

Sommaire

1.	Introduction.....	1
1.1	Etudes et travaux antérieurs sur le dihé	1
1.2	Brève présentation du Projet Pilote de Développement de la Filière « dihé » au Tchad.....	2
2.	Cadre méthodologique	3
3.	Résultats.....	3
3.1	Estimation de la production annuelle de dihé au Tchad	3
3.2	Les procédés traditionnels et améliorés de dihé.....	5
	Tableau 3. Caractéristiques hygiéniques des dihés traditionnels et améliorés	6
3.3	Caractéristiques microbiologiques des dihés traditionnels et améliorés.....	6
	Echantillons.....	7
	Types de microorganismes	7
3.4	Caractéristiques toxicologiques des dihés traditionnel et amélioré	7
3.5	Caractéristiques chimiques et nutritionnelles des dihé traditionnels et améliorés.....	8
3.6	La filière commerciale de dihé.....	10
3.7	Renforcement des capacités	11
4.	Conclusion et recommandations	12
5.	Références bibliographiques	13

1. Introduction

1.1 Etudes et travaux antérieurs sur le dihé

Le « Dihé » est le nom local *d'une algue ou d'un ensemble d'algues qui appartiendraient probablement au genre SPIRULINE (Arthrospira platensis)* au Tchad. Le produit et l'espèce qui poussent en quantité importante dans le Kanem et le Lac-Tchad, véhiculent une pratique traditionnelle de récolte, de vente et de consommation unique au monde.

Les premières études au Tchad consacrées à cette algue remontent à 1940, année, où l'algologue DANGEARD décrivait dans une communication l'existence d'un produit appelé dihé (spiruline séchée traditionnellement) chez les pays kanembous. Ce produit en forme de galette est collecté dans les mares de la région par les femmes. Il est consommé régulièrement par les populations riveraines.

Une vingtaine d'années plus tard, le Botaniste LEONARD (1967) fait la découverte de l'espèce d'algue existante et fait analyser le produit qui émerveillait le monde par sa teneur élevée en protéine (65% de la matière sèche). Depuis cette date, plusieurs études ont été faites parmi lesquelles les travaux de Jardin (1968), Avram A. et al (1968), Iltis (1969-1975), Compère (1977), Delpuech et al (1976) etc., portant essentiellement sur la description de la spiruline, les conditions de croissance ainsi que le mode de consommation. Ces travaux très anciens méritent donc d'être actualisés.

Plus récemment en 1988 au Tchad, Le BIEP (Bureau Interministériel d'Etude et de Programmation) a réalisé une étude portant sur le développement de la spiruline dans la région du Kanem- Lac. En 2000-2006, La Société du Développement du Lac (SODELAC), Tractebel Consult et Cubia ont mené conjointement une étude de pré-faisabilité sur le développement de la spiruline au Tchad. En 2004, l'Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD) en collaboration avec la Fondation Internationale pour la Science (IFS) ont mené une étude sur le dihé dans le cadre d'un projet de recherche (Bourse de Recherche) intitulé « La spiruline au Tchad : Etude préliminaire de l'influence des procédés traditionnels de transformation et de séchage ».

Dans son livre intitulé « **le Futur est un ancien Lac** » paru en 2006, la FAO a consacré un chapitre sur le dihé, son environnement ainsi que son rôle sur le plan de la sécurité alimentaire et de développement économique. En 2005-2006, une étude de faisabilité du projet GCP/INT/952/EC-CHD a été menée par la FAO. Cette dernière étude a permis l'instruction et la mise en œuvre depuis 2007, du projet GCP/CHD/029/EC « Projet Pilote de Développement de la filière dihé au Tchad ». Ce projet financé par la Commission Européenne a pour objectif global, l'Amélioration de la sécurité alimentaire au Tchad par la contribution à la mise en œuvre du Programme National de Sécurité Alimentaire (PNSA) et la lutte contre la pauvreté en milieu rural par l'amélioration des conditions de vie des populations vulnérables (femmes et jeunes). Ce projet premier du genre au Tchad pour la valorisation de dihé vise comme objectif spécifique, l'amélioration de la qualité de la production du Dihé, la promotion de la filière commerciale du produit et le renforcement des capacités des productrices de dihé

1.2 Brève présentation du Projet Pilote de Développement de la Filière « dihé » au Tchad

Le « Projet Pilote de Développement de la Filière « dihé » au Tchad » s'inscrit dans la Convention cadre CE/FAO elle-même inscrite dans l'accord de Coopération Tchad - Union européenne. Le projet est financé par l'Union Européenne sur Fonds STABEX. Le montant de ce financement est de 1 419 410 EURO. La durée totale de l'action est de 42 mois. La Maîtrise d'ouvrage est assurée par le Ministère de l'Economie et du Plan. La Maîtrise d'œuvre est quant à elle assurée par le Ministère de l'Agriculture. Le Maître d'œuvre délégué est l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO).

L'objectif global du projet est l'amélioration de la sécurité alimentaire au Tchad par la contribution à la mise en œuvre du Programme National de Sécurité Alimentaire (PNSA) et la lutte contre la pauvreté en milieu rural par l'amélioration des conditions de vie des populations vulnérables (femmes et jeunes). Les objectifs spécifiques du projet sont : l'amélioration de la qualité de la production du Dihé, la promotion de la filière commerciale du produit, le renforcement des capacités des productrices de dihé et l'Amélioration de l'approvisionnement en eau potable et des conditions de réalisation du petit élevage, du maraîchage ainsi que des activités génératrices de revenus.

Sur le plan opérationnel, le projet appuie la population vulnérable de la région du Lac et Kanem estimée à environ 560 900 habitants dont 1 000 femmes productrices du Dihé considérées comme population cible directe du projet. Ces femmes exploitent 15 sites de production de dihé dont 10 sites dans le Lac et 5 sites au Kanem.

