

STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LES CARENCES EN MICRONUTRIMENTS, EN PARTICULIER EN FER, DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT

JACQUES BERGER

Directeur de recherches, Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR106 "Nutrition, Alimentation, Sociétés", 911 Avenue Agropolis, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, j.berger@fpt.vn

Résumé

Les carences en micronutriments en particulier les carences en fer, vitamine A et iode, représentent un problème majeur de santé publique des pays en développement. Les risques de carences évoluent au cours du cycle de vie et sont particulièrement élevés lorsque les besoins augmentent. Leurs conséquences sont multiples pour les femmes en âge fertile, lors de la grossesse et de l'allaitement, pour les nourrissons et les enfants. Elles influencent négativement le développement, en particulier cognitif, de l'enfant, provoquent des pertes de productivité et éducationnelle, augmentent la morbidité et la mortalité maternelle. Les carences de la prime enfance ont des implications au cours de la vie adulte et constituent un facteur de risque pour les futures générations avec des répercussions non négligeables en terme économique. Le contrôle des carences en micronutriments s'intègre dans la lutte contre la pauvreté et contribue au développement des pays concernés.

Lutter efficacement contre ces carences dans les pays en développement implique d'intégrer différentes approches. La supplémentation en micronutriments est nécessaire quand les carences sont importantes et réclament une action rapide. L'enrichissement en micronutriments d'aliments consommés par l'ensemble d'une population ou par des populations cibles est une approche à plus long terme, d'un meilleur coût-efficacité, actuellement en plein essor notamment dans le cadre d'un partenariat public-privé. L'adjonction de micronutriments au niveau familial aux aliments destinés aux enfants et jeunes enfants est une alternative. La diversification alimentaire et l'amélioration des pratiques alimentaires visent à augmenter la consommation et la biodisponibilité des micronutriments. Ces interventions sont d'autant plus efficaces qu'elles intègrent des mesures de santé publique comme le contrôle des infections et la promotion de l'allaitement maternel. Le succès du contrôle des carences en micronutriments requiert une volonté politique affirmée et la collaboration active de la communauté scientifique, de l'industrie alimentaire, des consommateurs, des agences internationales, bilatérales et des ONG.

Abstract

Micronutrient deficiencies, especially iron, vitamin A and iodine deficiencies represent a major public health problem in developing countries. The risks of deficiencies evolve during the life cycle and are particularly high when the needs increase. Their consequences are multiple among women in fertile age, at the time of pregnancy and breast-feeding, among infants and children. They influence negatively the development, especially cognitive, of the child, cause productivity and educational losses, increase the morbidity and the maternal mortality. The deficiencies in infancy have implications during the adult life and constitute a risk factor for the future generations with substantial impact in economic term. The control of micronutrient deficiencies is part of the fight against poverty and contributes to the development of the countries.

The effective control of micronutrient deficiencies in developing countries implies to integrate various approaches. Micronutrient supplementation is needed when prevalence of deficiencies is high and requires a fast action. Fortification with micronutrients of food consumed by the whole population or by target populations is a better cost-efficacy long-term approach, currently in full rise within the framework of a public-private partnership. The addition of micronutrients at the family level to food intended to infants and young children is an alternative. Food diversification and the improvement of the food practices aim at increasing the consumption and the bioavailability of the micronutrients. These interventions are more effective since they integrate public health measures such as the control of infections and the promotion of the breast-feeding. To be successful, the control of micronutrient deficiencies requires strong political commitment and the active collaboration of the scientific community, the food industry, the consumers, the international and bilateral agencies and NGO.

Les carences en micronutriments : un problème de santé publique aux conséquences non négligeables

Dans les pays en développement (PED), les carences en micronutriments représentent un problème de santé publique aux conséquences physiologiques et économiques non négligeables (1). Les principales carences identifiées concernent les carences en iode, fer et vitamine A (2), mais d'autres carences comme la carence en zinc, vitamine B12, riboflavine et acide folique co-existent probablement même si leur existence et importance n'ont pas encore été bien étudiées. La carence en fer touche près de 3,5 milliards de personnes à travers le monde principalement les femmes à partir de l'adolescence, les nourrissons et les jeunes enfants (2). La carence en vitamine A concerne environ 127 millions d'enfants d'âge préscolaire dont 4,4 millions présentent des signes de xérophtalmie et près de 20 millions de femmes enceintes, avec 25-35% des cas recensés en Afrique (3). La carence en iode concernerait environ 2 milliards de personnes avec près de 740 millions de goitreux (2) et près de 27% de la population mondiale présenteraient une consommation inadéquate en zinc. Dans les PED, ces différentes carences sont rarement isolées et souvent additionnelles.

Les conséquences de ces carences sur la santé de l'individu sont multiples. La carence en fer, qui dans sa forme la plus sévère résulte en anémie, se traduit chez l'adulte par une diminution de la capacité physique (4) et de la productivité (5). Chez la femme enceinte, les anémies sévères sont responsables de 20% des décès maternels (6). Elles augmentent les risques de morbidité et de mortalité fœtale et néonatale ainsi que le risque de prématurité et de faible poids du nourrisson à la naissance (7). Les enfants anémiques sont intellectuellement moins performants et présentent des troubles du comportement (8) et présenteraient une taille inférieure et une dynamique de croissance ralentie (9, 10). La résistance aux infections et l'immunocompétence sont diminuées (11). La carence en vitamine A est la principale cause de cécité et de troubles visuels (xérophtalmie) et augmente les risques de morbidité et de mortalité probablement par un effet sur l'intégrité des barrières épithéliales et des fonctions immunologiques (12). Elle augmente le risque de carence en fer et d'anémie notamment par un effet négatif sur la mobilisation des réserves en fer (13). La carence en iode est responsable de la formation de goitre mais surtout de retardement intellectuel pouvant aboutir au crétinisme. Elle a un impact négatif sur la croissance et elle est associée à une baisse de la résistance aux infections avec une augmentation de la morbidité et de la mortalité et à un taux élevé de mort-nés et d'avortements (14). La carence en zinc a un impact négatif sur le système immunitaire et sur la croissance et elle est associée avec un risque plus élevé de morbidité notamment de diarrhées (15). Les implications économiques de ces carences, notamment de l'anémie ferriprive, sont loin d'être négligeables : baisse de la force productive, augmentation des coûts de santé, perte de capital humain et social et diminution du PNB (16).

Les carences apparaissent principalement lorsque les apports en micronutriments ne permettent pas de couvrir les besoins, en particulier ceux élevés des populations à risque. Les besoins en micronutriments correspondent aux quantités nécessaires pour compenser les pertes physiologiques ou liées à des infections, et répondre aux circonstances particulières de la vie, comme durant les périodes de croissance accélérées et au cours de la grossesse. Dans les PED, ces carences sont principalement liées au faible contenu et/ou la faible biodisponibilité des micronutriments des régimes alimentaires. La carence en iode dépend du faible contenu en iode des sols et de l'environnement ou de la présence de facteurs goitrigènes dans les régimes. La carence en vitamine A résulte d'une consommation inadéquate d'aliments riches en rétinol ou précurseurs de la vitamine A (17, 18). La carence en fer résulte principalement de la présence dans le régime d'inhibiteurs de l'absorption comme les phytates ou tannins, très présents dans les aliments d'origine végétale qui constituent le plus souvent la base de l'alimentation des populations les plus pauvres des PED et/ou de l'absence de promoteurs de l'absorption comme par exemple la vitamine C (19).

