

ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES
E. I. S. M. V.

ANNEE 1992



N° 9

CONTRIBUTION A L'ETUDE D'UNE ALGUE A USAGE ALIMENTAIRE (*Spirulina*) DANS LA REGION DU KANEM ET DU LAC-TCHAD



ECOLE INTER-ETATS
DES SCIENCES ET MEDECINE
VETERINAIRES DE DAKAR
BIBLIOTHEQUE

THESE

présentée et soutenue publiquement le 8 Juillet 1992
devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar

Pour obtenir le grade de DOCTEUR VETERINAIRE

(DIPLOME D'ETAT)

par

MAHAMAT AHMAT ABDERAMAN

Né le 23 Mars 1962 à Ndjaména (TCHAD)

- Président du Jury : Monsieur François DIENG
Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
- Membres : Monsieur Alassane SERE
Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar
Monsieur Mamadou BADIANE
Professeur Agrégé à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
- Directeur et Rapporteur de Thèse : Monsieur Malang SEYDI
Professeur Agrégé à l'E.I.S.M.V. de Dakar

LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT

=====

I. - PERSONNEL A PLEIN TEMPS1 - ANATOMIE-HISTOLOGIE-EMBRYOLOGIE

Kondi	AGBA	Maître de Conférences Agrégé
Jacques	ALAMARGOT	Assistant
Lahamdi	AMADOU	Moniteur

2 - CHIRURGIE - REPRODUCTION

Papa El Hassane	DIOP	Maître de Conférences Agrégé
Latyr	FAYE	Moniteur
Laurent	SINA	Moniteur

3 - ECONOMIE - GESTION

Hélène (Mme)	FOUCHER	Assistante
--------------	---------	------------

4 - HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREESALIMENTAIRES D'ORIGINE ANIMALE (HIDAOA)

Malang	SEYDI	Maître de Conférences Agrégé
Papa Ndary	NIANG	Moniteur
Fatime (Mlle)	DIOUF	Monitrice

5 - MICROBIOLOGIE-IMMUNOLOGIEPATHOLOGIE INFECTIEUSE

Justin Ayayi	AKAKPO	Professeur titulaire
Jean	OUDAR	Professeur
Rianatou (Mlle)	ALAMBEDI	Assistante
Souaïbou	FAROUGOU	Moniteur

..../..

6 - PARASITOLOGIE - MALADIES PARASITAIRES-ZOOLOGIE

Louis Joseph	PANGUI	Maître de Conférences Agrégé
Jean-Carré	MINLA AMI OYONO	Moniteur
Fatimata (Mlle)	DIA	Monitrice

7 - PATHOLOGIE MEDICALE - ANATOMIE PATHOLOGIQUE

CLINIQUE AMBULANTE

Yalacé	KABORET	Assistant
Pierre	DECONINCK	Assistant
Papa Aly	DIALLO	Moniteur

8 - PHARMACIE - TOXICOLOGIE

François Adébayo	ABIOLA	Maître de Conférences Agrégé
Boubacar	DIATTA	Moniteur

9 - PHYSIQUE-THERAPEUTIQUE-PHARMACODYNAMIE

Alassane	SERE	Professeur Titulaire
Moussa	ASSANE	Maître de Conférences Agrégé
Nahar	MAHAMAT TAHIR	Moniteur

10 - PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES

Germain Jérôme	SAWADOGO	Maître de Conférences Agrégé
Moussa	TRAORE	Moniteur

11 - ZOOTECHEMIE - ALIMENTATION

Gbeukoh Pafou	GONGNET	Maître Assistant
Ayao	MISSOHOU	Assistant
Amadou	GUEYE	Moniteur

II. - **PERSONNEL VACATAIRE** (prévu)

- CLINIQUE AMBULANTE

Mohamadou Moukaramou	LAWANI	Docteur Vétérinaire
----------------------	--------	---------------------

- BIOPHYSIQUE

René NDOYE Professeur
Faculté de Médecine et de Pharmacie
Université Ch. Anta DIOP de DAKAR

Alain LECOMTE Maître-Assistant
Faculté de Médecine et de Pharmacie
Université Ch. Anta DIOP de DAKAR

Sylvie (Mme) GASSAMA Maître de Conférences Agrégée
Faculté de Médecine et de Pharmacie
Université Ch. Anta DIOP de DAKAR

- BOTANIQUE - AGRO PEDOLOGIE

Antoine NONGONIERMA Professeur
IFAN - Institut Ch. Anta DIOP
Université Ch. Anta DIOP de DAKAR

- PATHOLOGIE DU BETAIL

Magatte NDIAYE Docteur Vétérinaire - Chercheur
Laboratoire de Recherches Vétéri-
naires de DAKAR

- ECONOMIE

Cheikh LY Docteur Vétérinaire - Chercheur
F.A.O - BANJUL

- AGRO-PEDOLOGIE

Alioune DIAGNE Docteur Ingénieur
Département "Sciences des Sols"
Ecole Nationale Supérieure
d'Agronomie - THIES.

- SOCIOLOGIE RURALE

Oussouby

TOURE

Sociologue

Centre de suivi Ecologique

Ministère du Développement Rural

III - PERSONNEL EN MISSION (prévu)

- PARASITOLOGIE

Ph.

DORCHIES

Professeur

ENV - TOULOUSE (France)

M.

KILANI

Professeur

ENMV SIDI THABET (Tunisie)

- ANATOMIE PATHOLOGIQUE SPECIALE

G.

VANHAVERBEKE

Professeur

ENV - TOULOUSE (France)

- ANATOMIE

Y.

LIGNEREUX

Professeur

ENV - TOULOUSE (France)

- PATHOLOGIE DES EQUIDES ET CARNIVORES

A.

CHABCHOUB

Professeur

ENMV SIDI THABET (Tunisie)

- PATHOLOGIE DU BETAIL

A. (Mlle)

LAVAL

Professeur

ENV - ALFORT (France)

M.

ZRELLI

Professeur

ENMV SIDI THABET (Tunisie)

- ZOOTECNIE - ALIMENTATION

A.

BENYOUNES

Professeur

ENMV SIDI THABET (Tunisie)

- GENETIQUE

D. CIACI Professeur
Université de PISE (Italie)

- ALIMENTATION

R. PARIGI-BINI Professeur
Université de PADOUE (Italie)

R. GUZZINATI Docteur
Université de PADOUE (Italie)

- ANATOMIE PATHOLOGIE GENERALE

A. AMARA Maître de Conférences Agrégé
ENMV SIDI THABET (Tunisie)

- CHIRURGIE

A. CAZIEUX Professeur
ENV TOULOUSE (France)

- OBSFETRIQUE

A. MAZOUZ Maître-Assistant
Institut Agronomique et Vété-
rinaire HASSAN II de RABAT
(Maroc)

- PATHOLOGIE INFECTIEUSE

J. CHANTAL Professeur
ENV - TOULOUSE (France)

- DENREOLOGIE

J. ROZIER Professeur
ENV - ALFORT (France)

- PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES

M.	ROMDANE	Professeur ENMV SIDI THABET (Tunisie)
P.	BENARD	Professeur ENV - TOULOUSE (France)

- PHARMACIE

J. D.	PUYT	Professeur ENV - NANTES (France)
-------	------	-------------------------------------

- TOXICOLOGIE

G.	SOLDANI	Professeur Université de PISE (Italie)
----	---------	---

A LA MEMOIRE DE MON PERE ET DE MA MERE

A MA FEMME

avec tout mon amour

A MES ENFANTS

avec toute mon affection

A MA FAMILLE

avec tout mon attachement

A MES AMIS

avec toute ma fidélité.

A NOTRE MAITRE DE THESE

Monsieur Malang SEYDI

Professeur agrégé à l'E.I.S.M.V

Avec Vigilance et Disponibilié vous
avez guidé la rédaction de ce travail

Qu'il soit une modeste preuve de notre
vive et respectueuse gratitude.

A TOUS NOS MAITRES DE L'E.I.S.M.V

Hommages respectueux.

17- NOTRE JURY DE THESE

oooooooooooooooooooo

MONSIEUR FRANCOIS DIENG

Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie

Qui nous a fait le grand honneur
d'accepter la présidence du Jury de notre Thèse

Hommage respectueux.