Pour la mise en œuvre de l'action, la FAO s'appuie sur une approche participative. Ainsi, plusieurs institutions participent à la mise en œuvre de ce projet. Il s'agit entre autres de :

- *La Société de Développement du Lac (SODELAC)* qui assure l'appui conseil au bénéfice des populations rurales dans le cadre de l'animation des activités dans les 10 sites du projet retenus de la région du Lac.
- *L'Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD)* qui réalise des analyses physicochimiques, nutritionnelles et microbiologiques du dihé et conseille en technologie alimentaire

- *L'Office National de Développement Rural (ONDR) qui assure l'appui conseil au bénéfice des populations rurales dans le cadre de l'animation des activités dans les 5 sites du projet retenus de la région du Kanem*
- *L'Institut National de Recherche pour les Aliments et la Nutrition (INRAN) qui réalise des analyses physico chimiques, nutritionnelles et toxicologiques de dihé*
- *L'ONG « Chibina » qui assure un travail en termes d'appui au développement de la filière dihé. Le but est d'améliorer le conditionnement et la commercialisation du Dihé grâce au choix des technologies performantes et adaptées.*
- *L'UNICEF et l'OMS qui n'interviennent pas directement dans cette phase pilote pourront intervenir dans la réalisation de la composante additionnelle 2 visant la diffusion du Dihé à des fins nutritionnelles notamment en direction des enfants en situation de malnutrition.*
- *Le PAM qui dans son programme « food for work » appuie déjà certains groupements par l'aménagement des ouadis, pourra continuer à appuyer et inciter les productrices à augmenter la surface d'eau pour permettre une hausse de production.*
- *Le Centre National Nutritionnel et des Techniques Alimentaires (CNNTA) aura comme mandat principal d'effectuer des tests d'acceptabilité auprès des femmes dans les centres sociaux à N'Djaména et de mettre en place un protocole de suivi médical sur des patients. Ces tests permettront de connaître si le Dihé pourra avoir un effet de pénétration rapide dans les habitudes des mères allaitantes.*

La présente publication porte sur quelques résultats du projet notamment ceux relatifs à la production et la qualité de dihé, la commercialisation ainsi que le niveau d'organisation des productrices de dihé.

2. Cadre méthodologique

Pour la mise en œuvre du projet, la FAO s'appuie sur une approche participative basée sur un partenariat fort entre la recherche, les organisations des producteurs, les ONG et les institutions étatiques d'encadrement et de formation.

La production et la qualité de dihé ont été évaluées, principalement à travers des enquêtes et des tests issus des nouvelles technologies de récolte, de séchage et de conditionnement de dihé. Les bonnes pratiques de fabrication (BPF) et les bonnes pratiques d'hygiène (BPH) ont permis d'optimiser la qualité technologique et hygiénique des produits. D'autre part, les analyses physicochimiques, nutritionnelles et toxicologiques de dihé réalisés par l'INRAN et l'ITRAD, deux partenaires du projet, ont permis de déterminer la qualité des différents produits élaborés. Les enquêtes, les journées portes ouvertes, les stratégies de marketing etc., ont permis de promouvoir la filière commerciale du produit.

3. Résultats

3.1 Estimation de la production annuelle de dihé au Tchad

La production totale de dihé dans 14 ouadis appuyés par le projet est estimée à environ 388,8 tonnes par an. Cette production représente 4,8% de la production mondiale (8000 T) de la spiruline ; Elle dépasse largement celle des 45 fermes artisanales d'Afrique qui totalisent 18 tonnes de spiruline par an (Loic Charpy et al, 2008). La durée de production de dihé par an varie d'un ouadi à un autre et d'une région à une autre. Elle se situe entre 0-6 mois par an. A noter que la production actuelle de dihé au Tchad reste sous estimée du fait du manque de données sur d'autres ouadis non encore répertoriés et qui

présenteraient des potentiels importants de production. Plusieurs ouadis sont asséchés ou en voie d'assèchement. C'est le cas des ouadis du Kanem où la production de dihé est presque nulle.

Tableau 1 : Estimation de la production annuelle de dihé dans 14 ouadis.

Fig 1 : Zone de production de dihé au Tchad¹

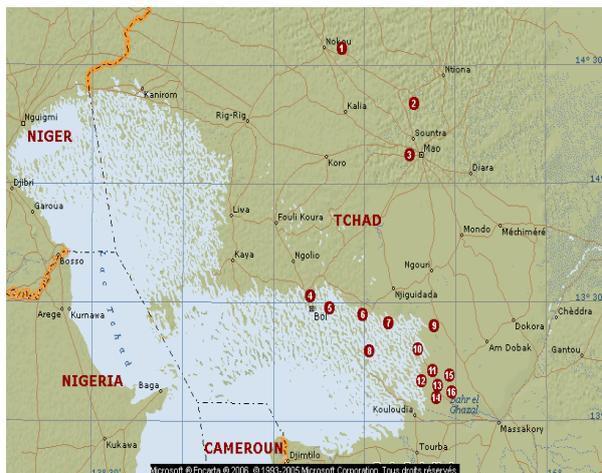
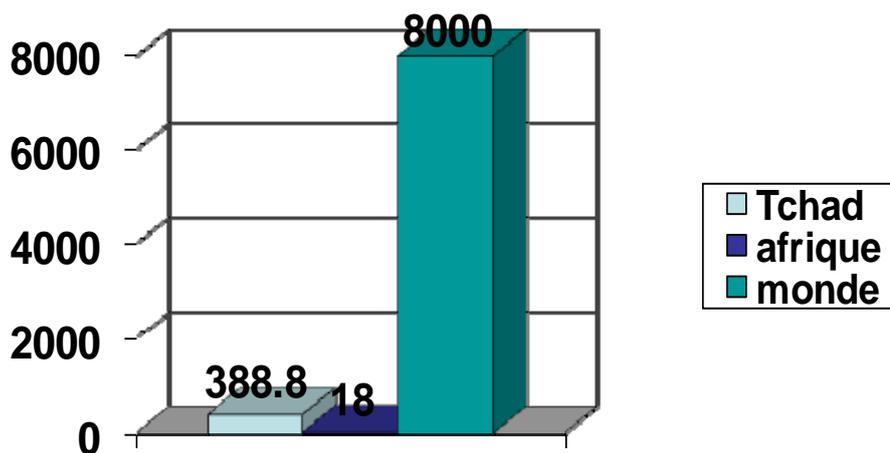


Fig 2 : récolte de dihé à Barkadressou (Kanem)



Nom du ouadi concerné	Nombre de femmes	Production moyenne de dihé par femme par jour (kg)	Durée de production (jours)	Estimation de la quantité de dihé traditionnel produit par an (tonne)
Région du Lac				
Brandji	92	4,5	180	74,52
Artomossi	43	4	180	30,96
Konorom	21	5	120	12,6
Babouroura	62	4,5	150	41,85
Kadassara	73	5	150	54,75
Houno	92	0	0	0
Bodou Andja I	62	4	120	29,76
Bodou Andja II	30	4	120	14,4
Bartoukouliti	63	4,5	120	34,02
Région du Kanem				
barkadressou	468	1,5	120	86,94
Touffou	200	1,5	30	9
Rombou	74	0	0	0
Mao youlo	155	0	0	0
woutoukoulfou	146	0	0	0
Total	1581			388,8