D'autres facteurs peuvent être aussi responsables de ces carences. Les infections aiguës ou chroniques et/ou les infestations parasitaires. La carence en fer peut résulter d'hémorragies liées à certaines pathologies tumorales et les parasitoses digestives, principalement l'ankylostomiase augmentent sensiblement les pertes (20). Le paludisme s'accompagne d'une hémolyse qui provoque régulièrement une anémie mais la majorité du fer libéré est récupérée et réutilisée pour la synthèse de nouvelles molécules d'hémoglobine (21). Certains facteurs antinutritionnels comme certaines pratiques et tabous s'additionnent parfois.

L'importance de ces carences en micronutriments en terme de santé publique et leurs conséquences sur la santé de l'individu justifient la mise en œuvre d'interventions. La présentation qui va suivre

focalisera sur les différentes stratégies d'intervention possibles, plus spécialement dans le cadre de la lutte contre la carence en fer qui reste la carence la plus prévalente et la plus difficile à prévenir et à contrôler.

Développer des stratégies d'intervention

Bien évaluer la situation :

La connaissance par les pays de la prévalence et de la sévérité des carences, de leurs facteurs étiologiques, de leur distribution géographique et des groupes à risque concernés est essentielle. La plupart des PED dispose d'enquêtes épidémiologiques nationales plus ou moins récentes ou pour le moins d'informations recueillies au travers d'enquêtes plus limitées qu'il sera peut-être nécessaire de compléter ou d'affiner. Ces informations ainsi que les conséquences de ces carences en terme de santé publique et d'impact économique et la disponibilité de stratégies d'intervention réalisables et économiquement viables doivent permettre aux autorités sanitaires et politiques des pays concernés de prendre la mesure de l'ampleur du problème et de planifier des interventions.

Un partenariat multisectoriel indispensable :

Le succès d'une intervention requiert l'implication du secteur public et la définition d'une politique de nutrition publique. La mise en œuvre d'un Plan National d'Action pour la Nutrition (1) est un des éléments dont dispose les pouvoirs publics, mais la définition d'une intervention ne peut toutefois concerner que ce seul secteur. Un partenariat multisectoriel incluant notamment la communauté scientifique, les pouvoirs publics, les agences internationales les ONG, le secteur privé mais aussi de la société civile notamment les consommateurs et bénéficiaires est souhaitable et considéré comme l'approche à privilégier. Ce partenariat doit être initié dès le début du projet, préciser les rôles de chacun et permettre l'échange constant d'informations appropriées. Le secteur public, soutenu par les organisations internationales et bilatérales, a pour rôle notamment d'informer, motiver, conseiller, contrôler et soutenir le secteur privé et d'assurer la diffusion de l'information auprès des populations. La communauté scientifique responsable de la composante recherche et développement doit démontrer la faisabilité et l'impact du programme. Le secteur privé doit participer à la définition des moyens et techniques à mettre en œuvre pour atteindre les objectifs. La société civile notamment les consommateurs destinataires des interventions bien informée doit se sentir concernée.

Définir les populations cibles :

La définition de la population cible est très importante pour la définition des stratégies à mettre en œuvre. Les interventions peuvent être dirigées vers l'ensemble de la population ou pour répondre aux besoins spécifiques d'un groupe de population présentant des risques particuliers. Les premières concernent par exemple l'enrichissement en fer et vitamines B des farines de blé (22) ou de maïs (23), l'enrichissement en fer de la sauce soja en Chine (24) ou de la sauce de poisson au Vietnam (25). Les secondes focalisent par exemple sur la production d'aliments de complément au lait maternel de haute valeur énergétique enrichis en micronutriments pour les nourrissons et jeunes enfants (26) ou la mise en place de déjeuners scolaires appropriés pour les scolaires (27) ou de biscuits enrichis (28) ou la supplémentation fer-folate des femmes durant la grossesse (29, 30).

Définir les interventions :

Les programmes à mettre en œuvre pour contrôler les carences en micronutriments doivent intégrer différentes approches comme la supplémentation, les approches alimentaires telles que la diversification alimentaire et l'enrichissement d'aliments, et des mesures globales de santé publique et de contrôle des infections et pathologies (19). Il est important d'indiquer que ces interventions sont complémentaires et non compétitives et que leur choix dépend de la prévalence, de la sévérité et des facteurs étiologiques des carences ainsi que des groupes à risque identifiés. Il est souvent recommandé de les mettre en œuvre simultanément du fait de leur impact différent dans le temps et de leur faisabilité en fonction des différents contextes.

La supplémentation

La supplémentation consiste en l'apport d'un nutriment sous forme médicamenteuse. Cette approche est d'intérêt lorsque le déficit en fer est important et doit être corrigé rapidement ou lorsque l'on cherche à atteindre les groupes à risque comme les femmes enceintes et les jeunes enfants pour lesquels le fer du régime ne suffit pas à couvrir leurs besoins élevés. Les recommandations usuelles visent en premier lieu à la supplémentation en fer-folate, quotidienne et universelle des femmes durant

la grossesse jusqu'à deux mois post-partum (29, 30). Quand la prévalence de l'anémie est élevée la supplémentation en fer doit être étendue aux femmes en âge de procréer et aux jeunes enfants.

En fait, seule la supplémentation anténatale est appliquée, le plus souvent avec une orientation thérapeutique. Dans la majorité des cas, cette supplémentation, délivrée par les services de santé des pays, n'a pas d'impact en terme de santé publique du fait d'une couverture insuffisante des populations à risque, de l'absence d'engagement politique et de support financier, de carences dans l'approvisionnement et la distribution des suppléments aux centres de santé, des croyances et pratiques culturelles, de la formation inadéquate des pourvoyeurs, de l'éducation des bénéficiaires, de la présentation et des caractéristiques des suppléments, des effets collatéraux indésirables (31).

Des alternatives ont été proposées, parmi lesquelles la supplémentation intermittente en fer, en général hebdomadaire. Des essais réalisés chez des enfants d'âge préscolaire et scolaire (32-34), des adolescentes (35, 36), des femmes en âge de procréer (35) et enceintes (37, 38), montrent que la supplémentation en fer hebdomadaire ou bi-hebdomadaire a un effet bénéfique sur le statut en fer et la réduction de la prévalence de l'anémie, comparable dans la plupart des cas à la supplémentation quotidienne, avec l'avantage de réduire les effets secondaires (32) et d'optimiser son coût-efficacité. Certaines études indiquent toutefois que cette approche serait moins performante chez la femme enceinte (39) et le nourrisson (40) en terme de concentration finale en hémoglobine et de réduction de la prévalence d'anémie.

Le statut en fer de l'individu et ses besoins physiologiques comme la durée de la supplémentation déterminent l'efficacité et le choix de l'approche. La majorité des études précédentes a été réalisée chez des individus anémiques. Or la supplémentation hebdomadaire se veut avant tout une approche préventive, visant à doter l'individu non anémique de réserves en fer et à éviter l'apparition d'une carence en fer notamment lors de l'absence de programmes d'enrichissement d'aliments en fer (31).