MONSIEUR ALASSANE SERE

Professeur à l'E.I.S.M.V

Que nous remercions d'avoir accepté de faire
partie de notre Jury de Thèse

Très vive admiration.

MONSIEUR MALANG SEYDI

Professeur agrégé à l'E.I.S.M.V

Qui a bien voulu accepter de rapporter notre Thèse

Reconnaissance éternelle.

MONSIEUR MAMADOU BADIANE

Professeur agrégé à la Faculté de Médecine et de Pharmacie

Qui nous a fait l'honneur de siéger à notre Jury de Thèse

Très sincères remerciements.

"Par délibération, la Faculté et l'Ecole ont décidé que les opinions émises dans les dissertations qui leur seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner aucune approbation ni improbation".

T A B L E D E S C H A P I T R E S

<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>PREMIERE PARTIE : DESCRIPTION DU MILIEU</u>	3
<u>Chapitre 1 : Milieu physique</u>	4
1. Kanem géographique.....	4
1.1 Climat.....	4
1.2 Sol.....	4
1.3 Végétation.....	6
1.4 Hydrographie.....	6
2. Caractéristiques physico-chimiques des eaux.....	11
2.1 Température.....	11
2.2 pH.....	12
2.3 Salinité.....	13
<u>Chapitre 2 : Milieu humain</u>	14
1. Démographie et ethnologie.....	14
2. Structures administratives et traditionnelles.....	16
<u>Chapitre 3 : Activités économiques du Kanem géographique</u> ..	18
1. Agriculture et Elevage.....	18
1.1 Situation actuelle de l'agriculture et l'élevage	18
1.2 Revenu agricole.....	19
2. Natron.....	19
3. Dihé.....	19
4. Commerce	20
5. Contraintes régionales.....	20
<u>DEUXIEME PARTIE : ETUDE DE LA FILIERE DIHE</u>	21
<u>Chapitre 1 : Généralités sur le Dihé</u>	22
1. Historique.....	22
2. Nature et caractéristiques du Dihé.....	23
3. Classification des algues.....	23
4. Description microscopique de la Spiruline.....	27

.../...

<u>Chapitre 2</u> : Etude des facteurs liés à la consommation alimentaire des Spirulines.....	30
1. Récolte et méthodes de conservation des algues..	30
1.1 Récolte.....	30
1.2 Séchage.....	31
2. Consommation du Dihé.....	35
2.1 Préparation des sauces.....	35
2.2 Consommation.....	36
3. Facteurs liés à la consommation alimentaire du Dihé.....	36
3.1 Habitudes alimentaires.....	36
3.2 Fréquences de consommation.....	38
3.3 Variations quantitatives.....	39
3.4 Facteurs ethniques.....	42
3.5 Facteurs saisonniers.....	42
3.6 Evolution de la consommation.....	43
 <u>Chapitre 3</u> : Importance nutritionnelle des Spirulines	44
1. Composition chimique.....	44
1.1 Hydrates de carbone.....	44
1.2 Lipides.....	44
1.3 Protéines.....	50
1.4 Vitamines.....	54
2. Quelques éléments d'appréciation de la qualité nutritionnelle des Spirulines.....	57
2.1 Apport nutritionnel.....	57
2.2 Coefficient d'utilisation digestive (CUD)	58
2.3 Coefficient d'efficacité protéique (CEP)	58
2.4 Digestibilité.....	59
 <u>TROISIEME PARTIE : AMELIORATIONS SOUHAITABLES ET PERSPECTIVES D'AVENIR</u>	60
 <u>Chapitre 1</u> : Améliorations souhaitables.....	62
1. Au niveau de la qualité finale.....	62
1.1 Récolte	62
1.2 Séchage.....	62
2. Consommation.....	63
3. Vulgarisation.....	64

<u>Chapitre 2</u> : Perspectives d'avenir.....	65
1. Alimentation animale.....	65
2. Remise en eau des différents sites de récolte.....	65
3. Culture industrielle.....	66

C O N C L U S I O N	67
----------------------------------	----

B I B L I O G R A P H I E	70
--	----

I N T R O D U C T I O N

L'Homme, qui a de tout temps pensé en priorité à sa nourriture, a su tirer profit des multiples bienfaits des mers, océans et lacs qui constituent pour lui un réservoir de richesses inépuisables.

Au TCHAD, dans la région du Kanem et du Lac Tchad, les populations ont découvert les vertus alimentaires des Algues Spirulines et les consomment depuis des lustres.

Dans la littérature, l'existence des Spirulines n'a toutefois été signalée au TCHAD pour la première fois qu'en 1940 (17). Il s'agissait d'échantillons de plaques d'algues séchées, appelées "Dihé" en dialecte Kanembou, sans indication de lieu exact de récolte.

Ces Spirulines du TCHAD constituent l'un des rares exemples d'Algues Continentales alimentaires. C'est pourquoi BRANDILY (21) a fait la description de leur récolte dans la région du Kanem en 1959.

D'autres chercheurs ont par la suite étudié leur valeur alimentaire. Mais malgré l'intérêt nouveau suscité par les Spirulines, peu de travaux ont porté sur leur exploitation au TCHAD, mis à part quelques indications apportées par les chercheurs de l'ORSTOM et du CNRS dans le travail d'ensemble sur le phytoplancton des eaux natronées du Kanem (12, 13, 14, 16, 18).

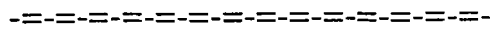
C'est pourquoi nous avons choisi d'étudier sur le terrain leur utilisation ainsi que les facteurs liés à cette utilisation dans le but d'attirer l'attention des Tchadiens sur l'importance de cette ressource qu'il est nécessaire de rentabiliser.

./.

Ce travail est divisé en 3 parties :

- la première partie expose le milieu ;
- la deuxième partie est consacrée à l'étude de la filière Dihé ;
- la troisième partie propose des améliorations souhaitables et envisage les perspectives d'avenir.

PREMIERE PARTIE



DESCRIPTION DU MILIEU

CHAPITRE 1 : MILIEU PHYSIQUE

1. Kanem géographique

Le Kanem géographique désigne une zone située au Nord et au Nord-Est du Lac Tchad, comprise entre les 14e et 17e parallèles de latitude Nord.

Limitée au Nord par la Préfecture du BORKOU-ENNEDI-TIBESTI (B.E.T), au Sud par la Préfecture du Chari-Baguirmi, à l'Est par la Préfecture du Batha et à l'Ouest par le Niger, cette zone occupe une superficie de 130 000 km² (3).

1.1. Climat

Le climat est du type sahélo-saharien dans l'ensemble de la zone avec tendance subdésertique dans la partie Nord. Dans la partie Sud, il fait transition avec le climat Sahélien (20). Etant donné l'extrême variabilité de la pluviométrie dans cette région, la moyenne des précipitations est peu significative. Elle est généralement inférieure à 300 mm par an, le plus souvent comprise entre 100 et 200 mm (20).

Les températures sont très contrastées entre minima et maxima. Elles varient de 23°C en Janvier et 34° en Mai (20).

1.2 Sol

La région du Kanem géographique est constituée essentiellement de formations dunaires, avec des dépressions inter-dunaires de profondeur variable qui constituent des "Ouadis".