Fig 3 : Estimation de la production annuelle de dihé (en tonne) au Tchad en comparaison avec la production de la spiruline en Afrique et dans le monde



¹ D'après la SODELAC/TRACTEBEL, 21 sites de production de Dihé existent dans le Lac-Tchad et le Kanem. Le projet pilote a lieu sur 15 sites (10 sites au Lac et 5 sites au Kanem)

3.2 Les procédés traditionnels et améliorés de dihé

Le procédé traditionnel de dihé comprend deux étapes principales à savoir le ramassage et le séchage de dihé à même le sol : *Les femmes pénètrent dans l'eau et le ramasse à l'aide de tasses et de bassines. Le produit récolté est directement transvasé dans les cuvettes de sables qui au fil du temps absorbent l'eau. Le produit dont l'épaisseur peut varier entre 5-8 cm devient sec au bout de deux à trois jours (tableau 2).* Cette pratique conduit à l'obtention d'un produit avec plusieurs types d'impuretés (tableau 3). La présence de sable (plus de 30%), de vers vivants, de débris de végétaux, d'animaux et d'insectes accentuent les vecteurs de transmission des germes et peuvent entraîner des infections alimentaires. La présence de ces impuretés affecte aussi négativement la qualité marchande du produit. Aussi, du fait de la présence de sable, les consommateurs sont obligés de bouillir le dihé avant toute consommation. A noter que le dihé traditionnel est consommé sous forme de 4 types de sauce déjà repertoriés: la sauce nature ainsi que la sauce à base de haricot, de poisson séché et de viande (d'après Sorto, 2003). La préparation culinaire de ces sauces prend énormément de temps et implique une série de cuisson (2-3 cuissons) pouvant occasionner des pertes en nutriments notamment de vitamines et de protéines sensibles à la chaleur. Pour pallier à ce problème, le projet a mis au point un procédé simple, accessible aux bénéficiaires et qui consiste à utiliser du matériel et des équipements locaux pour la récolte, le séchage et l'emballage de dihé. Les principales étapes constituant ce procédé sont : *La récolte, le tamisage/filtration, la pré-concentration, l'extrusion, le séchage, le broyage et l'emballage (tableau 2).* Les produits obtenus à l'issue de cette technique (dihé en poudre, dihé en spaghetti, dihé en cake et dihé en gélule) sont dépourvus de sable, et d'impureté. La couleur des différents produits est proche de dihé frais (bleu-vert). Un des avantages de ce type de produits est que ceux-ci peuvent être consommés frais ou sec sans passer par la cuisson, d'où une meilleure conservation des éléments nutritifs

Tableau 2 : Procédés traditionnels et « améliorés » de dihé

procédé traditionnel				Procédé « amélioré »			
Étapes	procédé	Matériels utilisés	Durée	Étapes	procédé	Matériels utilisés	durée
récolte	Les femmes pénètrent dans l'eau et ramassent le dihé à l'aide de tasses et de bassines	Seaux, tasses	5-15 mn	récolte	Les femmes pénètrent dans l'eau et ramassent le dihé à l'aide de tasses et de seaux en plastique	Tasses en inox, seaux en plastique, gants	5 -15 mn
				Tamisage /filtration	Le dihé récolté est transvasé dans un tamis de maille 5mm qui retient les grosses et moyennes impuretés. La solution est ensuite récupérée dans un deuxième tamis de maille 600µm qui retient la spiruline et laisse passer une grande partie de l'eau	Tamis mailles 5mm, 400 µm, 600µm	5mn
				Pré-concentration	La spiruline tamisée est récupérée dans un tissu tergal puis ensuite pressée à la main. Une grande partie de l'eau est évacuée à l'issue de ce pressage et on obtient de la spiruline sous forme de boule	Tissu tergal	30mn
				extrusion	Le produit obtenu sous forme de boule est mis dans une extrudeuse et l'on procède à l'extrusion. On obtient ensuite de la spiruline ou dihé sous forme de spaghetti ou cake	extrudeuse	10mn
séchage	Le dihé récolté est directement transvasé dans les cuvettes de sables qui au fil de temps absorbent l'eau. Le produit dont l'épaisseur peut varier entre 5-8 cm devient sec au bout de deux à trois	sable	72-96 h	séchage	Les spaghetti et cakes sont étalés sur des claies puis ensuite séchés dans les séchoirs solaires dont la partie supérieure est en tôles translucides. Tous les quatre cotés du séchoir sont en grillage pour éviter la contamination par les insectes et la poussière. Le produit devient sec au	Séchoir solaire	4-5 heures

jours

bout de 4-5 heures.

broyage

Le dihé séché est broyé et on obtient un produit en forme de poudre

broyeur

10 mn

Tableau 3. Caractéristiques hygiéniques des dihés traditionnels et améliorés

Désignation	Forme	Sable	Autres impuretés
Dihé traditionnel (ITRAD, 2006, 2008)	galette	30%	Présence de verts vivants, plumes d'oiseaux, débris de végétaux, débris de nattes en plastique, sable incorporé dans les plaquettes, de restes de feuilles de rônier ; Présence de coquilles.
Dihé amélioré (ITRAD, 2006, 2008)	Poudre, spaghetti, cake, gélule	trace	traces

fig 2 : Dihés traditionnels



Fig 3 : dihés améliorés



3.3 Caractéristiques microbiologiques des dihés traditionnels et améliorés

Les résultats d'analyse microbiologique effectués sur les dihés traditionnels et améliorés, montrent que la flore globale est prépondérante aussi bien dans le dihé traditionnel (2.10^5) que dans le dihé amélioré (10^5). Ces résultats répondent aux normes établies par les fermes aux USA (flore globale $< 1 \times 10^6$) et en Suède (flore globale $< 1 \times 10^7$) (<http://www.spirulinasource.com/earthfoodstan1.html>). Par contre la présence de coliformes totaux dans le dihé traditionnel confirme la précarité des conditions de récolte et de séchage de dihé traditionnel. Ces valeurs ne répondent à aucune norme établie par les fermes aux USA, France, Japon ou Suède. L'absence de coliformes fécaux est le résultat de l'absence de matières fécales dans les dihés traditionnel et amélioré. Ces valeurs sont conformes aux normes internationales. Les lactobacillus présents dans le dihé traditionnel sont les résultats d'un début de fermentation de dihé en raison de mauvaises conditions de séchage et de conservation.

