaffrine) ». Cette évaluation entre dans le cadre du Projet de Recherche pour le Développement (PRD) portant sur la prévention de la malnutrition maternelle et infantile au cours des 1.000 premiers jours de vie en milieu rural à Kaffrine.

Veuillez lire (ou vous faire lire) attentivement la fiche de renseignements qui vous a été remise afin de prendre connaissance des modalités de l'enquête.

Il est important que vous preniez connaissance du déroulement de l'enquête, des questions qui vous seront posées, des mesures qui seront effectuées et des modalités de prise de sang qui seront faites. La fiche de renseignement est obligatoire pour votre information et nécessaire pour vous permettre de prendre votre décision de participer à cette étude de façon libre et éclairée.

Notre équipe reste à votre disposition pour vous donner tout complément d'information que vous jugeriez nécessaire.

Afin que vous soyez clairement informés du déroulement de l'étude, nous vous invitons à lire (ou à vous faire lire et traduire) attentivement le présent document d'information. Nous sommes à votre disposition pour répondre à toutes vos questions éventuelles.

But de l'étude

Évaluer la réponse plasmatique en β -carotène suite à une consommation quotidienne d'une durée de 15 jours de patate douce à chair orangée chez des enfants âgés de 12-23 mois en milieu rural à Malem Hodar.

Les objectifs spécifiques de l'étude sont :

- Évaluer l'état nutritionnel, le taux d'hémoglobine et le statut en vitamine A des enfants.
- Évaluer la fréquence de consommation d'aliments sources de β -carotène et/ou de vitamine A provenant du régime alimentaire des enfants durant la période de l'étude.
- Déterminer la teneur en β -carotène de la PDCO fraîche et cuite.

- Déterminer la concentration plasmatique en β -carotène des enfants avant et après intervention

Réalisation de l'étude

L'étude sera réalisée par une équipe de recherche comprenant des enquêteurs, médecins, infirmiers, laborantins sous la direction de l'Équipe de nutrition de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar dirigée par le Pr Nicole Dossou :

- Des enfants âgés de 12-23 mois seront présélectionnés sur l'ensemble des enfants de la commune de Malem Hodar.
- Un médecin examinera votre enfant ; et son état nutritionnel sera évalué
- Un laborantin mesurera sur place le taux d'hémoglobine pour vérifier la présence d'anémie. La présence d'anémie sévère sera communiquée aussitôt aux médecins traitants pour une prise en charge. Nous allons vous remettre une fiche confidentielle pour cela.
- Les enfants ayant un bon état général de santé, un état nutritionnel et un taux d'hémoglobine adéquats seront sélectionnés
- Dans les ménages des enfants sélectionnés, un questionnaire sera déroulé pour recueillir des informations socio-économiques, sanitaires, et sur vos pratiques alimentaires.
- De petits échantillons de sang seront prélevés à votre enfant avant le démarrage de l'étude pour mesurer ses statuts en vitamine A et β -carotène dans notre laboratoire spécialisé, et un déparasitant lui sera administré à la suite de ce prélèvement
- L'intervention consistera en un repas de patate douce à chair orangée ou blanche qui sera servi chaque jour pendant 15 jours à votre enfant
- Une fois par semaine un enquêteur vous posera une série de questions sur votre consommation alimentaire pour évaluer vos apports moyens en vitamine A
- A la fin de l'intervention, de petits échantillons de sang seront prélevés à votre enfant pour mesurer ses statuts en vitamine A et β -carotène dans notre laboratoire spécialisé.

Risques

Il n'y a aucun risque lié aux prélèvements de sang car le matériel utilisé sera stérile, neuf, jetable et à usage unique. Ce matériel n'a jamais été utilisé avant et ne sera pas utilisé après. Ces prélèvements seront également réalisés par des professionnels.

Confidentialité

Les informations de l'étude seront bénéfiques pour la société et pour les responsables de santé publique de tout le Sénégal aussi bien en milieu rural et urbain. Cependant les informations personnelles contenues dans les questionnaires (nom, adresse, situations socio-économiques, sanitaires, etc.) et les résultats de l'analyse de sang seront sécurisés et ne seront pas divulgués ni à votre entourage ni à des personnes non responsables de l'étude.

Autres informations

N'hésitez pas à nous poser toute autre question relative à l'étude que vous jugerez utile



Laboratoire de Nutrition
Département de Biologie Animale – Faculté des Sciences et Techniques
Université Cheikh Anta Diop de Dakar – Sénégal

Lettre de consentement libre et éclairé des couples mère-enfant

Madame, Monsieur,

Je soussigné(e),

- Madame,
Monsieur,.....
- Qualité (père, mère, tuteur légal) de.....
- Certifie avoir pris connaissance de la fiche d'information de l'enquête
- Qui sera réalisée le :
- Par le Laboratoire de Nutrition de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar et avoir reçu des réponses satisfaisantes à mes questions concernant cette étude.
- Ma décision de participer à l'étude matérialisée par ma signature ci-dessous est volontaire et gratuite.

Le.....

Signature précédée de la mention « lu et approuvé »

Madame, Monsieur,

Je soussigné(e),

- Madame,
Monsieur,.....
- Qualité (père, mère, tuteur légal) de.....
- Certifie avoir pris connaissance de la fiche d'information de l'enquête
- Qui sera réalisée le
- Par le Laboratoire de Nutrition de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar et avoir reçu des réponses satisfaisantes à mes questions concernant cette étude.
- J'autorise (fille, fils)..... à participer à l'étude.