On peut distinguer, suivant leur texture, deux classes de sols avec chacune leurs contraintes particulières (20) :

- les sols limoneux ou limono-sableux qui n'ont pas de contraintes particulières, sauf lorsque la nappe est peu profonde. Ils évoluent alors vers des sols plus ou moins salés ;

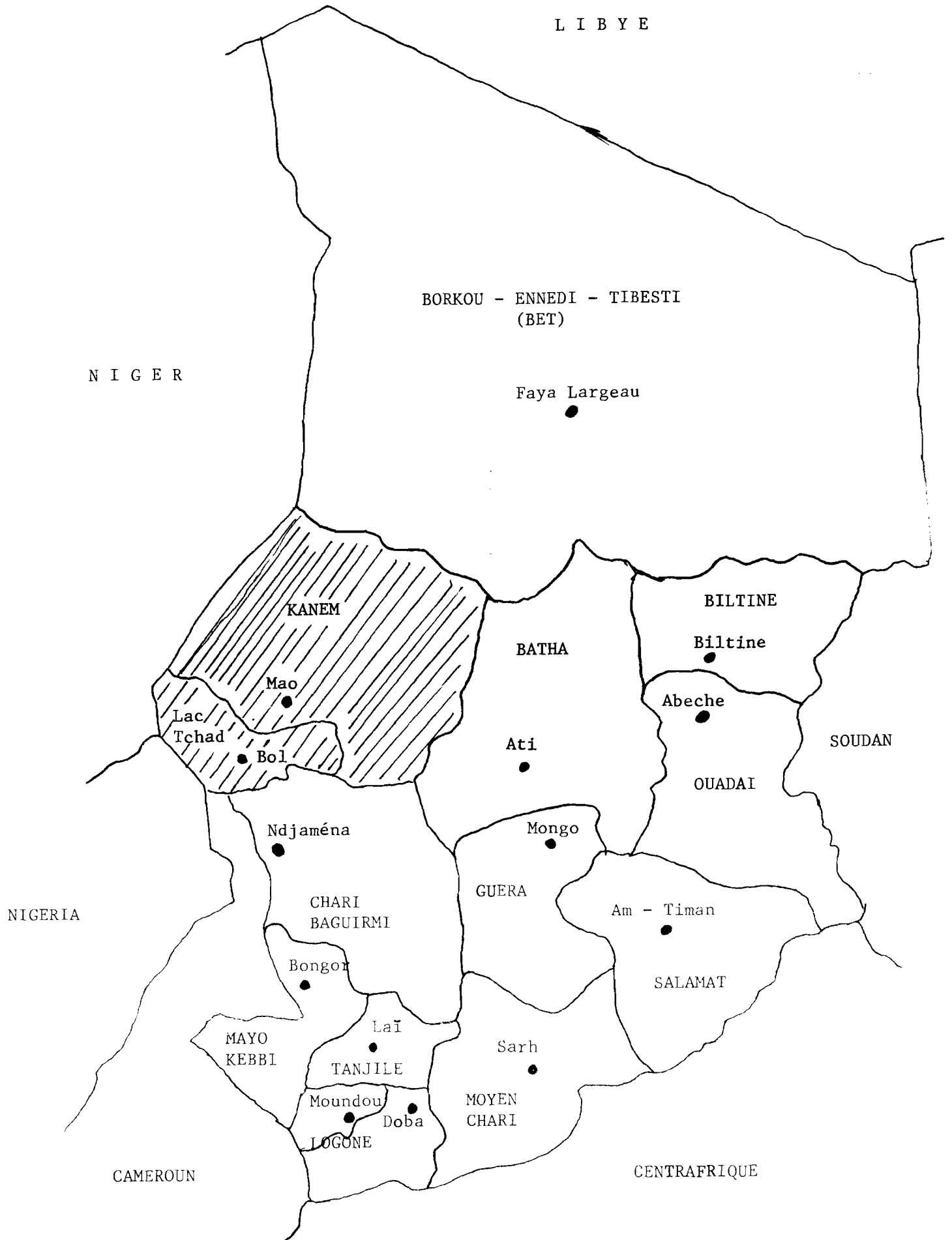


Fig 1 : Carte du TCHAD

. Chef lieu de Préfecture

/// Zone de récolte et de consommation du Dihé

- les vertisols de texture argileuse, présentent localement une contrainte d'inondation. D'autre part, étant donné leur texture argileuse, ils sont difficiles à travailler et peuvent présenter une tendance à l'alcalinisation.

1.5 Végétation

Les dunes du Kanem sont occupées par une pseudo-steppe caractérisée par une densité lâche d'arbres forestiers (*Balanites aegyptiaca*, *Acacia raddiana*, *Acacia albida*, *Ziziphus mauritiana*) et par la dominance d'un tapis de graminées qui se dessèche après les pluies. La tendance semi-désertique s'accroît vers le Nord, la végétation arbustive (*Leptadenia pyrotecnica*, *Calotropis procera*) devenant de plus en plus éparse. Les arbres quant à eux sont localisés exclusivement dans les dépressions et le tapis herbacé devient de plus en plus bas et discontinu, avec des différences considérables selon les années en fonction des précipitations (20).

Dans les Ouadis les espèces arborées ou arbustives rencontrées sont plus variées et nettement plus denses. Le doum (*Hyphaene thebaica*) se rencontre fréquemment dans les Ouadis ainsi que le ronier (*Borassus aethiopicum*) et le gommier (*Acacia senegalensis*).

Le cycle végétatif est annuel : en saison des pluies, le Kanem est verdoyant d'une façon discontinue en fonction de la localisation et du rythme des premières averses, mais certaines années à pluviométrie particulièrement déficiente, de vastes régions peuvent très bien ne donner lieu à aucune repousse d'herbe verte (20).

1.4 Hydrographie

Le Kanem géographique se caractérise par la présence des unités appelées "Ouadis".

Les "Ouadis" sont des dépressions inter-dunaires en forme de cuvette plus ou moins fermée, et de dimensions qui varient entre un et plusieurs dizaines d'hectares. Plusieurs zones concentriques peuvent y être délimitées :

- la zone centrale est quelquefois occupée par un lac ou une mare temporaire ou permanente. La mare ou la surface du terrain correspondante est généralement stérile compte tenu de la teneur élevée en natron (carbonates et bicarbonates naturelles de sodium) dans les eaux et le sol ;

- un anneau de terrain vaseux et fortement natroné entoure la mare, et est bordé à l'extérieur par une ceinture de roseaux ;

- vient ensuite un anneau de terres fertiles caractérisées par des sols généralement riches en matières organiques de structure limoneuse ou limono-sableuse sur lesquels sont pratiquées diverses cultures.

En fonction de la salinité de la mare centrale, des algues cyanophycés (Spirulines) s'y développent plus ou moins rapidement et sont récoltées et commercialisées puis consommées sous l'appellation de "Dihé".

La zone de récolte et de consommation du Dihé est située à l'intérieur du Kanem géographique, à cheval sur le 14^e parallèle et limitée par le Bahr-El-Ghazal à l'Est et le Lac Tchad à l'Ouest, elle s'étend sur une petite partie des préfectures du lac et du Kanem (fig. 1).

Les mares et lacs à Spirulines peuvent schématiquement se diviser en 3 catégories :

- au bord du Lac Tchad : les fonds de bras du lac, séparés de celui-ci par un mouvement dunaire, constituent les principaux lieux de récolte des Spirulines

- plus à l'intérieur des terres le relief est constitué par un système dunaire fossile avec des dépressions localement appelées "Ouadis" ; dans celles-ci sont installées des mares temporaires, souvent asséchées en saison chaude, et qui peuvent être envahies de peuplement à Spirulines.

- enfin quelques lacs permanents (Bodou et Rombou) donnent lieu également à des opérations de récoltes de Spirulines.

Descriptions des milieux aquatiques

Le Lac Bodou est situé à 3 km à l'Ouest de Liwa, entre cette localité et les anses terminales du Lac Tchad.

Son lit s'étend sur environ 1 500 m de long sur 500 m de large. Il est actuellement réduit par asséchement. Cet asséchement avait également été observé vers les années 1950, période de bas niveau du Lac Tchad, mais une remise en eau naturelle au cours des années 1960 avait permis à un peuplement dense de Spirulines de s'y développer à nouveau, ce qui autorise à penser qu'une remise en eau artificielle du Lac Bodou aura les mêmes effets.

Le Ouadi de Ndjikilia est situé à 30 km au Nord de Bol et environ 15 km du village de Ngolio. Un lac permanent en occupe la partie centrale et la variation annuelle de l'eau n'excède pas 30 cm. La récolte des algues Spirulines s'y effectue sur toute l'année. Selon les consommateurs locaux, le Dihé produit ici est d'une excellente qualité.

La mare de Ouna se trouve à environ 20 km de Isseirom, entre cette localité et celle de Amerom. Une quantité importante de Dihé a pu y être récoltée ces dernières années bien que le niveau des eaux ait baissé pendant cette période, les algues étant présentes dans les quelques flaques subsistantes. Une remise en eau artificielle pourrait faire de cette mare la principale source de Dihé de la région.