Tableau 4 : Caractéristiques microbiologique des dihés traditionnels et améliorés

Echantillons	<i>Types de microorganismes</i>				
	Flore globale	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Lactobacillus	Levures et moisissures
Dihé traditionnel (ITRAD, 2006, 2008)	2.10 ⁵	2.4 10 ³	0	2. 10 ³	1.3 10 ²
Dihé amélioré (ITRAD, 2006, 2008)	10 ⁵	0	0	0	0
Spiruline (http://www.spirulinasource.com/earthfoodstan1.html)	USA < 2x10 ⁵	négatif	négatif		< 100 /g (moisissures) < 40 /g (levures)
Spiruline (http://www.spirulinasource.com/earthfoodstan1.html)	Japon < 5x10 ⁴	négatif	négatif		< 100 /g (moisissures) < 40 /g (levures)
Spiruline (http://www.spirulinasource.com/earthfoodstan1.html)	France < 1x10 ⁵	< 10			
Siruline suedehttp://www.spirulinasource.com/earthfoodstan1.html	< 1x10 ⁷	< 100			< 1000 /g (moisissures)

3.4 Caractéristiques toxicologiques des dihés traditionnel et amélioré

Le tableau 5 indique les concentrations moyennes en éléments d'intérêt toxicologique trouvés dans le dihé traditionnel et amélioré en comparaison avec d'autres résultats de recherches menées sur d'autres souches de spiruline. Ces résultats montrent que les contenus en cadmium, plomb et chrome dans le dihé amélioré sont légèrement inférieurs aux contenus trouvés dans le dihé traditionnel. La quantité en cadmium et plomb dans les dihés traditionnel et amélioré (0,21-0,28 mg/kg) est inférieure aux « guidelines » établis par les fermes en Inde (1,0 mg/kg) et Mexique (0,5 mg/kg). Ils sont cependant supérieurs aux « guidelines » établis par les fermes aux USA (< 0,05 mg/kg) et Japon (0,05 mg/kg). D'après Becker (2004), il n'existe pas encore de normes officielles sur les teneurs en métaux lourds pour les produits d'origine micro algale. Beaucoup de fermes ont établi leur propre « guidelines » (Boudene, 1975 ; Belay, 1997 ; Torres-Duran, 1998).

En comparaison avec d'autres produits alimentaires pour lesquels il existe des normes, il se trouve que le contenu en cadmium dans les dihé (0,21-0,28 mg/kg) est inférieur aux limites maximales (LM) établies pour le riz (0,4 mg/kg), les mollusques marins bivalves (2 mg/kg) et le sel de qualité alimentaire (0,5mg/kg) (D'après Codex Stand, 193-1995). Il en est de même pour la teneur en plomb qui se situe entre 0,68 -0, 8 mg/kg pour le dihé amélioré et 1mg/kg (comme limite maximale) pour les confitures de fruits, les mandarines en conserves et les mangues en conserve (Codex Stand, 193-1995). Par contre, les contenus en Cadmium et Plomb dans les dihés dépassent légèrement les limites de la Loi CEE en vigueur pour les légumes qui sont de 0,2 mg/kg pour le cadmium et 0,3 mg/kg pour le Plomb.

Il est toutefois nécessaire de noter que pour évaluer le danger potentiel d'un aliment, on doit tenir compte de la quantité consommée et de la fréquence de consommation. Ainsi, sur la base d'enquêtes réalisées sur la consommation de dihé par personne au Tchad et qui se situe entre 10 g et 15 g de dihé /personne, (Delpeuch, 1974 ; Sorto, 2003) et sur la base d'analyses réalisées par INRAN dans le cadre du présent projet, on peut émettre l'hypothèse qu'une personne consommant par jour entre 10-15 g de dihé peut en moyenne ingérer 0,0024 mg de cadmium par jour et 0,011 mg de plomb par jour. Pour une fréquence de consommation par semaine située entre 4-5 j, les quantités du cadmium et plomb supposées consommées par une personne pendant toute la semaine sont respectivement de 0, 0096 mg et 0,044 mg.

Tableau 5 : Eléments d'intérêt toxicologique dans les dihé traditionnels et améliorés et d'autres souches de spiruline.

designation	Cadmium (mg/kg s.s)	Plomb (mg/kg s.s)	Nickel (mg/kg s.s)	Chrome (mg/kg s.s)	Arsenic (mg/kg)	Mercuré (mg/kg)
Dihé traditionnel (INRAN, 2008)	0,27-0,28	0,98-1,63	12,88-19,55	5,41-6,68	-	-
Dihé amélioré (INRAN, 2008)	0,21-0,26	0,68-0,80	15,60-16,09	4,24-4,84		
USA (Belay, 1997)	<0,05	<1,0	-	-	<1,0	<0,05
India (Torres-Duran, 1998)	1,0	2,5	-	-	1,1	0,1
Mexico (Boudene et al, 1975)	0,5	5,1	-	-	2,9	0,5
Japan (Dainipon Inc,)	<0,05	<1,0	-	-	<1,0	<0,05

3.5 Caractéristiques chimiques et nutritionnelles des dihé traditionnels et améliorés.

Les résultats d'analyse chimique et nutritionnelle montrent que les dihés améliorés et traditionnels sont des aliments très riches en protéines (plus de 60% de la matière sèche, tableau 6). Cette valeur correspond bien aux standards définis dans plusieurs pays (USA, France, Japon etc.) en ce qui concerne la teneur en protéine de la spiruline. Comparé à d'autres produits d'origine animale ou végétale, la teneur en protéines de la spiruline est 6 fois supérieure à celle contenue dans la viande et 2 fois supérieure à celle contenue dans la farine de soja.

La teneur en lipides des dihés se situe également dans la marge des valeurs trouvées par d'autres auteurs. D'après Emile M. Gaydou, la fraction lipidique (6-8%) se caractérise par un bon équilibre acide gras saturés/acides gras poly insaturés

La teneur en cendres des dihé traditionnels et améliorés se situe entre 6.2% et 21, 5%. SOSA Texcoco, S.A Mexique a trouvé des valeurs inférieures (6.4-9.0%) pour la spirulina Maxima (getleri). Leonard a trouvé une valeur de 3% pour le dihé.