Chez la femme, cette approche consiste en la prise hebdomadaire d'un supplément en fer-folate plusieurs mois avant, puis pendant la grossesse et la période d'allaitement. Elle vise à lui assurer un statut en fer satisfaisant tout au long de sa vie reproductive et lui permettre d'aborder sa grossesse avec des réserves en fer optimales afin d'éviter la survenue d'une carence en fer au cours de celle-ci (41). Pour les nourrissons, les jeunes enfants et les adolescents, la supplémentation hebdomadaire préventive peut s'envisager comme une alternative à la stratégie d'enrichissement en fer d'aliments quand ceux-ci ne sont pas disponibles. L'efficacité et la durabilité de cette approche nécessitent l'information adéquate des populations, la participation des organisations communautaires telles que les écoles et les différentes associations comme par exemple les clubs de femmes. L'implication du secteur industriel pour la production de suppléments adaptés à cette approche est requise.

Dans les PED les carences en plusieurs micronutriments sont souvent concomitantes. Des essais de supplémentation associant deux ou plusieurs micronutriments sont en cours d'évaluation chez les nourrissons, les jeunes enfants et les femmes enceintes.

Enrichissement en micronutriments

L'enrichissement («fortification» en anglais) est défini comme l'addition à un aliment d'un ou plusieurs nutriments essentiels, normalement ou non contenus dans l'aliment, avec l'objectif de prévenir ou corriger une carence affirmée en un ou plusieurs nutriments dans l'ensemble d'une population ou dans des groupes de population spécifiques (42).

L'enrichissement d'aliments en micronutriments, pratiqué déjà depuis longtemps dans les pays industrialisés, a permis l'élimination des carences en micronutriments (43, 44). La conférence internationale sur la Nutrition de 1992 a souligné l'importance et la pertinence de cette approche pour lutter contre les carences en micronutriments dans les PED (1). Elle est considérée, quand elle est possible, comme l'approche de meilleur coût-efficacité pour améliorer le statut en micronutriments des populations ce qui est un gage de pérennité (45). Elle est socialement acceptable car, le plus souvent, elle ne modifie pas les habitudes alimentaires ni les aliments consommés. Le rôle principal de l'enrichissement en micronutriments des aliments est la prévention des carences, mais les produits enrichis contribuent aussi à l'élimination des carences installées.

Une des premières étapes concerne le choix du véhicule alimentaire à enrichir qui doit être consommé régulièrement et en quantité suffisante par la population cible. L'absence de véhicule alimentaire suffisamment consommé ou de manière régulière peut conduire à l'abandon d'un programme d'enrichissement. Le véhicule alimentaire doit pouvoir être enrichi dans des unités de production centralisées et la technologie d'enrichissement doit être simple et peu coûteuse. Le choix doit porter

sur un aliment ayant des qualités (couleur, odeur) pouvant masquer les éventuelles modifications qui pourraient intervenir lors de l'enrichissement. Les véhicules alimentaires les plus souvent utilisés, notamment au niveau national, sont des farines de céréales (blé ou maïs) ou des condiments comme le sel, le sucre ou les margarines (42, 46).

L'étape suivante consiste alors dans le choix du ou des fortifiants et des niveaux d'enrichissement: Un bon fortifiant doit être stable et ne pas produire de modifications organoleptiques notables de l'aliment véhicule ou des aliments auxquels il est mélangé. Il doit avoir une bonne biodisponibilité et la conserver au cours du stockage et de l'utilisation. Il doit être facilement disponible en complément alimentaire et d'un coût abordable.

Le choix de ces fortifiants ne présentent pas de gros problème en ce qui concerne l'enrichissement en iode, le plus souvent sous forme d'iodate de potassium (46, 47). Il en est de même pour l'enrichissement en vitamine A, essentiellement sous forme de palmitate de rétinol (48). C'est plus compliqué pour le fer. Les composés en fer les plus utilisés ont fait l'objet d'une excellente revue (43). Les composés de fer solubles dans l'eau sont plus aisément absorbés. Mais ce sont aussi ceux qui produisent le plus de problèmes organoleptiques indésirables tels que changements de couleur et de saveur, oxydation des lipides et rancissement. Les composés peu solubles dans l'eau mais solubles en milieu acide présentent une bonne absorption avec l'avantage d'avoir moins d'effets organoleptiques néfastes. Les composés peu solubles en milieu acide ne provoquent pas de modifications organoleptiques, mais leur absorption est très variable du fait de leur faible solubilité dans le suc gastrique. Enrichir un aliment consiste donc à trouver le meilleur compromis entre biodisponibilité et effets organoleptiques indésirables.

Parmi les composés les plus utilisés on peut citer : le sulfate de fer principalement utilisé dans les aliments lactés pour nourrissons; le fumarate de fer dans les céréales pour enfants (49) et les farines de céréales (22, 23) ; le pyrophosphate ferrique dans les céréales pour enfants et les poudres chocolatées; et récemment le pyrophosphate ferrique micronisé dispersible (50) qui aurait une meilleure biodisponibilité. Le fer élémentaire a aussi été très largement utilisé pour l'enrichissement des farines de céréales, en particulier de blé, le plus souvent sous forme de premix contenant des vitamines du groupe B (22). Cependant les effets bénéfiques de cet enrichissement sur le statut en fer des populations sont sujets à caution du fait de la biodisponibilité très variable de certains fers élémentaires et de l'absence d'études ayant montré leur efficacité. En fait le seul composé de fer élémentaire acceptable comme fortifiant serait le fer électrolytique (325 mesh) qui ne présente toutefois qu'une biodisponibilité moitié moindre de celle du sulfate de fer (51).

Le choix d'un "bon" composé en fer ne suffit pas à lui assurer une bonne absorption. En effet, les composants de l'aliment véhicule comme de ceux des autres composants du régime peuvent interférer. Certains, les activateurs, augmentent l'absorption, d'autres, les inhibiteurs, la diminuent. Les inhibiteurs les plus puissants sont les phytates, les tannins, et certaines protéines comme les protéines de soja (52). L'activateur le plus puissant est l'acide ascorbique (53) dont l'effet dose dépendant est fonction des autres activateurs ou inhibiteurs du régime (54). L'adjonction de vitamine C à l'aliment fortifié est une solution relativement onéreuse et sa dégradation lors du stockage peut poser problème: son effet bénéfique sur le fer élémentaire et le fumarate de fer est discutable (55). L'utilisation de composés où le fer est protégé des inhibiteurs est une alternative. Un composé en particulier présente des potentialités intéressantes : l'éthylène diamine tétracétate de fer et de sodium (NaFeEDTA). Il est stable et particulièrement intéressant pour les aliments nécessitant un stockage prolongé et des températures de préparation élevées ou qui contiennent des inhibiteurs du fer non-héminique (56). Il a l'avantage non seulement de conférer une meilleure absorption au fer qu'il contient, mais aussi de favoriser l'absorption de l'ensemble du fer non héminique du régime et celle du zinc (56). Dans le cas de régime contenant des inhibiteurs de l'absorption de fer, l'absorption du fer du NaFeEDTA, de l'ordre de 7-10%, est 2 à 3 fois supérieure à celle du sulfate de fer (57). Ajouté à de la sauce de poisson (25, 58), du curry (59) du sucre (60) le NaFeEDTA améliore le statut nutritionnel des populations.