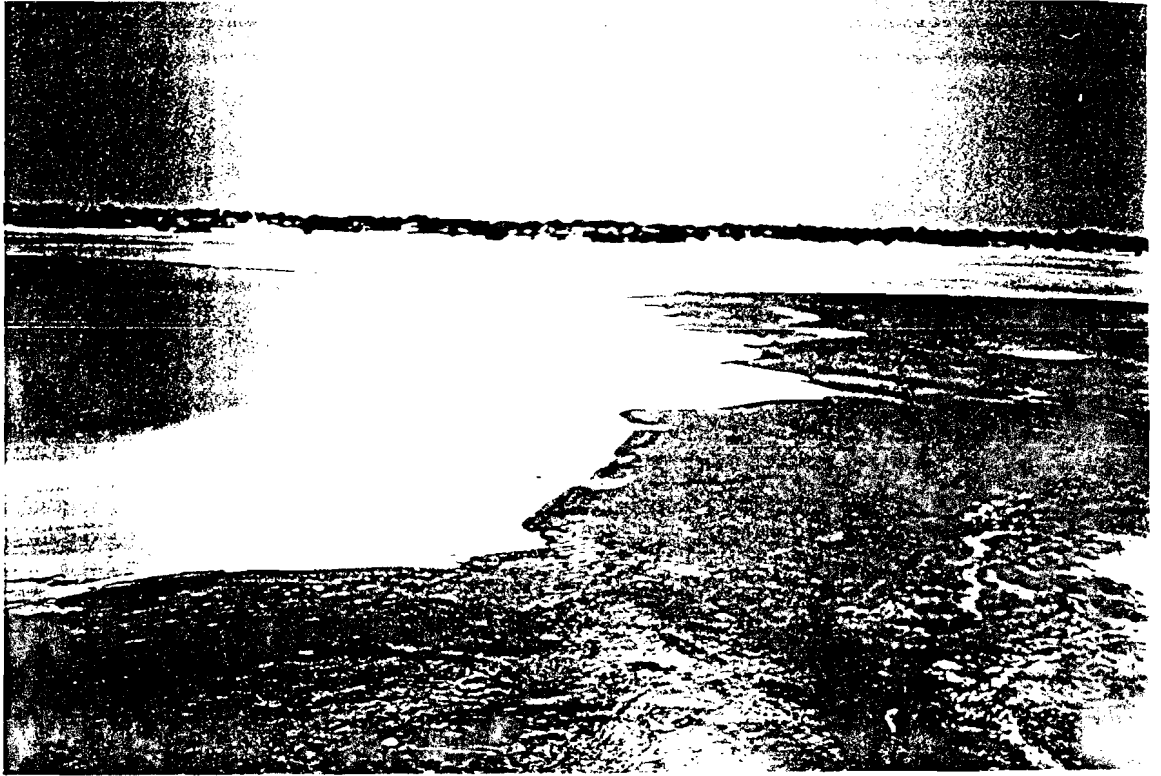
Le Ouadi de Rombou situé à l'Ouest de la ville de Mao dans la préfecture du Kanem est connu pour abriter le jardin du Sultan de Mao. Il est en outre réputé pour être avec le Lac Bodou un des lacs permanents à Spirulines du TCHAD.

La superficie occupée par les eaux était de 15 hectares. Les récoltes y ont cessé depuis son asséchement suite à la sécheresse,



Fig. 2 : Lac BODOU à LIWA

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100



a



b

Fig 5 - a : Lac ROMBOU à MBAO

b : Lac OUNA à ISSEFROM

mais actuellement quelques flaques sont observées dans lesquelles subsistent les algues qui se développent mais leur récolte est difficile en raison de la faible hauteur des eaux. La présence d'une nappe phréatique très proche permet d'envisager la remise en eau partielle de ce lac.

Le Lac Touffou, situé dans le Ouadi du même nom, se trouve à 25 km au Nord-Ouest de Mao. Il est alimenté par des sources qui deversent l'eau de la dune. Large d'environ 10 hectares, ce lac a vu ses algues disparaître pour cause de sécheresse. Mais l'apparition du Dihé, produit de la récolte des Spirulines dans ce lac en 1991, prouve que l'algue n'a pas complètement disparu.

Le Ouadi de Barkadrossou est situé à 4 km à l'Est de Nokou. Un lac permanent en occupe le Centre, alimenté par des sources en provenance des dunes voisines. La surface actuellement occupée par les eaux est d'environ 4 hectares. La variation annuelle du niveau d'eau est évaluée à 40 cm. Ce lac produisait d'importantes quantités de Dihé mais actuellement les Spirulines ne sont présentes que dans quelques flaques de faibles profondeurs sur le pourtour du lac.

2. Caractéristiques physico-chimiques des eaux

L'étude des caractéristiques physico-chimiques porte sur la température, le pH, la salinité des eaux où sont récoltées les algues Spirulines.

- Température

La température de l'eau a été régulièrement relevée à la station climatologique de Bol - Matafo dans un bac d'évaporation enterré reproduisant sensiblement le milieu des mares et lacs peu profonds à Spirulines du Sud du Kanem en bordure du Lac Tchad. Son évolution au cours d'une année est la suivante (tableau 1)

Tableau I : Evolution de la température au cours d'une année

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Min abs.	14,2	15,3	17,1	20,5	24,0	24,2	25,3			21,3	15,4	15,8
Max abs.	26,1	28,7	30,00	33,5	34,5	34,5	34,5			30,7	29,6	29,1
Moy. mens.	19,1	21,3	22,9	27,2	28,8	29,8	29,3	29,3	29,7	24,7	21,1	19,9

Source (17)

Les températures moyennes passent au cours de l'année par quatre valeurs extrêmes : deux minimums, le plus marqué étant en Décembre - Janvier, durant la période froide, et un plus atténué en Juillet - Août en saison des pluies, deux maximums, le plus important étant en Mai-Juin pendant la saison chaude, et un plus faible en Septembre - Octobre.

L'amplitude des variations moyennes au cours de l'année est de 10°6 C, celle des variations absolues de 20° 3 C. La température moyenne de l'eau calculée sur une année est de 25°3C.

- PH

A partir des mesures effectuées sur les différentes sites de récoltes à l'aide d'un pH mètre, le pH varie entre 8 et 11,5.

Les résultats des mesures de température et de pH sont consignés dans le tableau II.

Tableau II : Température et pH de l'eau dans le différentes sites

Sites	Températures	pH
Bodou	29,6	10,5
Ndijikilia	28,2	11,5
Ouna	25,3	9
Rombou	31,0	10,5
Touffon	30	8
Barkadrossou	32,1	10,5

Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus par ILTIS (17) et FOX (10).

En effet ILTIS a mesuré les pH sur le terrain par la méthode calorimétrique à l'aide d'un comparateur Hellige et a trouvé qu'ils sont toujours élevés. Ils varient entre 9,5 et 11,0. Les valeurs qu'il trouve fréquemment sont 10,2 et 10,4.

FOX en culture expérimentale sur milieu artificiel trouve que le pH optimum se trouve entre 8,5 et 9,5.

- Salinité

En ce qui concerne la concentration en sel des eaux à spirulines, la zone optimale de développement se situe approximativement entre 22 et 60 g par litre selon ILTIS, ce qui diffère légèrement des résultats obtenus par FOX en culture pure sur milieu artificiel, résultats qui montrent des limites inférieures de tolérance de salinité basses : 7 g par litre.

Ces différences de résultats montrent que la salinité est plus forte en milieu naturel qu'en milieu artificiel en culture pure. Ce qui peut s'expliquer par l'absence de concurrence dans les cultures pures. On peut en effet supposer que d'autres organismes, soit par concurrence nutritionnelle, soit par antagonisme, empêchent le développement des Spirulines.

CHAPITRE 2 : MILIEU HUMAIN

1. Démographie et ethnologie

La population du Kanem géographique peut être estimée à 250 000 habitants pour la Préfecture du Kanem et 170 000 pour celle du Lac. En dehors des deux chefs-lieux des Préfectures, Mao pour le Kanem et Bol pour le Lac, qui ne dépassent pas 12 000 habitants chacun, la seule ville est Moussoro avec ses 17 200 habitants. Viennent ensuite une dizaine de bourgades de moindre importance.