La faible teneur en eau trouvée dans les dihés améliorés et traditionnels (2,4-6,7%) constitue un atout pour la conservation et le stockage des produits. Ces valeurs sont similaires à celles établies par plusieurs fermes : SOSA Texcoco S.A Mexique a déterminé pour la *spirulina Maxima* (getleri) une valeur en eau se situant entre 4-7%, alors que Earthrise farms (USA) et Dianippon ink and chemical (Japon) ont défini une valeur inférieure à 7% considérée comme le standard et le critère d'acceptation pour la teneur en eau des spirulines

Tableau 6 Caractéristiques chimiques et nutritionnelles des dihé traditionnels et améliorés

désignation	Teneur en eau (%)	Teneur en cendre (%ss)	Protéines totales (%ss)	Lipides totaux (%ss)
Dihé traditionnel (INRAN, 2008)	2,4-6,2	13,6-14,4	60,6-61,4	5,5-5,7
Dihé amélioré (INRAN, 2008)	6,3-6,7	14,1-21,5	56,6-60,6	4,5-5,9
Dihé amélioré (ITRAD, 2008)	3,4-5,9	6,2-10,9	63,3-69,4	4,02-4,4

Les dihés traditionnels et améliorés constituent des sources importantes d'éléments minéraux. Les éléments présents les plus importants sont le potassium, le sodium, le phosphore, le fer, le calcium et le magnésium (tableau 7). La teneur en fer du dihé (en moyenne 2740 mg/kg) est très élevée soit 10 fois plus que le fer contenu dans les céréales complètes et qui sont classées parmi les meilleures sources de fer. Des études ont montré que le fer de la spiruline est mieux absorbé que celui de la viande (Puyfouloux 2001, J. Falquet, 2006).

Tableau 7 : Eléments minéraux principaux contenus dans les dihés traditionnels et « améliorés »

designation	Ca (mg/100g s.s)	Fe (mg/100g s.s)	Mn (mg/100g s.s)	P (mg/100g s.s)	Zn (mg/100g s.s)	Na (mg/100g s.s)	K (mg/100g s.s)	Mg (mg/100g s.s)	Cu (mg/100g s.s)
Dihé traditionnel (INRAN, 2008)	222-333	228-321	7,7-10,6	596-639	0,54-0,94	1484-2117	1910-2283	233-239	0,18-0,61
Dihé amélioré (INRAN, 2008)	213-274	246-286	8,2-9,9	595-617	1,0-1,04	1484-1493	1866-1916	231-240	0,15-0,18
Spiruline (Falquet, 2006)	130-1400	60-600	2,5-3,7	670-900	2,1-600	450	640-1540	200-400	-

Les résultats d'analyses de la teneur en acides gras montrent que le dihé constitue une source importante d'acides gras (tableau 8) qui sont les précurseurs des prostaglandines, des leukotriènes et de thromboxanes, eux-mêmes véritables médiateurs chimiques des réactions inflammatoires et immunitaires. La spiruline peut être considérée comme l'une des meilleures sources connues d'acide gamma-linolénique, après le lait humain et quelques huiles végétales peu courantes (Ciferri, 1983). A noter que l'acide gamma linoléique qui peut être directement assimilé avec profit en cas de trouble ou d'insuffisance de sa synthèse endogène reste un acide rare dans les aliments courants. On considère que chez l'homme, les besoins en acides gras essentiels sont de 1 ou 2% des calories alimentaires pour l'adulte et de 3% pour les enfants (Man.Merck, 1994; Pascaud, 1991).

Les présentes analyses effectuées sur le dihé portent essentiellement sur le 2^{ème} groupe des acides gras essentiels (oméga-6). Il est important d'analyser les autres acides notamment ceux appartenant au groupe oméga-3 ; Cela permettra d'avoir une idée sur le rapport oméga-6 /oméga-3.

Tableau 8 : Acides gras contenus dans les dihés traditionnels et « améliorés »

designation	C12:0 Acide laurique (g/100g s.s)	C12:0 Acide palmitique (g/100g s.s)	C12:0 Acide palmitoleiq ue (g/100g s.s)	C12:0 Acide linoléique(g/100g s.s)	C12:0 Acide linoléique(g/100g s.s)	Total (g/100g s.s)	Rapport saturés/insaturés
Dihé traditionnel (INRAN, 2008)	0,18-0,20	1,04-1,07	0,13-0,14	1,02-1,08	2,71-2,74	5,09-5,21	0,33-0,34
Dihé amélioré (INRAN, 2008)	0,21-0,28	0,96-1,04	0,22-0,26	1,18-1,26	3,17-3,39	5,74-6,21	0,27-0,29

Les résultats d'analyse des contenus en folates montrent qu'il existe une différence significative entre le dihé traditionnel et amélioré. Les dihés traditionnels contiennent des folates en quantité très élevée (175,8-534,7 g/100g) au point qu'ils peuvent être classés parmi les sources primaires de folates (INRAN, 2008). Par contre, le dihé amélioré n'en contient pas beaucoup (26,7-56,7 g/100g) en comparaison avec les dihés traditionnels. Ces valeurs sont nettement supérieures aux produits considérés parmi les meilleures sources de folates comme les germes de blé qui n'en contiennent que 1200µ/100g et les produits fortifiés par l'acide folique qui ne contiennent que 200µg/100g (INRAN, 2008). A noter que les folates (Vitamine B 9) participent à la fabrication des cellules du corps, dont les globules rouges. Cette vitamine joue un rôle essentiel dans la production du matériel génétique (ADN, ARN), dans le fonctionnement du système nerveux et du système immunitaire, ainsi que dans la cicatrisation des blessures et des plaies. Comme les folates sont nécessaires à la production des nouvelles cellules, une consommation adéquate est primordiale durant les périodes de croissance et pour le développement du fœtus.

Le contenu en vitamine E trouvé dans les échantillons de dihé amélioré et traditionnel est comparable à celui des pignons secs (9.3 mg/100g), des arachides (8.3 mg/100g) et des épinards bouillis (3,54mg/100g). Ce contenu est trois fois supérieur à celui des haricots (1 mg/100g) et des brocolis (0,78 mg/100g). Il reste néanmoins inférieur au contenu trouvé dans l'huile de germe de blé qui est connu comme l'aliment le plus riche en tocophérol (149,4 mg/100g) (INRAN, 2008)

Les échantillons de dihé traditionnel ont un contenu en bêta-carotènes de 151578-231547µg/100g s.s. alors que ceux de dihé amélioré ont un contenu de 108605-128250µg/100g s.s. Ces valeurs sont nettement supérieures aux aliments connus et cités parmi les meilleures sources de beta-carotènes tels que la carotte (qui en contient 8836 µg/100g), le chou de type kale (9226 µg/100g) ou les poivrons jaunes (120 µg/100g).