Cette autorisation est matérialisée par ma signature ci-dessous est volontaire et gratuite.

Le.....

Signature précédée de la mention « lu et approuvé »

Je soussignée,

Pr Nicole Dossou,.....

Directrice du Laboratoire de Nutrition de la Faculté des Sciences et Techniques de l’Université Cheikh Anta Diop de Dakar et Coordinatrice Sud de l’étude sur la prévention de la malnutrition maternelle et infantile au cours des 1.000 premiers jours de vie en milieu rural—**Projet de Recherche pour le Développement (PRD)**

M’engage au respect des termes du consentement éclairé par la lettre d’information.

Le.....

Signature précédée de la mention « lu et approuvé »

Titre : Évaluation de la réponse plasmatique en β -carotène suite à une consommation quotidienne de patate douce à chair orangée chez des enfants de 12 à 23 mois en milieu rural à Malem Hodar (Kaffrine)

Nom du candidat : **Linda Nelly Ramanath Folashadé da SILVA**

Jury d'examen	Président :	Dr Babou Diaham (FST-UCAD)
	Directrice de mémoire :	Pr Nicole Idohou Dossou (FST-UCAD)
	Examinateur :	Pr Adama Diouf (FST-UCAD)
	Examinateur :	Dr Anta Agne-Djigo (UFR-SDD-UADB)

Soutenu le 24 juillet 2020

Résumé

Introduction : La carence en vitamine A (CVA) affecte environ 250 millions d'enfants dans le monde notamment dans les pays en voie de développement, avec des conséquences néfastes sur leur santé et leur survie. Au Sénégal, plusieurs stratégies sont actuellement mises en œuvre pour prévenir/lutter contre la CVA dont la promotion d'aliments riches en vitamine A/ β -carotène. C'est dans ce cadre que le Projet de Recherche pour le Développement (PRD) a introduit en 2016 la PDCO (Kandee) à Kaffrine. Suite à plusieurs années de production et une bonne acceptabilité, il est opportun de déterminer l'effet de la consommation de la PDCO-Kandee sur les concentrations plasmatiques en β -carotène.

Objectif : Évaluer la réponse plasmatique en β -carotène d'enfants âgés de 12 à 23 mois suite à la consommation quotidienne, d'une durée de 15 jours, de PDCO en milieu rural à Malem Hodar.

Méthodologie : Une étude pilote de type randomisée non masquée a porté sur 61 enfants âgés de 12 à 23 mois répartis aléatoirement entre le groupe contrôle (recevant de la patate douce blanche), et le groupe test (recevant de la PDCO). Ainsi, 50 g de purée de patate à laquelle on a ajouté 5 g d'huile, leur était servie chaque jour pendant 15 jours. La quantité consommée quotidiennement par les enfants était calculée par pesée différentielle du plat avant et après alimentation. Avant le démarrage de l'étude, les états nutritionnels et de santé des enfants ont été évalués par mesure des paramètres anthropométriques, du taux d'hémoglobine, des protéines inflammatoires, et du rétinol plasmatique (RP). Pendant l'essai, La fréquence de consommation d'aliments riches en VA et β -carotène provenant du régime alimentaire du ménage a été évaluée à l'aide du rappel de 24h. De même, le contenu en β -carotène dans la portion de purée de PDCO servie a été déterminé par colorimétrie. La concentration en β -carotène plasmatique a été évaluée par HPLC avant et après intervention. Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart type, en moyenne géométrique ou en pourcentage. La comparaison des moyennes, et des pourcentages entre les groupes est effectué à l'aide des tests appropriés et la méthode des doubles différences (Difference in Difference method, DID) est utilisée pour estimer l'effet réel du traitement.

Résultats : L'âge moyen des enfants était de 18 ± 3 mois avec 52,4% de garçons. Environ 52% des enfants présentent une inflammation, le RP moyen est de 0,89 $\mu\text{mol/l}$ (0,88 $\mu\text{mol/l}$ dans le groupe contrôle et 0,90 $\mu\text{mol/l}$ dans le groupe test) avec 23% des enfants carencés en VA. La quantité moyenne consommée est de 34,8g, comparable entre les deux groupes. La teneur en β -carotène dans la purée de PDCO servie est de 2761,9 $\mu\text{g}/50\text{g}$ avec 20,3% de pertes dues à la cuisson et a permis de couvrir 25,3% des besoins. Les légumes feuilles vertes et la carotte sont les principales sources de β -carotène fréquemment consommées dans les ménages. A l'issue de l'intervention, les concentrations en β -carotène des enfants du groupe test sont significativement plus élevées que celles des enfants du groupe contrôle ($p = 0,007$). La consommation de PDCO a permis de maintenir les concentrations en β -carotène des enfants du groupe test contrairement aux enfants du groupe contrôle dont les concentrations en β -carotène ont significativement baissé (0,27 $\mu\text{mol/l}$ vs 0,21 $\mu\text{mol/l}$; $p < 0,001$).

Conclusion : Cette étude a montré que la consommation de PDCO a permis de préserver les concentrations en β -carotène des enfants. Des recherches supplémentaires sont nécessaires afin d'optimiser l'absorption des β -carotènes et améliorer cette stratégie, et sur le long terme, favoriser une augmentation significative des concentrations en β -carotène, améliorer le statut en vitamine A.

MOTS-CLES : Carence en vitamine A, Patate Douce à Chair Orangée, β -carotène, Kaffrine, Sénégal