Le reste de la population sédentaire est regroupée en villages autour des "Ouadis".

Les groupes ethniques et socio-professionnels qui composent la population sont :

- les Kanembous
- les Goranes
- les Toundjours
- les Kouris
- Les Arabes
- les Haddads.

Les Kanembous et les Goranes constituent les groupes dominants. Les premiers occupent la partie de la Préfecture du Kanem au dessous de la ligne Mao-Moussoro et la Préfecture du Lac. Les seconds peuplent la partie Nord de la Préfecture du Kanem.

Les Toundjours occupent les "Ouadis" au sud de Mao, les Kouris dans la région de Isseirom et les Boudoumas dans celle du Lac.

Les Arabes sillonnent les pâturages du Nord-Ouest de Mao et de Nokou.

Les Haddads forment un groupe socio-professionnel. Ils n'ont pas de domaines propres et occupent ceux des autres

groupes ethniques.

Traditionnellement, Kanembous, Toundjours, Kouris, Boudoumas et Haddads sont des sédentaires. Ils sont à la fois agriculteurs et éleveurs. Les Haddads exercent en plus des activités artisanales (forage, tannage, cordonnerie, vannerie poterie, travail de bois). Ce sont eux également qui récoltent traditionnellement le Dihé, nom vernaculaire désignant les micro-algues (Spirulines) qui se développent dans les mares natronées et qui sont l'objet du présent travail.

Kanembous et Haddads constituent la majorité des populations des "Ouadis". Les Arabes et les Goranes sont des éleveurs, nomades ou semi-nomades, possédant des troupeaux de camelins, de bovins et des petits ruminants et pratiquant la transhumance (Nord-Sud pendant la saison sèche).

L'Islam est la religion dominante dans les deux Préfectures.

La longue sécheresse de 1973 à 1984 a occasionné des mouvements de population, qui ont culminé en 1984-1985. Les migrations se sont effectuées en direction des centres urbains et des "Ouadis". Dans ces derniers, les personnes déplacées se sont installées récemment, avec des droits fonciers très limités et de faibles connaissances en matière d'agriculture intensive irriguée. Cette arrivée n'est pas sans occasionner quelques difficultés avec les autochtones.

Sur le plan linguistique, le Kanembou domine la région du Lac alors que le Gorane semble plus utilisé dans celle du Kanem. L'Arabe est parlé par les fonctionnaires et les notables, plus rarement dans les villages.

La structure de la population par sexe et par âge n'est pas connue ; il semble toutefois que la classe d'âge de 15-30 ans soit peu importante, notamment pour le sexe masculin, sans

doute à cause de la guerre, mais aussi et surtout en raison des migrations vers les centres urbains (Ndjaména) ou l'étranger. Certains hommes de cette classe d'âge reviennent chaque année pour la culture saisonnière du mil.

2. Structures administratives et traditionnelles

Le Kanem géographique est actuellement divisé en deux Préfectures :

- au Nord la Préfecture du Kanem, la plus vaste; le chef-lieu est Mao ;
- au Sud-Ouest la Préfecture du Lac, dont le chef-lieu est Bol.

Les deux Préfectures se subdivisent en sous Préfectures, elles-mêmes organisées en Postes Administratifs.

Les structures administratives se superposent à la structure traditionnelle ; villages et chefs de villages, cantons et chefs de cantons, et dominant l'ensemble à Mao : le Sultanat du Kanem.

Les "Ouadis" sont soit sous l'autorité directe du Sultan, soit sous son autorité indirecte par l'intermédiaire des sous-Préfets. Il est donc très important de connaître cela pour faciliter toute action de développement dans la région.

A ces deux types de structures viennent se greffer les organismes de développement nationaux ou étrangers :

- Office National de Développement Rural (ONDR) dans les deux Préfectures ;

- Société de Développement du Lac Tchad (SODELAC) dans la Préfecture du Lac ;

- Organisations non gouvernementales encadrant des
projets divers et localisés : UNICEF, CROIX ROUGE, CARE - CHAD,
ACRA

CHAPITRE 3 : ACTIVITES ECONOMIQUES DU KANEM GEOGRAPHIQUE

1. Agriculture et Elevage

Agriculture et élevage constituent la base de l'économie régionale. Trois systèmes agro-pastoraux coexistaient avant la sécheresse qui s'est accentuée en 1980 pour culminer en 1984 - 85.

1er système : celui-ci est exercé par une population fixée à proximité d'un "Ouadi" et comprend deux activités dominantes :

- Agriculture pluviale sur les dunes et les parties hautes des "Ouadis" avec association céréales/légumineuses, mil pénicilaire et/ou sorgho/haricot ou niébé, avec une palmeraie de dattiers dans le fond du "Ouadi" ;
- élevage avec prédominance de bovins à court rayon de déplacement et petite transhumance de deux à trois mois sur un parcours d'environ 30 km.

2ème système : élevage nomade avec transhumance importante, avec de troupeaux dépassant 100 têtes par famille. Pendant la saison des pluies, les nomades établissent un campement fixe pour pratiquer la culture dunaire à l'époque où la pluviométrie était suffisante.

3ème système : association culture de dunes, culture de "Ouadi" et petit troupeau.

Les vrais paysans étaient peu nombreux.

1.1 Situation actuelle de l'agriculture et l'élevage

La situation actuelle résulte de la reconversion des paysans /éleveurs et des éleveurs/nomades à l'agriculture, les troupeaux ayant été sérieusement réduits (décimés ou transférés vers le Sud). Les activités pratiquées restent l'agriculture

pluviale avec ses aléas, pendant que l'élevage se reconstitue peu à peu et notamment celui des petits ruminants et des chameaux dans le Nord et des bovins dans le Sud.

Les espèces dominantes sont :

- les céréales (blé, maïs, sorgho) pouvant fournir deux à trois récoltes annuelles ;

- les espèces vivrières (oignons, tomates, melon, gombo, piment, manioc et patate douce)

- les arbres fruitiers (dattiers, citronniers, bananiers, goyaviers).

1.2 Revenu agricole

Malgré ces activités, le revenu agricole reste faible : de 80 000 à 230 000 F CFA par exploitation (3) pour la culture de "Ouadi", auxquels il faut ajouter le revenu de l'agriculture pluviale, très variable selon les années et celui de l'élevage qui s'est amenuisé depuis la réduction du cheptel et malgré la reconstitution partielle de celui-ci.

2. Natron

En l'absence de statistiques récentes, il est difficile d'apprécier avec exactitude la part apportée dans l'économie régionale par l'exploitation du natron (carbonates et bicarbonates naturels de sodium). Ce minéral fait l'objet d'un ramassage par les Haddads sur les sites connus, mais les quantités extraites et commercialisées sont difficiles à contrôler, les caravanes de chameaux faisant une bonne part de ce trafic vers le NIGER.

3. Dihé

L'autre production présentant un intérêt économique est la récolte du Dihé, appellation commune donnée aux micro-algues alimentaires, objet du présent travail.

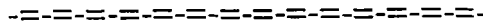
4. Commerce

L'activité commerciale est très peu développée et tend vers l'autarcie à mesure que l'on s'éloigne vers le Nord et vers l'Est. Les échanges avec Ndjaména concernent surtout les produits manufacturés. Les marchés de Moussoro, Bol et Mao et les localités moins importantes sont essentiellement les lieux de commercialisation des productions locales.

5. Contraintes régionales

En plus de la sécheresse persistante, de la population limitée, sujette à des déplacements dont il a déjà été fait mention, la principale contrainte affectant l'économie du Kanem est son enclavement lié à la faiblesse du réseau routier. La route vers le Nord en direction de Mao est mauvaise et consiste en une piste parfois impraticable au delà de Massakory. Dans le reste de la zone les routes n'existent pas, si ce n'est la piste récemment aménagée entre Bol et Massakory, les pistes secondaires sont nombreuses reliant les villes et bourgades, l'alternance du sable et d'un sol plus ferme mais très cahoteux les rend difficiles à pratiquer pour les véhicules. Seules les villes de Bol et Mao sont desservies par un service aérien hebdomadaire les reliant à Ndjaména.