Les quantités de micronutriments à ajouter à l'aliment véhicule dépendent de plusieurs facteurs. Tout d'abord des besoins des populations cibles; des apports quotidiens de micronutriments par l'alimentation et de la consommation de l'aliment enrichi; de la biodisponibilité estimée des micronutriments lors de la consommation de cet aliment (seul ou dans un repas); de la législation en cours dans le pays lorsqu'elle existe et des recommandations internationales. En général les niveaux d'enrichissement admis sont entre 15 et 30% des RDI. Des études d'efficacité biologique en condition

contrôlées sont alors nécessaires afin de prouver l'impact positif et l'absence d'effets secondaires ou néfastes de l'aliment enrichi.

Amélioration des pratiques alimentaires et diversification des régimes

L'amélioration des pratiques alimentaires et des styles de vie a pour but d'augmenter la consommation d'aliments riches en micronutriments. La consommation régulière d'huile de palme rouge apparaît comme une solution intéressante dans la lutte contre l'avitaminose A (61). Pour la carence en fer l'idéal est de tendre vers la consommation régulière d'aliments contenant du fer héminique (viandes, volailles, poisson, abats) mais ces produits sont souvent trop onéreux et inaccessibles aux populations défavorisées. Dans les PED, les régimes alimentaires sont souvent à base de céréales, de racines et de tubercules qui contiennent des quantités non négligeables de fer mais aussi des inhibiteurs de son absorption. Les pratiques traditionnelles qui réduisent les phytates et polyphosphates, comme le décorticage des céréales, le trempage, la germination qui active les phytases endogènes et la fermentation qui favorise un pH optimum pour l'activité des phytases, augmentent la biodisponibilité du fer. La préparation et la consommation de ces aliments avec des aliments riches en acide ascorbique (papaye, chou-fleur, tomates, agrumes...) permettent d'accroître l'absorption de fer (62). La préparation et le stockage des aliments dans des ustensiles en fer augmenteraient leur contenu en fer en particulier en présence d'aliments "acides". En revanche, la friture ou la cuisson prolongée de la viande réduit l'absorption de fer. La consommation de boissons comme le thé, riche en tannins, ou d'aliments riches en calcium doit être diminuée ou recommandée en dehors des repas.

La recherche agronomique a aussi un rôle à jouer à travers la sélection variétale de plantes présentant des quantités supérieures de micronutriments (fer, vitamine A) et/ou des quantités inférieures d'inhibiteurs et/ou des quantités supérieures de promoteurs de l'absorption de fer.

Les mesures de santé publique

Dans les pays tropicaux, d'autres facteurs s'additionnent pour aggraver la carence en fer et justifient la mise en œuvre de mesures de santé publique. Le traitement des infestations parasitaires intestinales par des antihelminthiques améliore le statut en fer (11, 63). Cet effet reste toutefois modeste en l'absence d'apport de fer et nécessite, du fait des reinfestations fréquentes des traitements périodiques (63). Ces mesures peuvent être renforcées par l'amélioration des conditions sanitaires et de l'hygiène de vie. Le paludisme, responsable de plus de 50% des anémies graves en zones endémiques, est diminué par l'utilisation prophylactique d'antimalariques, l'utilisation de moustiquaires et l'entretien de l'environnement visant à diminuer le développement des anophèles. La prévention de certaines infections par la vaccination permettrait de réduire la gravité de l'anémie chez les jeunes enfants (64). La promotion de l'allaitement maternel exclusif au moins jusqu'à l'âge de 4 mois diminue la fréquence des infections, améliore le statut en fer et l'état nutritionnel global du nourrisson. Le faible contenu en fer du lait maternel est contrebalancé par son absorption élevée (50%). L'espacement des naissances contribue à diminuer l'impact de la grossesse sur le statut en fer de la femme. Un court délai de ligature du cordon ombilical à la naissance augmenterait les réserves en fer de l'enfant.

Evaluer l'efficacité de l'intervention

Efficacité en conditions contrôlées

Cette évaluation appelée "efficacy" en anglais a pour objectif de déterminer si une intervention est efficace ou plus efficace qu'une autre dans des conditions idéales. Une bonne étude repose sur une étude randomisée, réalisée en double-aveugle, incluant un groupe témoin et dans laquelle la consommation régulière et en quantités appropriées de l'aliment enrichi ou non ou du supplément est rigoureusement contrôlée. Les variables ou indicateurs mesurés doivent être choisis avec soin afin d'optimiser les résultats. Ce peuvent être des variables biologiques comme la mesure de la concentration d'hémoglobine ou de contenus sériques en micronutriments ou des variables fonctionnelles comme la croissance ou les performances intellectuelles ou physiques. De nombreux exemples d'études d'efficacité existent en particulier dans le cadre de la supplémentation en fer (34, 65, 66) ou d'enrichissement d'aliments (25, 67).

Efficacité opérationnelle ou en conditions réelles ("effectiveness")

Démontrer une efficacité en conditions contrôlées ne garantit pas que le programme aura un effet lorsqu'il sera mis en œuvre. Il est donc indispensable d'évaluer l'efficacité du programme dans les conditions réelles du terrain.

Cette évaluation est réalisée après la mise sur le marché et la promotion du supplément ou de l'aliment enrichi ou de la stratégie proposée. La méthodologie utilisée repose le plus souvent sur la comparaison de deux sites différents dont seulement un bénéficie de l'intervention et/ou sur des évaluations avant-après sur les mêmes sujets ou des sujets différents. Elle requiert en général des échantillons de population plus importants qu'une étude "d'efficacité", parfois des communautés entières. Les variables mesurées peuvent être aussi des variables biologiques ou physiologiques ou d'autres comme la consommation d'aliment enrichi par les populations cibles. Un des avantages de cette évaluation, réalisée le plus souvent sur des périodes assez longues, généralement plus d'une année, est qu'elle peut aussi permettre, si les bons indicateurs sont choisis, de mettre en évidence d'éventuels effets négatifs des interventions. Cette évaluation n'est pas pour différentes raisons toujours réalisée alors qu'elle constitue un argument essentiel pour convaincre les décideurs politiques et les bailleurs de fond à investir dans des actions de nutrition publique.

Conclusion

Malgré l'état actuel des connaissances, les carences en micronutriments, en particulier la carence en fer, représentent toujours un problème de santé publique pour les populations aux ressources limitées notamment des pays en développement. Cet état de dénutrition nuit au développement de l'individu et de la société dans laquelle il vit. Lutter contre ces carences s'inscrit dans la lutte contre la pauvreté et pour le développement.

Dans l'attente d'un accès pour tous à une alimentation saine, équilibrée et assurant la couverture des besoins nutritionnels, prévenir et contrôler les carences en micronutriments pour tous les groupes d'une population dont les besoins sont différents implique d'intégrer différentes interventions contribuant à augmenter les apports et diminuer les pertes en micronutriments. Ces interventions incluent la supplémentation et l'enrichissement d'aliments en micronutriments, l'amélioration des pratiques alimentaires et la diversification des régimes, les mesures de santé publique. L'efficacité et l'impact des interventions doivent être évalués et un système de suivi du programme mis en place afin d'assurer la pérennité du programme et d'envisager les ajustements nécessaires au cours de son développement.

Le succès de ces interventions passe par la participation active des individus. L'information et l'éducation des populations, notamment à travers les campagnes de mobilisation sociale, sont essentielles car les carences en micronutriments induisent peu de symptômes visibles, facilement reconnaissables par les individus qui de fait appréhendent mal la réalité du problème et ses conséquences. La mise en place de plans nationaux pour la nutrition incluant comme une des priorités la lutte contre ces carences et la volonté de participation concertée des secteurs publics de la santé et de l'éducation, des industries agroalimentaires, de la communauté et des médias devraient contribuer aux succès des interventions et au contrôle des carences en micronutriments.