Tableau 9 : Quelques vitamines et pigments dans les dihés améliorés et traditionnels

designation	Folates totaux (µg/100g s.s)	Phenols totaux (mgGAE/g s.s)	Acide Ascorbique (mg/100g s.s)	Vitamines E (mg/100g s.s)	Beta carotènes (µg/100g s.s)	Lutéine + zeaxantine(µg/100g s.s)	Beta criptoxantine (µg/100g s.s)
Dihé traditionnel (INRAN, 2008)	175,8-534,7	15,8-27,1	traces	10,6-11,52	151578-231547	31866-42267	4584-5771
Dihé amélioré (INRAN, 2008)	26,7-56,7	9,1-9,3	traces	4,06-4,19	108605-128250	16728-20075	2367-2777

3.6 La filière commerciale de dihé

Les études de marchés sur le dihé traditionnel sont très rares. Les résultats issus de l'étude de faisabilité réalisée par la FAO en 2006 dans le cadre du présent projet ainsi que les différents constats faits, montrent que le circuit commercial de dihé est informel. Les différents acteurs organisés autour de la filière sont principalement les productrices, les revendeurs et les consommateurs. Une fois récolté, les productrices vendent une partie de leurs produits directement aux consommateurs ou aux revendeurs. Selon la SODELAC, en 2000, plus de 90% de la production est généralement vendue par les productrices. Seulement 10% de la production est autoconsommée. Le prix de dihé traditionnel varie d'un marché à un autre et d'une région à une autre. Sur les marchés les plus proches des lieux de production, les prix sont les plus bas (500-800 FCFA le Koro : 1 koro équivaut à environ 1,6 kg),). Sur les marchés éloignés des zones de production les prix augmentent : 900-1300 FCFA le Koro à Bol ou Dibinintchi, 2500 Fcfa le Koro à Barkadressou ou Touffou ou Mao au Kanem et jusqu' à 3500 FCFA le Koro à N'djamena. Les lieux de vente les plus fréquentés sont les marchés hebdomadaires des régions productives et les autres marchés comme ceux de Bol, Mao et N'djamena. Le dihé traditionnel est également vendu à l'Etranger notamment au Nigeria, Niger, Arabie Saoudite et France. Ce sont généralement les consommateurs traditionnels de dihé qui vivent dans ces pays qui sollicitent le plus souvent le produit.

La mise au point de dihé amélioré dans la zone de production est une nouvelle donne. Elle est en train de changer les habitudes notamment en termes de techniques de récolte et en termes de pratiques commerciales. Avant le projet, le dihé amélioré était inconnu des populations locales et des productrices. Après l'introduction de ce nouveau produit, plusieurs défis restent à relever parmi lesquels l'acceptation du produit par les populations locales et l'introduction de ce produit dans les habitudes alimentaires. C'est une tâche très difficile surtout lorsque l'on sait que les populations locales consomment le dihé sous sa forme traditionnelle depuis des siècles. Pour atteindre ces objectifs notamment celui lié à la promotion de la filière dihé, le projet a mis en place une stratégie qui consiste d'une part à utiliser l'expertise des ONGs locales en particulier l'ONG Franco-tchadienne Chibina dans le domaine de marketing, et d'autre part à recruter un consultant national dont la tâche principale est la promotion de dihé amélioré.

En attendant les résultats des travaux de Chibina, le projet a obtenu un certains nombre de résultats parmi lesquelles la promotion du produit à travers les manifestations comme les Journées Mondiales de l'Alimentation (JMA), Edition 2007 et 2008, les Journées Portes Ouvertes (JPO) et les Journées d'Information (JI) organisées respectivement à N'djamena, Moundou et Bol. Les produits élaborés ont été exposés lors de ces manifestations ou journées et les journaux de la place, les radios ainsi que la télévision tchadienne ont fait plusieurs reportages sur le dihé et ses vertus. Des conférences débats ont également été

organisées pour les circonstances. Tout ce travail a permis à beaucoup de personnes ne connaissant pas le dihé de le connaître et d'apprécier ses vertus. Des points de vente ont été également ouverts à N'djamena, Moundou, Bol et Mao pour améliorer la connaissance du produit et sa vente.. Il ressort également de ces actions que les principaux acheteurs de dihé amélioré sont les fonctionnaires ou les personnes ayant pris connaissances des vertus de la spiruline.

En ce qui concerne le prix, il faut noter que la fixation des prix de dihé amélioré est faite sur la base de calcul de prix de revient. Ainsi, sur cette base et pour avoir des marges bénéficiaires importantes, le Kg de dihé amélioré est vendu à 5000 FCFA soit 5 fois plus cher que le prix d'un kg de dihé traditionnel (1000 FCFA), 4-20 fois moins cher que la spiruline produite par les fermes africaines et 25-125 fois moins chère que les comprimés obtenus dans les pays développés. Comparé à la spiruline vendue sur le marché africain et international on peut dire que le dihé amélioré est beaucoup moins cher. A noter que l'un des problèmes auquel font face les fermes africaines est le coût de revient trop élevé de la spiruline (25,5 EUR soit 16700 FCFA/kg). Au Tchad, étant donné le pouvoir d'achat trop faible des populations locales, les dihés améliorés sont vendus dans les boîtes en plastique et dans des sachets en plastique au prix de 500 FCFA les boîtes ou sachets de 50-70 g. Entre Décembre 2007 et Juin 2009, 1 tonne de dihé amélioré a été vendue par trois groupements (celui de Artomossi, Brandji et kadassara). Ceci a rapporté pour ces productrices une somme de 5 000 000 FCFA. Comparé au dihé traditionnel, dont le Kg coûte en moyenne 1000 FCFA, la production de 1 tonne de dihé ne peut rapporter que 1 000 000 de FCFA. Une enquête menée par la SODELAC montre que le revenu des producteurs a augmenté considérablement (achat de mil, habits, variation des régimes alimentaires, achat des pirogues pour la pêche, achats d'objets précieux : bijoux, or etc.). A long terme, la vente de 388,8 tonnes de dihé amélioré en raison de 5000 FCFA le kg peut rapporter annuellement 1 944 000 000 FCFA.