DEUXIEME PARTIE



ETUDE DE LA FILIERE - DIHE

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE DIHE

1. Historique

L'existence au TCHAD des Spirulines utilisées dans l'alimentation humaine, a été mentionnée pour la première fois en 1940 par DANGEARD (7). Il s'agissait d'échantillons de plaques d'algues séchées sans indications de lieu exact de récolte.

En 1959 BRANDILY (21) publiait un article sous le titre : "Depuis des lustres une tribu primitive du TCHAD exploite la nourriture de l'an 2000".

LEONARD (21), à l'occasion de l'expédition transaharienne belge de 1964, procède à des analyses botaniques et des valeurs nutritionnelles sur des échantillons d'algues récoltées au Kanem et à Ouanianga Kébir. Il mentionne que les populations de cette dernière région, située au Nord du TCHAD, ne récoltent ni ne consomment les Spirulines. En revanche, l'algue semble constituer une part importante de la nourriture des canards sauvages des Lacs YOAN et KATAM (21), ce qui confirme ainsi son utilisation par les oiseaux, déjà signalée pour les flamants par JENKIN (7) en 1929.

En 1966, des récoltes furent réalisées dans le Lac ROMBOU, près de MAO (KANEM) pour l'Institut Français du Pétrole et firent l'objet de cultures en milieu artificiel et d'essais de production industrielle par ZARROUK (27).

Enfin tout récemment le BIEP (Bureau Inter-Ministériel d'Etudes et de Programmation) au TCHAD, avec le concours du BECCMA (Bureau d'Etudes et de Conseil en Culture de Micro-Algues), a élaboré un projet intitulé "Projet de développement de la Spiruline dans la région du Kanem-Lac (TCHAD)".

2 Nature et caractéristiques du Dihé

Le Dihé, tel qu'il est présenté sur le marché, est un ensemble de blocs composés d'algues Spirulines récoltées et séchées. Ses dimensions sont variables. Sa couleur va du vert-gris au vert-foncé ; sa structure est lacuneuse, plus ou moins feuilletée. Sa surface est recouverte de cristallisations abondantes et irrégulières surtout sur une face (grains de sable). L'odeur évoque le poisson séché, légèrement ammoniacal ; le goût est salé.

La présence de grains de sable à la surface du produit s'explique par le fait que la pâte d'algues récoltées est mise à sécher sur le sable chaud par les femmes récolteuses. C'est donc la face inférieure, en contact direct avec le sable, qui présente les grains de sable. L'odeur est due vraisemblablement à un début de fermentation de la pâte au moment de la récolte, phénomène rapide favorisé par la température élevée (30-40°C) régnant dans la région.

3 Classification des algues

Il est difficile de connaître le nombre exact d'espèces d'algues car il n'y a pas deux taxonomistes pour s'accorder sur l'identification et la classification des algues.

Certains auteurs, au début du siècle, tels que PIZON, COUPIN, DAGUILLON (10) s'attachèrent à des caractères donnés pour classer les algues. Le fait est qu'il existe de milliers d'espèces différentes, montrant une grande diversité de formes et de dimensions.

D'une manière générale, il est possible de qualifier toutes les algues de végétaux verts, car les plastes sont toujours imprégnés de chlorophylle et d'une faible quantité de caroténoïdes (B carotène). Cependant, certaines algues possèdent des pigments surnuméraires de teintes variées qui marquent la couleur verte.

En se basant sur la couleur des algues, on les divise en quatre phylum

- Cyanophycées ou algues bleues
- Rhodophycées ou algues rouges
- Phéophycées ou algues brunes
- Chlorophycées ou algues vertes.

Les Cyanophycées

Ces algues bleues ou plutôt vert-bleuâtres renferment de la chlorophylle qui imprègne uniformément le protoplasme, et un pigment-bleu : la Cyanophéine (phycocyanine) qui leur donne une teinte bleu-verdâtre. Certaines espèces contiennent en plus de la phycocyanine de la phycoérythrine (pigment rouge). Les Cyanophycées sont microscopiques. Parmi les espèces les plus connues se trouvent les Spirulines, objets du présent travail.

Les Rhodophycées

Ces algues rouges renferment de la chlorophylle, de l'amidon et de pigments rouges, dont la phycoérythrine. Parfois il y a d'autres pigments phycobiline et phycocyanine. Les plastes renferment parfois des corpuscules réfringents, incolores et sphériques, appelés pyrénoides. C'est à leur périphérie que se forment les granulations amylicées mais leur rôle est encore obscur aujourd'hui (10). Les Rhodophycées les plus connus sont : les Nemalions et les Corallines.

Les Phéophycées

Ce sont des algues brunes qui comportent, en plus des chlorophylles a et c et du carotène, des pigments bruns : les Xanthophylles (fucoxanthine, phycocanthine, luthéine, flavoxanthine). Elles ne produisent jamais d'amidon, mais parfois un polysaccharide : la Laminarine. Se classent dans ce phylum, les Fucus, Laminaires, Diatomés et Vaucheries.

Les chlorophycées

Les algues vertes ont une pigmentation à base de chlorophylles a et b et de caroténoïdes en quantité relativement faible. Les espèces les plus connues sont : Spirogyre, Chlorelles, Oedogonium.

Les classifications les plus récentes et les plus complètes à l'heure actuelle sont celles de SMITH, FELDMAN et CHADEFAUD, CHRISTIENSEN (2).

Le tableau III, emprunté à DUSSART permet de comparer ces classifications.

Tableau III : Classifications de SMITH, FELDMAN-CHADEFAUD, CHRISTIENSEN

Classification de SMITH		Classification de FELDMAN-CHADEFAUD			Classification de CHRISTIENSEN
Division	Classe	Phylum	Embranchement	Classe	
Rhodophytes	Rhodophyceae	Rhodophytes	Rodophycophytes	Rodophyceae	Rhodophyceae
Euglénophytes	Euglénophyceae		(Pyrophytophytes	Euglénophyceae	Euglénophyceae
			(Dinophyceae	Dinophyceae
			(Cryptophyceae	Cryptophyceae
Dynophytes	Dinophyceae		(
	(Cryptophyceae)	Chromophytes	(Pheophycophytes	Pheaeophyceae	Rhaphidophyceae
			(Phaeophyceae
			((Xanthophyceae	Xanthophyceae
Phaeophytes	Pheaeophyceae		(Chrysophycophytes	(Chrysophyceae	Haptophyceae
				(Bacillariophyceae	Chrysophyceae
					Craspedophyceae
	(Xanthophyceae			(Chlorophyceae	Bacillariophyceae
Chrysophytes	(Chrysophyceae		(Chlorophycophytes	(Zygophyceae	Prasinophyceae
	(Bacillariophyceae		((Charophyceae	
		Chlorophytes	(Bryophytes		Chlorophyceae
			(Pteridophytes		(dont les charales)
Chlorophytes	Chlorophyceae		(Spermatophytes		Loxophyceae
	(Chloromonadales)				

Bacillariophycées = Diatomées.

On remarque que dans cette classification les Cyanophytes sont absents : en effet, les algologues modernes ne les classent plus parmi les algues, car leur cytologie est particulière. Les algues bleues possèdent un noyau rudimentaire : ce sont des Eucaryotes. De plus, les plastes sont absents, et les pigments (chlorophylle et phycoxanthine) sont diffus dans le cytoplasme (10).

4 Description microscopique de la Spiruline

La structure interne de la cellule procaryote Cyano-phyte est différente de celle des autres algues. Elle ressemble plus étroitement à celle des bactéries, et, en fait les botanistes modernes ne les classent plus parmi les algues et de nombreux chercheurs préfèrent les appeler Cyano-bactéries ou bactéries bleu-vertes (10).

La cellule typique de l'algue verte (cellule eucaryote) est composée d'un noyau (les éléments génétiques acide désoxyribonucléique A D N et ribonucléique A R N enfermés dans une membrane nucléaire bien définie), du protoplasme, des chloroplastes (pigments porteurs de chlorophylle) enclos dans une membrane extérieure de la cellule.