Références

- 1) Conférence Internationale sur la Nutrition (CIN). Les grands enjeux des stratégies nutritionnelles. Rome: FAO/OMS, 1992.
- 2) ACC/SCN. Fourth report on the world nutrition situation. Nutrition throughout the life cycle. Geneva: ACC/SCN in collaboration with IFPRI; 2000.
- 3) West KP. Extent of vitamin A deficiency among preschool children and women of reproductive age. *J Nutr* 2002;132(9):2857S-66S.
- 4) Gardner GW, Edgerton VR, Senewiratne B, Barnard RJ, Ohira Y. Physical work capacity and metabolic stress in subjects with iron deficiency anemia. *Am J Clin Nutr* 1977;30:910-7.
- 5) Basta S, Soekirman M, Karryadi K, Scrimshaw N. Iron deficiency anemia and the productivity of adult males in Indonesia. *Am J Clin Nutr* 1979;3:916-25.
- 6) Viteri F. Prevention of iron deficiency. In: Institute of Medicine NAPE, editor. Prevention of micronutrient deficiencies. In "Board of international health, food and nutrition". Tools for policy makers and public health workers. Washington; 1997: 45-103.
- 7) Allen LH. Pregnancy and iron deficiency: Unresolved issues. *Nut Rev* 1997;55(4):91-101.
- 8) Lozoff B, Brittenham GM, Viteri F, Wolf AW, Urrutia JJ. Developmental deficits in iron-deficient infants: effects of age and severity of iron lack. *J.Pediatr.* 1982;101(6):948-51.

- 9) Fairweather-Tait SJ. Iron deficiency in infancy: easy to prevent - or is it ? *Eur J Clin Nutr* 1992;46(Suppl 4):S9-S14.
- 10) Chwang L, Soemantri AG, Pollitt E. Iron supplementation and physical growth of rural Indonesian children. *Am J Clin Nutr* 1988;47:496-501.
- 11) Berger J, Dyck JL, Galan P, Aplogan A, Schneider D, Traissac P, Hercberg S. Effect of daily iron supplementation on iron status, cell-mediated immunity, and incidence of infections in 6-36 month old Togolese children. *Eur J Clin Nutr* 2000;54:29-35.
- 12) Ross A. The relationship between immunocompetence and vitamin A status. In: Sommer A, West KP, eds. *Vitamin A deficiency: health, survival and vision*. New York: Oxford University Press, 1996:251-73.
- 13) Bloem MW, Wedel M, Van Agtmaal EJ, Speek AJ, Saowakontha S, Schreurs WHP. Vitamin A intervention: short-term effects of a single, oral, massive dose on iron metabolism. *Am J Clin Nutr* 1990;51:76-9.
- 14) de Benoist B, Delange B. La carence iodée: bilan et perspective pour le futur. *Cahiers Santé* 2002;12(1):9-17.
- 15) Brown KH, Peerson JM, Rivera J, Allen LH. Effect of supplemental zinc on the growth and serum zinc concentrations of prepubertal children: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 2002;75(6):1062-71.
- 16) Hunt JM. Reversing productivity losses from iron deficiency: The economic case. *J Nutr* 2002;132(4):794S-801.
- 17) de Pee SWC. Dietary carotenoids and their role in combating vitamin A deficiency: a review of the literature. *Eur J Clin Nutr* 1996;50 (supp):S38-53.
- 18) de Pee S, Bloem MW, Gorsten J, Sari M, Satoto, Yip R, Schrimpton R, Muhilal. Reappraisal of the role of vegetables in the vitamin A status of mothers in Central Java, Indonesia. *Am J Clin Nutr* 1998;68:1068-74.
- 19) Berger J, Dillon J. Stratégies de contrôle de la carence en fer dans les pays en développement. *Cahiers Santé* 2002;12(1):22-30.
- 20) Masawe AEJ. Nutritional anaemias. *Clin Haematol* 1981; 10 (3) : 815-842.
- 21) Fleming AF. Haematological manifestations of malaria and other parasitic diseases. *Clin Haematol* 1981; 10: 982.
- 22) Hertrampf E. Iron Fortification in the Americas. *Nutrition Reviews* 2002;60(7 (1)):22-25.
- 23) García-Casal MN, Layrisse M. Iron Fortification of Flours in Venezuela. *Nutr Rev* 2002;60(7(1)):26-29.
- 24) Mannar V, Gallego EB. Iron Fortification: Country Level Experiences and Lessons Learned. *J Nutr* 2002;132(4):856S-58S.
- 25) Thuy P, Berger J, Davidsson L, Khan N, Lam N, Cook J, Hurrell RF, Khoi HH. Regular consumption of NaFeEDTA fortified fish sauce improved iron status and reduced anemia prevalence in anemic Vietnamese women. *Am J Clin Nutr*, 2003;78:284-290.
- 26) Berger J, Trèche S, Salvignol B, Khan N, Goudeau C. Fortified complementary food - The Vietnam experience. In: Association AS, editor. *Optimizing early child nutrition. Integrating strategies for fortified complementary feeding. Proceedings from the national seminar and workshop; Jakarta, Indonesia, 26-27, September; 2001: 37-43.*
- 27) Berger J, Aguayo V, San Miguel JL, Tellez W, Lujan C. Estrategias de control de la anemia ferropénica en niños bolivianos residentes a gran altitud. In: Berger J SMJ, Arce RM, Fernandez E, Aguayo, editor. *Anemias por deficiencia de hierro en la región andina: Definición y estrategias de intervención: ORSTOM; 1996: 227-48.*
- 28) Lailou A, Monvois C, Berger J. Bisavit-A: an innovative solution to combat micronutrient deficiency in Vietnam. *Sight and life Newsletter* 2003:3-7.
- 29) WHO/UNICEF/UNU. *IDA: Prevention, assessment and control. Report of a joint WHO/UNICEF/UNU consultation, Geneva, World Health Organization. Geneva. 1998.*
- 30) Stoltzfus RJ, Dreyfuss ML. Guidelines for the use of iron supplements to prevent and treat iron deficiency anemia. *INACG/WHO/UNICEF. ILSI Press. 1998 : 1-39.*