Au delà des bénéfices et du gain obtenu par les productrices, la consommation de dihé amélioré contribue grandement à l'amélioration de la situation nutritionnelle des consommateurs et surtout des enfants et des femmes. Ainsi, la production de 388,8 tonnes de dihé par an peut contribuer à l'amélioration de la situation nutritionnelle de plus de 1 800 000 enfants malnutris par an

3.7 Renforcement des capacités

Le renforcement des capacités des femmes productrices de dihé a été réalisé à travers plusieurs actions. Sur les 15 sites du projet, le recensement des femmes s'est déroulé dans 14 sites. Le site de Kwa Est et Ouest dans le Lac n'a pas été recensé à cause de l'accès difficile au site. Sur l'ensemble des 14 sites, 1581 femmes productrices de dihé dont 538 au Lac et 843 au Kanem sont recensés. 20 groupements dont 11 dans le Lac et 9 dans le Kanem sont actuellement constitués sur l'ensemble des 14 sites. 19 groupements dont 10 du Lac et 9 du kanem sont reconnus officiellement

Environ 450 femmes ont été formées en Bonne pratique de récolte, de séchage et d'emballage de dihé (BPF) et en bonne pratique d'hygiène (BPH). Le niveau de maîtrise des BPF et BPH se situe entre 40-100% (figure 2, 3, 4). 200 femmes sont formées en gestion et entretien des matériels de récolte, de séchage et d'emballage de dihé.



800 femmes ont suivi des formations dans le domaine de la gestion courante de la vie associative (respect des statuts et règlements intérieurs, tenue de cahier de compte, gestion des revenus). Les formations dans le domaine de l'alphabétisation fonctionnelle seront conduites au cours des prochains trimestres.

Les matériels et équipements suivants ont été distribués aux bénéficiaires (les productrices): 112 séchoirs; 224 extrudeuses ; 112 broyeurs, 684 tamis ; 342 gants enduits ; 342 racloirs ; 224 brosses ; 342 tenues ; 684 tasses en inox et plastique; 1026 seaux en plastique, 5 000 sachets en plastique et 1500 boîtes en plastique.



5 enclos et 5 abris pour le stockage des équipements de récolte et de séchages ont été construits dans les sites de Brandji, Artomossi, Babouroura et Kadassara respectivement pour les groupements de Brandji, Rakine, Taira, Babouroura et Kadassara

4. Conclusion et recommandations

Le Tchad est un pays qui dispose d'un potentiel important de production naturelle de dihé. Il reste le seul pays au monde où le dihé est encore consommé localement. Ceci constitue un atout considérable pour la sécurité alimentaire de la population locale. En plus des ouadis déjà identifiés et appuyés par le projet, la région du Lac et celle Kanem posséderaient plusieurs autres ouadis propices au développement et à la croissance de l'algue bleue. Un travail complet de caractérisation des ouadis et d'évaluation du potentiel de production de dihé est nécessaire et pourrait permettre de connaître la production totale de dihé au Tchad.

L'introduction de nouvelles techniques de récolte, de séchage et de conditionnement a permis d'obtenir des produits de meilleures qualités hygiéniques et marchandes. Les dihés améliorés obtenus sont sans sable ni impureté et sont emballés et bien étiquetés. Beaucoup de personnes qui refusaient de consommer le dihé traditionnel commencent à consommer régulièrement le dihé amélioré. Les méthodes de consommation de ce dihé amélioré qui ne nécessite pas de cuisson, contrairement au dihé traditionnel qui est longuement cuit, est un atout considérable; notamment pour la préservation des nutriments. Aussi, pour évaluer les pertes en nutriments dues à la longue série de cuisson de dihé traditionnel, une analyse de la qualité nutritionnelle des produits finis prêts à consommer (sauces de dihé) est nécessaire et pourrait permettre de faire une comparaison avec la poudre ou le spaghetti de dihé amélioré en terme de qualité nutritionnelle. A noter que les premières analyses nutritionnelles effectuées sur les produits provenant de deux ouadis, ont montré que les teneurs en folates et en Beta carotènes dans le dihé traditionnel sont supérieures à celles trouvées dans le dihé amélioré. Aussi, en plus des analyses nutritionnelles de produit fini prêt à consommer, il est aussi nécessaire d'évaluer les nouvelles méthodes de séchages qui pourraient peut être avoir une influence sur les nutriments sensibles à la chaleur.

La qualité toxicologique de dihé est un sujet crucial pour l'avenir de ce produit. Les résultats présentement obtenus ne sont pas trop alarmants en termes de contenus en cadmium, plomb et chrome trouvé dans le dihé. Ces valeurs sont inférieures aux « guidelines » établis par les fermes en Inde et Mexique. Elles sont cependant supérieures aux guidelines établis par les fermes aux USA et Japon. En comparaison avec d'autres produits alimentaires pour lesquels il existe des normes, il se trouve que le contenu en cadmium est inférieur aux limites maximales (LM) établies pour le riz, les mollusques marins bivalves et le sel de qualité alimentaire... Etant donné qu'il n'existe pas encore de normes officielles sur les teneurs en métaux lourds pour les produits d'origine micro algale et étant donné également que pour évaluer le danger potentiel d'un aliment, on doit tenir compte de la quantité consommée et de la fréquence de consommation, un travail dans ce sens reste très fondamental. Il s'agit surtout de :

- Etudier les facteurs d'accumulation des métaux lourds
- Evaluer les fréquences de consommation et la quantité de dihé consommés par les populations locales
- Définir les normes internationales pour la spiruline et le dihé

Le dihé évolue dans un écosystème complexe. D'autres algues ou diatomées, des poissons etc., évoluent dans cet environnement. Certains ouadis sont asséchés, d'autres possèdent de l'eau mais ne produisent pas beaucoup de dihé. Aussi, il est important d'étudier le système dans son ensemble notamment pour ce qui concerne l'influence environnementale sur la production et la qualité de dihé. Les prochaines actions porteront sur :

- La réalisation d'une étude pour augmenter le volume de production de dihé ;
- L'Aménagement de sites ;
- La définition d'un mode de production de spiruline à long terme et basée sur une approche de production semi-industrielle ou industrielle ;
- La réalisation d'une étude environnementale pour la compréhension du milieu écologique et l'atténuation des impacts négatifs et nocifs du projet.