Les Cyanophytes ont des cellules procaryotes, c'est-à-dire sans noyau bien défini, les acides nucléiques étant distribués au hasard dans la cellule. Les pigments porteurs de chlorophylle ne sont pas enclos dans un chloroplaste, un pigment bleu supplémentaire (la phycocyanine) est présent, mais il n'y a pas de chlorophylle b (10).

La Spiruline est classée dans l'ordre des Nostocales, cellules arrangées en filaments appelés trichomes. Ils peuvent avoir des hétérocystes, des akinètes, des endospores, mais pas de vraie ramification ; ils peuvent sécréter une gaine mucilagineuse ; mode usuel de reproduction par décision du trichome du filament. Cet ordre regroupe plusieurs familles et la Spiruline fait partie de la famille des Oscillatoriacées. Ici hétérocystes et spores absents, le trichome est avec ou sans gaine, droit ou enroulé, parfois avec une fausse ramification, parfois conique aux extrémités. Il peut montrer un mouvement oscillatoire, le trichome se mouvant vers l'arrière et l'avant dans son grand axe, ce mouvement de forme hélicoïdale manifesté en rotation autour du grand axe ; une protubérance en forme de cape peut être présente sur les cellules terminales (10).

La classification des genres dans la famille des Oscillatoriacées est beaucoup moins claire. R - FOX (10) considère le genre Spiruline comme la forme en spirale à une seule cellule.

DESIKACHARY cité par R. FOX décrit (le genre) Spiruline (l'espèce) platensis comme suit : "bleu-vert ; trichomes légèrement resserrés aux membranes transversales, larges de 6 à 8 μ , pas ou peu amincis aux extrémités, plus ou moins régulièrement enroulés aux spires ; spires de 26 à 36 μ de large ; cellules presque aussi longues que larges ou plus courtes que la largeur, longues de 2 à 6 μ , membranes transversales granulées ; cellules largement arrondies". Il continue : "L'Arthrospira platensis est une espèce très variable. La régularité des spirales, la distance entre les spirales et aussi une visibilité apparente des membranes transversales sont toutes des éléments variables, bien décrits par RICH".

Arthrospira platensis et *Spirulina platensis* étant synonymes, RICH, toujours cité par R. FOX le décrit ainsi : "largeur du trichome 6 à 11 μ , généralement 8 μ . Longueur des cellules 3 à 10 μ . Resserrement entre cellules très léger. Rangées des granulés entre cellules parfois visibles sur des échantillons conservés dans l'alcool. Extrémité du trichome souvent un peu amincie. Distance entre spires 15 à 60 μ . Largeur de la spirales au centre 36 à 60 μ . Une forme mineure avec trichomes pas plus larges que 4 μ est aussi présente--- le nombre de spires de la spirale varie ----- le plus fréquemment trouvé était de 5 à 7".

J. de TONI (10) décrit la Spiruline en ces termes "trichomes de diamètre 7 à 9 μ , en forme de spirale lâche et régulière, avec 3 à 8 spires de 40 à 60 μ de diamètre, écartées de 70 à 80 μ légèrement conique aux extrémités ; cellules longues de 5 à 7 μ , non dentelées sur les bords des membranes entre cellules ; protoplasme avec gros granules fréquemment groupées le long des membranes transversales ; les deux cellules terminales arrondies et légèrement épaissies ; cellules bleu-verdâtres".

CHAPITRE 2 : ETUDE DES FACTEURS LIES A LA CONSOMMATION ALIMENTAIRE DES SPIRULINES

1 Récolte et méthodes de conservation des algues pour l'alimentation

Les populations du Kanem et du Lac TCHAD connaissent depuis très longtemps les Spirulines appelées "Dihé" qu'elles récoltent et consomment sous forme de sauces qui leur apportent le complément protéique qui leur manque habituellement. Ce sont les femmes de la caste "Haddad" (forgerons et artisans) qui, traditionnellement récoltent le Dihé.

Depuis les grandes sécheresses qui ont débuté en 1973, les nappes productrices se sont pour la plupart asséchées. Toutefois plusieurs sites sont encore présents et produisent des Spirulines.

La transformation des Algues en Dihé nécessite une succession de manipulations dont nous allons décrire celles, encore très primitives, pratiquées par les femmes Kanembous dans la région du Kanem géographique.

1.1. Récolte

Les Spirulines présentes en pleine eau sont poussées par le vent et s'accumulent sur les bords en grandes quantités où elles forment une soupe épaisse, presque une pâte molle dont la densité diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la rive. Elles sont recueillies par les femmes à l'aide de "Bourmas" (Canaris).

Une fois résolu le problème de la récolte des algues, il faut se pencher sur celui de leur conservation.

La conservation du produit récolté n'est pas simple. En effet, les algues renferment jusqu'à 80 % d'eau (2), et

elles sont rapidement décomposées par des transformations rendues d'autant plus rapides qu'elles sont riches en protéines. C'est pourquoi le séchage suit immédiatement la récolte.

1.2 Séchage

Le séchage se fait à une température élevée qui fournit un produit dont la conservation est assurée pendant une longue durée.

Les "Bourmas" remplis sont transportés sur la tête, à travers la palmeraie jusqu'au bas des dunes de sable qui serviront de zone de séchage. Le contenu de ces "Bourmas" est déversé dans des cuvettes circulaires peu profondes creusées à l'avance sur le sable en enlevant la couche superficielle.

Cette façon de procéder permet un étalement réduit du liquide dans des endroits dépourvus de débris et de saletés pouvant joncher le sol. Là s'effectue la concentration, l'eau et la plus grande partie des sels étant absorbés par le sable. La galette ainsi fabriquée est quadrillée avec le doigt et laissée à sécher jusqu'à ce qu'elle puisse être démoulée sous forme de carrés d'environ 10 cm de côté.

Le produit est ainsi abandonné durant 2 à 3 jours pendant lesquels il est débarrassé de son eau. En effet le sable agit par absorption et le soleil agit en surface par évaporation. La pâte, encore molle à ce stade, subit une autre manipulation. Elle est enlevée par plaques, sous forme de galette, et placée sur de la paille exposée au soleil afin de parfaire le séchage.

Compte tenu des fragmentations qui surviennent au cours du transport, l'aspect final du "Dihé" est celui des petits morceaux verts, feuilletés et retenant de fortes quantités de sable par leur face inférieure.



Fig 4 : Le Dihé séché et stocké dans un sac (OUNA)



Fig 5 : Le Dihé au marché de OUNA



Fig 6 : Le Dihé au marché de MAO

Selon les femmes que nous avons vu opérer, il semble que les quantités diminuent considérablement à la saison des pluies. Il est possible que l'eau douce modifie le pH du milieu natroné et empêche la prolifération, celle-ci se faisant dans les meilleures conditions à des pH situés entre 8 et 11 (19). Ces femmes ont également remarqué que lorsque le vent souffle avec force, il est impossible de recueillir une grande quantité d'aigues. Les Spirulines doivent vraisemblablement se diluer dans la masse aqueuse et ne pas pouvoir se rassembler en surface.

Le séchage est donc la forme de conservation la plus indiquée. En effet le produit final, complètement séché, est mis dans des sacs puis transporté à dos d'âne vers la maison où il est stocké dans un coin de la maison en dehors de toute humidité afin d'éviter les transformations qui le détruiraient.

2 Consommation du Dihé

Les Spirulines sont consommées dans le Kanem essentiellement sous forme de sauces, exception faite pour les femmes enceintes qui consomment directement du produit séché, mais, semble-t-il, plus pour des raisons de sorcellerie que pour s'alimenter : le Dihé consommé obscurcirait le ventre de la mère et jouerait un rôle protecteur en empêchant le sorcier de voir l'enfant.

2.1 Préparation des sauces

Les modes d'utilisation des Spirulines dans la préparation des sauces varient selon le lieu et les moyens économiques. Certains préfèrent la saveur et la couleur des Spirulines et se contentent de saupoudrer les sauces de poudre de Spirulines ; d'autres préfèrent la masquer dans une sauce épicée.