- 31) Viteri FE. Iron supplementation for the control of iron deficiency in populations at risk. *Nutr Rev* 1997; 55 (6): 195-209.
- 32) Liu XN, Kang J, Zhao L, Viteri F. Intermittent iron supplementation in Chinese preschool is efficient and safe. *Food Nutr Bull* 1995 ; 16 (2) : 139-145.
- 33) Schultink W, Gross R, Gliwitzki M, Karjadi D, Matulesi P. Effect of daily vs twice week iron supplementation in Indonesian Preschool children with low iron status. *Am J Clin Nutr* 1995; 61: 111-115.
- 34) Berger J, Aguayo VM, Tellez W, Lujan C, Traissac P, San Miguel JL. Weekly iron supplementation is as effective as 5 day per week iron supplementation in Bolivian school children living at high altitude. *Eur J Clin Nutr* 1997 ; 51 : 381-6.
- 35) Angeles-Agdeppa I, Schultink W, Sastroamidjojo S, Gross R, Karyadi D. Weekly micronutrient supplementation to build iron stores in female Indonesian adolescents. *Am J Clin Nutr* 1997; 66: 177-83.
- 36) Tee ES, Kandiah M, Awin N, Chong SM, Satgunasingam N, Kamarudin L, Milani S, Dugdale AE, Viteri FE. School-administered weekly iron-folate supplements improve hemoglobin and ferritin concentrations in Malaysian adolescent girls. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 1249-1256.
- 37) Ridwan E, Schultink, Dillon D, Gross R. Effects of weekly iron supplementation on pregnant Indonesian women are similar to those of daily supplementation. *Am J Clin Nutr* 1996 ; 63 : 884-90.
- 38) Chew F, Torun B, Viteri FE. Comparison of weekly and daily iron supplementation to pregnant women in Guatemala (supervised and unsupervised). *FASEB J.* 1996; 10: A4221.
- 39) Beaton GH, McCabe GP. Efficacy of intermittent iron supplementation in the control of iron deficiency anaemia in developing countries : an analysis of experience. Final report to the Micronutrient Initiative,. Support : Micronutrient Initiative and the Canadian International Development Agency (CIDA). GHB Consulting, Toronto, Canada, 1999 : 1-124.
- 40) Ninh NX, Berger J, Quyen DT, Khan NC, Traissac P, Khoi HH. Efficacité de la supplémentation en fer quotidienne et hebdomadaire pour le contrôle de l'anémie chez le nourrisson en milieu rural au Viêt Nam. *Cahiers Santé.* In press.
- 41) Viteri FE. A new concept of iron deficiency: community-based preventive supplementation of at-risk groups by the weekly intake of iron supplements. *Biomed Environment Sciences* 1998; 11: 46-60.
- 42) FAO/WHO. Codex Alimentarius, Volume 4, 2nd edition. 1994.
- 43) Hurrell R. Preventing iron deficiency through food fortification. *Nutr Rev* 1997;55(6):210-22.
- 44) Ramakrishnan U, Yip R. Experiences and Challenges in Industrialized Countries: Control of Iron Deficiency in Industrialized Countries. *J Nutr* 2002;132(4):820S-24S.
- 45) World Bank. Enriching lives: overcoming vitamin and mineral malnutrition in developing countries: development in practice. Washington DC: World Bank, 1994.
- 46) Lofti M, Venkatesh Mannar M, Merx R, Naber-van den Heuvel P. Micronutrient fortification of foods. Current practices, research and opportunities: The Micronutrient Initiative (MI), c/o International Development Research Center (IDRC)/International Agriculture Centre (IAC); 1996.
- 47) WHO/UNICEF/ICCIDD. Recommended iodine levels in salt and guidelines for monitoring their adequacy and effectiveness, 1996.
- 48) Wirakartakusumah M, Hariyadi P. Technical aspects of food fortification. *Food Nutr Bull* 1998;132:101-108.
- 49) Hurrell RF, Furniss DE, Burri J, Whittaker P, Lynch SR, Cook JD. Iron fortification of infant cereals: a proposal for the use of ferrous fumarate or ferrous succinate. *Am J Clin Nutr* 1989;49:1274-82.
- 50) Fidler MC, Davidsson L, Zeder C, Hurrell RF. Erythorbic acid is a potent enhancer of nonheme-iron absorption. *Am J Clin Nutr.* 2004;99(1):99-102.
- 51) Turner L. Monterrey workshop summary: evaluating the usefulness of elemental iron powders. *Nutr Rev* 2002;60(7):S16-S17.

- 52) McPhail P, Bothwell TH. The prevalence and causes of nutritional iron deficiency anemia. In: Fomon S, Zlotkin S, eds. *Nutritional Anemias*. Nestlé Nutrition Workshop Series: Nestec Ltd., Vevey/Raven Press, Ltd., New York; 1992:1-12.
- 53) Hallberg L, Brune M, L R. Effect of ascorbic acid on iron absorption from different types of meals. Studies with ascorbic acid given in different amounts with different meals. *Ann Nutr Appl Nutr* 1986; 40A:97-113.
- 54) Siegenberg D, Baynes RD, Bothwell TH, MacFarlane BJ, Lamparelli RD, Car NG, McPhail P; Schmidt V, Tal A, Mayet F. Ascorbic acid prevents the dose-dependent inhibitory effects of polyphenols and phytates on nonheme-iron absorption. *Am J Clin Nutr* 1991;53:537-41.
- 55) Hurrell RF. Fortification: Overcoming Technical and Practical Barriers. *J Nutr* 2002;132(4):806S-12.
- 56) Davidsson L, Kastenmayer P, Hurrell RF. Sodium iron EDTA [NaFe(III)EDTA] as a food fortificant: the effect on the absorption and retention of zinc and calcium in women. *Am J Clin Nutr* 1994;60:231-37.
- 57) INACG. Iron EDTA for food fortification: The Nutrition Foundation/ILSI; 1993.
- 58) Garby L, Areekul S. Iron supplementation in Thai fish-sauce. *Ann Trop Med Parasitol* 1974;68:467-76.
- 59) Ballot D, McPhail A, Bothwell T, Gilloomy M, Mayer FG. Fortification of curry powder with NaFe(II)EDTA in an iron-deficient population: report of a controlled iron-fortification trial. *Am J Clin Nutr* 1989;49:162-69.
- 60) Viteri F, Alvarez E, Bulux J, Pineda O, Gonzales H, Mejia LA, et al. Iron fortification in developing countries. *Nutrition in Health and Disease* 1994:345-354.
- 61) Zagre NM, Delpeuch F, Traissac P, Delisle H. Red palm oil as a source of vitamin A for mothers and children: impact of a pilot project in Burkina Faso. *Public Health Nutr* 2003;6(8):733-42.
- 62) Allen LH, Ahluwalia N. Improving iron status through diet. The application of knowledge concerning dietary iron bioavailability in human populations. USAID-OMNI. 1997 : 1-83.
- 63) Stoltzfus RJ, Dreyfuss ML, Hababuu MC, Albonico M. Hookworm control as a strategy to prevent iron deficiency. *Nutr Rev* 1997; 55 (6): 223-232.
- 64) Dallman PR, Siimes M, Stekel A. Iron deficiency in infancy and childhood. *Am J Clin Nutr* 1980; 33: 86-118.
- 65) Liu XN, Kang J, Zhao L, Viteri FE. Intermittent iron supplementation in Chinese preschool children is efficient and safe. *Food Nutr Bull* 1995;16(2):139-46.
- 66) Beaton G, McCabe G. Efficacy of intermittent iron supplementation in the control of iron deficiency anemia in developing countries : an analysis of experience. Toronto, Canada: Micronutrient Initiative and the Canadian International Development Agency (CIDA). GHB Consulting; 1999.
- 67) Berger J, Phu PV, Salvignol B, Hoan NV, Khan NC, Tuong PD, Trèche S. Regular consumption of complementary foods fortified with micronutrients improves iron status of Vietnamese infants. 2004 INACG symposium, Lima, Peru.