La filière commerciale de dihé est encore embryonnaire. Le circuit reste informel. Avec l'introduction de dihé amélioré, le produit est en train d'être consommé par d'autres communautés. Aussi, un travail approfondi devra être entamé pour comprendre davantage le circuit de commercialisation et mettre en place une stratégie de commercialisation pour la promotion des produits. Ce travail concerne entre autres :

- La mise en place d'une structure de traçabilité de produit ;
- La mise en place d'une stratégie de commercialisation ;
- Les tests d'efficacité de la supplémentation en dihé du régime habituel des patients ;
- L'Etude sur le réseau de vente et de diffusion du Dihé comme *nutricament*.

5. Références bibliographiques

1. Dangeard P, 1940: Sur une algue alimentaire pour l'homme, *Arthrospira platensis* (Nordest) Gomont; Actes Soc. Linn. Bordeaux extr. Pro. Verb; 91; 39-41
2. Leonard J et compere P, 1967. *Spirulina platensis*, algue bleue de grande valeur alimentaire par sa richesse en proteine, Bull. Jard. Bot. Nat. Belg; 37 (supp.); 1-23
3. Jardin C . Les algues bleues du Kanem (*Spirulina platensis*) . CR MF ; 1968
4. Avram, A. Fadoul, L. ; Guedes,G. Les algues bleues du Kanem (*Spirulina platensis*) . Rapport de mission FAO, Division de la nutrition. CR MF 1968
5. Iltis A, 1969: Phytoplanton des eaux natronnées du Kanem (Tchad), 1: Les lacs permanents; cahier orstom series hydrobiologie; 3; 29-44
6. Iltis A, 1969: Phytoplanton des eaux natronnées du Kanem (Tchad)2; les mares temporaires ; cahier orstom series hydrobiologie; 3; 3-19
7. Iltis A, 1971: Phytoplanton des eaux natronnées du Kanem (Tchad), 5; Les lacs mesohalins; cahier orstom series hydrobiologie; 5; 73-84
8. Iltis, A. Algues nouvelles des mares du Kanem (Tchad). Revue Agologique (FR). 1971 ; 172-176

9. Iltis, A. Remarques taxinomiques sur les algues des mares du Kanem (Tchad) ; Revue Algologique (FR) ; 1972/02 ; p 334
10. Iltis, A. ; Compère, P. 1974. Algues de la région du Lac Tchad. I : Caractéristiques générales du milieu. Cahier ORSTOM. Série hydrobiologie (FR) . 141-164
11. Iltis A, 19675: Phytoplanton des eaux natronnées du Kanem (Tchad), 10; conclusion; cahier orstom series hydrobiologie; 9; 13-17
12. Compère, P. ;1977. Algues de la région du Lac Tchad. VII / Chlorophycophytes (3ém partie : Desmidiées). Série hydrobiologie (FR) . 77-177
13. Delpeuch, F.; Joseph, A.; Cavalier, C.; 1976. Consommation alimentaire et apport nutritionnel des algues bleues (*Oscillatoria platensis*) chez quelques populations du Kanem (Tchad). Annales de la Nutrition et de l'Alimentation (FR) . ; 497-516
14. BIEP/BECCMA. Projet de développement de la spiruline dans la région du Kanem-Lac (Tchad). Février 1988, Rapport
15. Sodelac/Tratabel. Etude de pré-faisabilité de développement de la spiruline au Tchad
16. Caterina Batello, Marzio Marzot, Adamou Harouna Touré. Le futur est un ancien Lac. Savoirs traditionnels, Biodiversité et ressources génétiques pour l'Agriculture et l'alimentation dans les écosystèmes du bassin du lac Tchad. FAO, 2006
17. INRAN, Rapport Technico scientifique relatif aux analyses effectuées sur des échantillons de dihé (algues africaines). Projet GCP/CHD/029/EC « valorisation de la filière dihé au Tchad », février 2008
18. ITRAD/IFS. Rapport intermédiaire N°1, Analyse physicochimiques et microbiologiques de dihé. Projet GCP/CHD/029/EC « valorisation de la filière dihé au Tchad » Rapport Final, Mai 2008
19. FAO. Rapport intermédiaire N°1. Projet GCP/CHD/029/EC « valorisation de la filière dihé au Tchad », Juin 2008
20. Mahamat Sorto, Mme namba Fabienne, Abakar Adoum Kora, La spiruline au Tchad : Identification et étude préliminaire de l'influence des procédés traditionnels de transformation et de séchage
21. Earth food spirulina. Quality and safety standards for spirulina. <http://www.spirulinasource.com/earthfoodstan1.html> (consulté le 25/08/2004)
22. Spirulina food safety guidelines. Spirulina food safety guidelines used by US and Japan growers. <http://www.earthrise.com/Erlibsguidelines.html> (consulté le 05/08/2004)
23. Becker EW. (1993) "Development of spirulina Research in a Developing Country - India " Bull. Inst. Océano, Monaco, n°spécial 12, 49-57.
24. Belay A. and Ota Y. (1993) "Current knowledge on potential health benefits of spirulina " Journal of Appl. Phycology, 5:235-241
25. Boudène C., Collas E. et Jenkins C. (1975). Recherche et dosage de divers toxiques minéraux dans les algues spirulines de différentes origines, et évaluation de la toxicité à long terme chez le rat d'un lot d'algues spirulines de provenance mexicaine. Ann. Nutr. Aliment.29, 577-587.

26. Bucaille P. "Intérêt et efficacité de l'algue spiruline dans l'alimentation des enfants présentant une malnutrition protéino-énergétique en milieu tropical" Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier Toulouse III, 10 oct 1990
10. Bujard-E, U. Braco-U, Mauron-J, Mottu-F, Nabholz-A, Wuhnnann-JJ & Clément-G (1970). "Composition and Nutritive Value of Blue Green Algae (Spirulina) and their Possible Use in Food Formulations ". 3rd.international Congress of Food Science and Technology, Washington 1970).
27. Chamorro-Cevallos-G. "Toxicologie Research on the Alga Spirulina". United Nations Organisation for Industrial Development, 24 Oct. 1980.
28. Ciferri O. (1983). "Spirulina, the Edible Microorganism " Microbiol. Rev. 47, 551-578.
29. Ciferri O. et Tiboni O. (1985). "The Biochemistry and Industrial Potential of Spirulina Ann. Rev. Microbiol. 39, 503-526.
30. Fox R.D. (1980) «, Algoculture: la spiruline » Edisud 1980
31. Jourdan J.P. (1996) "Cultivez votre spiruline " Antenna Technology
32. M . Yacoub Idriss : Méthodologie de transfert de Technologie : Exemple de la spiruline. La Lettre de la Recherche et du Développement ; CNAR ; N° 66- Octobre 1999