MÉMOIRES

de l'Institut océanographique Paul Ricard



COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LES CYANOBACTÉRIES POUR LA SANTÉ, LA SCIENCE ET LE DÉVELOPPEMENT

*INTERNATIONAL SYMPOSIUM
ON CYANOBACTERIA FOR HEALTH,
SCIENCE AND DEVELOPMENT*

3-6 mai 2004

ÎLE DES EMBIEZ
VAR, FRANCE

SCIENCES Systématique, génétique, métabolisme, toxicité.....	5
GENETIC DIVERSITY OF THE GENUS <i>ARTHROSPIRA</i>	7
M. WALERON ^{1,3} , K. WALERON ^{1,3} , G. DUYSSENS ¹ , L. HENDRICKX ² , M. MERGEAY ² , ANNICK WILMOTTE ¹	7
EXPLORATION DU GENOME <i>ARTHROSPIRA</i>	12
CHENG-CAI ZHANG ^{1,2} , JIE ZHOU ² , AND JU-YUAN ZHANG ²	12
LES CONSTITUANTS ALIMENTAIRES DES CYANOBACTERIES.....	13
ÉMILE M. GAYDOU	13
CYANOBACTERIES ET TOXICITE	14
ISABELLE ITEMAN	14
ANTIBACTERIAL AND CELL DIVISION STIMULATION ACTIVITIES OF <i>ARTHROSPIRA PLATENSIS</i> (FILAMENTOUS CYANOBACTERIUM) EXTRACELLULAR METABOLITES.....	15
TRABELSI LAMIA ¹ , HATEM BEN OUADA ¹ , BROUERS MICHEL ² , CHRIAA JIHEN ³ AND CHALLOUF RAFIKA ¹	15
PHYSIOLOGICAL, BIOCHEMICAL AND MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF SEAWATER ACCLIMATED CYANOBACTERIUM <i>ARTHROSPIRA PLATENSIS</i>	17
HATEM BEN OUADA ¹ , LAMIA TRABELSI ¹ , RYM BEN DHIAB ¹ ET MICHEL BROUERS ²	17
TOXICITE NON EXPRIMEE PAR LA CYANOBACTERIE POTENTIELLEMENT TOXIQUE <i>PLANKTOTHRIX AGARDHII</i> RENCONTREE DANS UN ETANG SAUMATRE MEDITERRANEEN : PRISE EN COMPTE DU RISQUE DANS LE CHOIX DES ESPECES CULTIVEES A DES FINS NUTRITIVES.....	19
NICOLAS CHOMERAT, FAYOLLE S. & CAZAUBON A.....	19
A NOVEL STRAIN OF <i>SPIRULINA</i> FROM SOUTHERN BRAZIL WITH POTENTIAL FOR CULTIVATION	20
MICHELE G. DE MORAIS ¹ , FRANCIELI DALCANTON ¹ , CAROLINA C. REICHERT ¹ , ANDREI J. DURANTE ¹ , JORGE A. V. COSTA ^{1*} , LUÍS F. F. MARINS ²	20
COMMUNICATION TO THE INTERNATIONAL COMMITTEE ON BACTERIOLOGICAL NOMENCLATURE.....	22
RIPLEY D. FOX.....	22
SCIENCES Biotechnologie.....	23
ADAPTATION DES SOUCHES DE SPIRULINE DU SUD DE MADAGASCAR A LA CULTURE EN EAU DE MER	25
TSARAHEVITRA JARISOA ¹ , LOÏC CHARPY ² , NARDO VICENTE ³ , MARIE-JOSE LANGLADE ²	25
ESSAIS DE CULTURE DE LA SPIRULINE AU DOMAINE DE MEJANES (CAMARGUE).....	28
R. RAKOTOARISOA ¹ , A. RIVA ² ET N. VICENTE ^{1,2}	28
NOVEL AND HIGH PRODUCTIVITY PHOTOBIOREACTOR, SPECIFICALLY DESIGNED FOR THE COMMERCIAL PRODUCTION OF CYANOBACTERIUM <i>SPIRULINA</i> , GREEN ALGA <i>HAEMATOCOCCUS</i> AND OTHER PHOTOPHILIC MICROALGAE IN GENERAL.....	36
MIAO JIAN REN	36
<i>SPIRULINA PLATENSIS</i> BIOACTIVE COMPOUNDS ON RICE TISSUE METABOLISM	40
G. ZULPA, M. STORNI, M. CATALÁ, A.M. STELLA AND M.C. ZACCARO	40
MINERALS REQUIREMENT FOR <i>SPIRULINA PLATENSIS</i> (<i>A. PLATENSIS</i> PCC 8005) GROWTH BY ICP-ES DETERMINATION AND CONTINUOUS CULTURES.....	42
GUILLAUME COGNE ¹ , BERND LEHMANN ² , CLAUDE-GILLES DUSSAP ¹ , JEAN-BERNARD GROS ¹	42
<i>ARTHROSPIRA PLATENSIS</i> : RESEAU METABOLIQUE ET CALCUL DE FLUX EN PHOTOAUTOTROPHIE.....	45

GUILLAUME COGNE, JEAN-BERNARD GROS.....	45
LYNBYA MAJUSCULA : UNE SOURCE POTENTIELLE DE COMPOSES AUX PROPRIETES ANTIFOULING.....	47
ROBERT VALLS ¹ , CLAIRE HELLIO ² , GERALD CULIOLI ³ ET LOUIS PIOVETTI ³	47
MODELE DE SIMULATION DE PRODUCTION DE SPIRULINE : DEMONSTRATION ET VALIDATION PAR COMPARAISON AVEC DES RESULTATS D'EXPLOITATION	49
FRANÇOIS HALDEMANN ¹ & JEAN-PAUL JOURDAN ²	49
NUMERICAL OPTIMIZATION OF BIOMASS CONCENTRATION OF THE CYANOBACTERIUM SPIRULINA PLATENSIS IN AN OPEN SYSTEM USING MANGUEIRA LAGOON WATER AS CULTURE MEDIUM.....	52
LIANE BACELO ¹ , JORGE. A. V. COSTA ^{1*} , LUIZ. A. O. ROCHA ² , GEORGE. STANESCU ³	52
REPEATED FED-BATCH CULTIVATION OF SPIRULINA PLATENSIS IN A CLOSED PHOTOBIOREACTOR.....	54
CHRISTIAN OLIVEIRA REINEHR ¹ , JORGE ALBERTO VIEIRA COSTA ^{2*}	54
CULTURE OF SPIRULINA PLATENSIS USING SYNTHETIC SWINE WASTEWATER	57
TANISE B. P. BERTOLIN ¹ , TELMA E. BERTOLIN ¹ , LUCIANE M. COLLA ¹ , MARCELO HEMKEMEIER ¹ , JORGE A. V. COSTA ^{2*}	57
MIXOTROPHIC GROWTH OF SPIRULINA PLATENSIS WITH GLUCOSE IN FED-BATCH CULTIVATION	60
LUCIANE M. COLLA ¹ , PATRÍCIA C. MOSELE ¹ , ADRIANA M. DOMÍNGUES ¹ , TELMA E. BERTOLIN ¹ , JORGE A. V. COSTA ^{2*}	60
PURIFICATION OF SPIRULINA PLATENSIS PHYCOCYANIN	63
LORENA A. SILVA ¹ , SILVANA T. SILVEIRA ¹ , CARLOS A. V. BURKERT ¹ , JANAÍNA F. M. BURKERT ¹ , JORGE A. V. COSTA ² , SUSANA J. KALIL ^{1*}	63
OPTIMIZATION OF PHYCOCYANIN EXTRACTION FROM SPIRULINA PLATENSIS	65
S. T. SILVEIRA ¹ , L. A. SILVA ¹ , C. A. V. BURKERT ¹ , J. F. M. BURKERT ² , J. A. V. COSTA ² , S. J. KALIL ^{*1}	65
OPTIMIZATION OF SPIRULINA PLATENSIS PRODUCTION IN OPEN RACEWAY PONDS UNDER SEMICONTINUOUS CULTIVATION	67
CHRISTIAN OLIVEIRA REINEHR ¹ , JORGE ALBERTO VIEIRA COSTA ^{2*}	67
GROWTH OF SPIRULINA PLATENSIS UNDER COMBINED ULTRAVIOLET LIGHT (UV-A, B AND C) OR UV-A ONLY	70
FILGUEIRA, D. M. V. B ¹ , PINTO, M. H. ² , COSTA, J. A. V. ² & TRINDADE, G. S. ¹	70
MIXOTROPHIC CULTIVATION OF SPIRULINA PLATENSIS IN DIFFERENT PHOTOBIOREACTOR CONFIGURATIONS.....	72
MICHELE R. ANDRADE ¹ ; ELISANGELA M. RADMANN ¹ ; VANESSA S. CERQUEIRA ¹ ; ADRIANO S. ARRUDA ¹ ; JANAÍNA F. M. BURKERT ¹ ; JORGE A. V. COSTA ^{1*}	72
CULTURES industrielles	75
INDUSTRIAL AND SEMI INDUSTRIAL PRODUCTION OF SPIRULINA, THIRD WORLD POTENTIAL (MODULAR SYSTEMS).....	77
A. AYALA ¹ , G. MANETTI ¹ , R. BURGOS ¹ & F. AYALA ^{1,2}	77
INDUSTRIAL LARGE-SCALE CULTURE OF SPIRULINA SP. FOR THE PRODUCTION OF MICROALGAE BIOMASS AND HIGH ADDITIVE VALUE PRODUCTS IN GREEK ARID SEACOASTS. A RESEARCH PROJECT.....	82
T.G. SOTIROUDIS ¹ , E.T. NERANTZIS ² , C. DELIYANNIS ¹ AND G. KARYDAKIS ³	82
PRODUCTION DE SPIRULINE EN INDE	84
THOMAS SEBASTIAN.....	84

PRODUCTION INDUSTRIELLE EN EQUATEUR.....	86
HALDEMANN FRANÇOIS	86
LA PRODUCTION DE PHYTOPLANCTON : L'EXPERIENCE DE LA SOCIETE MICRO ALGUES PROVENCE	88
OLIVIER LIGNON	88
SANTE Malnutrition	89
STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LES CARENCES EN MICRONUTRIMENTS, EN PARTICULIER EN FER, DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT.....	91
JACQUES BERGER	91
EVALUATION DE L'EFFICACITE DE LA SUPPLEMENTATION EN SPIRULINE DU REGIME HABITUEL DES ENFANTS ATTEINTS DE MALNUTRITION SEVERE	101
DR HERBERT DEGBEY, DR BOUREIMA HAMADOU, DR HABOU OUMAROU	101
LA SPIRULINE, UNE REPOSE A LA MALNUTRITION EN INDE	106
DENIS VON DER WEID.....	106
SANTE Fonctions cliniques.....	109
<i>SPIRULINA</i> RICH IN AIDS-ANTIVIRAL SULFOLIPIDS	111
KIET PHAM QUOC ¹ AND HUBERT DURAND-CHASTEL ²	111
LA SPIRULINE (<i>ARTHROSPIRA</i>) PEUT-ELLE AIDER DANS LE COMBAT CONTRE LE SIDA/HIV ?	118
AMHA BELAY	118
RECHERCHES SUR LES APPLICATIONS ET FONCTIONS CLINIQUES DE LA SPIRULINE EN CHINE	120
JIAN-HONG LI	120
THE EFFECTS OF A HIGH CHOLESTEROL DIET, WITH OR WITHOUT SUPPLEMENTATION WITH SPIRULINA PLATENSIS, ON THE LEVELS OF CHOLESTEROL, TRIGLYCERIDES AND HIGH-DENSITY LIPOPROTEIN CHOLESTEROL IN RABBITS.....	121
LUCIANE MARIA COLLA ¹ , ANA LUIZA MUCCILLO-BAISCH ² , JORGE ALBERTO VIEIRA COSTA ^{3*}	121
DIFFERENCES IN THE SENSIBILITY OF MULTI-DRUG RESISTANT (MDR) AND NON-MDR HUMAN TUMOR CELLS TO DIFFERENT CONCENTRATIONS OF <i>SPIRULINA PLATENSIS</i>	124
LOPES, T.M. ¹ ; COSTA, J.A.V. ² ; TRINDADE, G.S. ¹	124
DEVELOPMENT OF FOODS ENRICHED WITH THE CYANOBACTERIUM <i>SPIRULINA PLATENSIS</i> ...	126
GLORIA C. DOS SANTOS ¹ , JORGE A. V. COSTA ^{1*}	126
DEVELOPPEMENT Histoire	129
HISTORY OF THE SPIRULINA	131
HUBERT DURAND-CHASTEL * ET RIPLEY FOX.....	131
LES CYANOBACTERIES POUR LA SANTE, LA SCIENCE ET LE DEVELOPPEMENT	133
DR. RIPLEY D. FOX	133
UTILISATION TRADITIONNELLE DE LA SPIRULINE (<i>ARTHROSPIRA</i> SP.) AU TCHAD	135
DR MICHEL BROUERS	135
DEVELOPPEMENT Cultures artisanales et humanitaires.....	141
CULTURES ARTISANALES DE SPIRULINE DANS LE TIERS MONDE POUR LUTTER CONTRE LA MALNUTRITION	143
CLAUDE DARCAS	143
SPIRULINE HUMANITAIRE DANS LES P V D : PENSER AU LENDEMAIN	151

PIERRE ANCEL	151
LA SPIRULINE À MADAGASCAR	157
RAVELO VOLOLONAVALONA	157
PRODUCTION SEMI-INDUSTRIELLE ET HUMANITAIRE.....	163
PHILIPPE CALAMAND	163
UPS : UNITE DE PRODUCTION DE SPIRULINE DU CREDESA A PAHOU (BENIN)	164
ROGER ADOUNKE	164
LA FERME DE SPIRULINE DE KOUDOUGOU	167
DENISE OUDRAOUGO.....	167
SPIRULINE AU MALI (TACHARANE) 2004	168
LIBER'TERRE.....	168
SPIRULINE HUMANITAIRE AU TOGO	170
ASSOCIATION SVP.....	170
LA SPIRULINE POUR TOUS	172
GILLES PLANCHON	172
FORMATION et SYNTHESE.....	175
LA FORMATION A LA PRODUCTION ARTISANALE DE SPIRULINE DANS UN CENTRE DE FORMATION DEPARTEMENTAL DU MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE –FRANCE 	177
GILLES GRILLET ET CLAUDE VILLARD	177
SYNTHESE DU COLLOQUE SUR LES CYANOBACTERIES.....	180
LOÏC CHARPY ¹ , MARIE JOSE LANGLADE ¹ , NARDO VICENTE ²	180
ADRESSES des participants.....	187
LES PARTICIPANTS	189