La méthode la plus couramment observée dans la préparation des sauces de Dihé dans le Kanem est la suivante :

environ 100 grammes de Dihé (2 fois le contenu du creux de la main sont bouillis dans environ 1 litre d'eau pendant 15 à 20 minutes. Puis on laisse reposer une demie-heure. Les grains de sable et les débris se déposent au fond tandis que le surnageant devient verdâtre, résultat de la dilution des Spirulines dans l'eau. Ce surnageant est alors récupéré pour préparer la sauce. Lorsque les conditions économiques le permettent on y met, outre le Dihé, du beurre fondu, de la poudre de gombo (*Hibiscus esculentus*) pour lier la sauce, de la poudre de tomate, du piment séché, du sel, des feuilles séchées d'oignons et d'oseille. A ces ingrédients de base peuvent s'ajouter des haricots, du poisson ou de la viande séchée.

2.2 Consommation

La sauce, une fois prête, accompagne la boule de mil ou de maïs au cours des repas puis en famille.

Cette consommation semble ne poser aucun problème du point de vue goût mais dépend de plusieurs facteurs que nous étudierons dans le paragraphe suivant.

2.3 Facteurs liés à la consommation alimentaire du Dihé

La consommation alimentaire des Spirulines dans la région du Kanem géographique est tribulaire de plusieurs facteurs dont les plus importants semblent être : les habitudes alimentaires, les fréquences de consommation, les variations quantitatives, les facteurs ethniques, les facteurs saisonniers, l'évolution de la consommation.

3.1 Habitudes alimentaires

Dans le Kanem géographique, l'alimentation est basée essentiellement sur le mil, le maïs et le blé. Le mil et le maïs sont consommés sous forme de boule mais aussi de bouillies

tandis-que le blé est utilisé pour fabriquer des beignets ou des pâtes le plus souvent consommés à l'occasion des repas des fêtes lorsqu'il y a des invités et couramment chez les plus riches. Les haricots obtenus en culture de Ouadi sont consommés sous forme de complément ainsi que le lait.

Les couches les plus pauvres consomment une farine obtenue à partir de la noix du palmier appelé "dôm".

La consommation de la viande et du riz est pratiquement inexistante sauf chez les couches les plus riches, c'est-à-dire quelques commerçants et notables. L'abattage n'ayant lieu qu'à l'occasion des fêtes ou des sacrifices et le riz "importé" dans la région n'étant pas à la portée de toutes les bourses.

En définitive le repas de base est constitué d'une boule de mil ou de maïs accompagnée d'une sauce dont la composition varie suivant le statut social des familles. C'est ainsi qu'on rencontre les différentes sauces suivantes au Kanem :

- sauce à la viande
- sauce au poisson
- sauce aux haricots
- sauce à base de feuilles d'arbre
- sauce à base d'arachide
- sauce au Dihé.

Il convient de souligner que la sauce au Dihé, qui intéresse particulièrement le présent travail, tient une place considérable en période difficile pour les populations les plus pauvres.

Ce qui montre à quel point l'alimentation reste tributaire des productions locales.

.3.2 . Fréquences de consommation

La tendance actuelle confirme l'étude faite en 1976 par DELPEUCH, JOSEPH et CAVELIER (7). En effet ces auteurs ont montré que la consommation du Dihé diminue au fur et à mesure que l'on s'approche des zones urbaines. Leurs résultats sont illustrés par le tableau IV suivant :

Tableau IV : Fréquence de consommation des sauces aux Spirulines
(rapportée à 100 jours)

Village	!	Février	!	Octobre - Novembre
Ngouri.....	!	72	!	62
Dibinintchi.....	!	58	!	36
Mao (zone urbaine).....	!	26	!	20
Mao (zone rurale).....	!	70	!	31
Mao (Daza).....	!	17	!	17
Mondo.....	!	31	!	*
Massakory.....	!	*	!	8
Bili.....	!	*	!	30
Isseirom.....	!	*	!	< 1
Bol.....	!	*	!	0
Kouloudia.....	!	*	!	0
	!		!	
	!		!	
	!		!	

* = non enquêté

Source : (7)

Les fréquences relevées au mois de Février indiquent que chez les Kanembous de la région du lac (Ngouri et Dibinintchi) et du centre (Mao rural), les sauces au Dihé accompagnent le mil 6 à 7 fois sur 10. A Mao urbain seulement 2 à 3 fois sur 10. En Octobre toutes les fréquences ont baissé.

En 1992, une enquête de ce genre est très difficile sinon impossible pour un travail de ce genre car il est rare de trouver une famille qui consomme régulièrement le Dihé, donc de trouver des échantillons significatifs. Ce qui confirme la tendance à la baisse de la consommation.

3.3 Variations quantitatives

Les disproportions géographiques enregistrées pour les fréquences de consommation s'estompent en ce qui concerne les quantités de Dihé ajoutées dans la sauce.

Nous avons constaté effectivement peu de différences d'un village à un autre chez les consommateurs de Dihé. Partout où cette consommation est effective, la quantité utilisée est la même ou presque, c'est-à-dire 2 fois le contenu du creux de la main, soit environ 100 g. Ce qui se rapproche de l'étude des auteurs ci-dessus cités comme le montrent les tableaux V et VI suivants :

TABLEAU V : Quantité de Dihé ajoutée dans la sauce pour une personne

Moyenne exprimée en grammes avec erreur standard et valeurs extrêmes observées.

Village	Février	Octobre
Ngouri.....	12,6 ± 1,5 (5 - 21)	13,1 ± 1,1 (6 - 18)
Dibinintchi.....	10,1 ± 1,0 (4 - 20)	11,7 ± 1,7 (4 - 21)
Mao (zone rurale).....	12,4 ± 1,9 (8 - 17)	13,5 ± 1,9 (10 - 24)
Mao (zone urbaine)	10,0 ± 1,3 (5 - 24)	11,3 ± 1,3 (5 - 21)
Mao (Daza).....	9,0 ± 0,8 (5 ± 11)	10,5 ± 1,0 (6 - 17)
Mondo.....	10,1 ± 1,0 (5 - 20)	*
Bili	*	11,4 ± 1,0 (8 - 13)

* = Non enquêté

Source : ()

TABLEAU VI : Quantité de Dihé consommée par personne
et par jour (exprimé en g

Village	Février	Octobre
Ngouri.....	9,0	8,0
Dibinintchi.....	5,9	4,2
Mao (zone rurale).....	6,2	4,2
Mao (zone urbaine).....	2,6	2,3
Mao (Daza).....	1,6	1,8
Mondo.....	3,0	*
Bili.....	*	3,4

* = non enquêté

Source : (7)

.3.4 Facteurs ethniques

Il ressort de l'enquête menée auprès des populations de la région du Kanem que les Kanembous sont les principaux consommateurs des Spirulines et que le passage à d'autres ethnies marque l'arrêt de la consommation du Dihé.

C'est ainsi que les Boudoumas du bord du Lac TCHAD ne mangent pas le Dihé parce qu'ils disposent de la viande et du poisson. C'est pourquoi il est difficile de trouver les algues Spirulines sur le marché de Bol.

A Mao, outre les Kanembous, toutes les autres ethnies disent ne jamais manger du Dihé. Les Arabes l'affirment ainsi d'ailleurs que les Goranes dont le genre de vie est nomade et pour qui le Dihé est une nourriture de sédentaires.

Cette observation est à rapprocher de la mimique significative de dégoût couramment utilisée à Ndjaména où l'on trouve toutes les ethnies pour lesquelles les sauces de Dihé sont très déconsidérées au point de donner aux Kanembous ce sobriquet "Akoul-Dihé" (mange - Dihé).

.3.5 Facteurs saisonniers

Nous avons observé, plus encore aujourd'hui qu'en 1976 par les auteurs cités plus haut, que, d'une saison à l'autre, les fréquences de consommation du Dihé varient dans de grandes proportions.

La fréquence qui augmente en Février montre que c'est la période de soudure alors qu'elle diminue en Octobre, période de récolte de mil et d'autres céréales pendant laquelle on note une relative abondance de nourritures autres que les algues Spirulines. La raréfaction du produit sur les marchés ainsi que son corollaire, la diminution de sa consommation sont aussi les conséquences de l'assèchement de certaines mares productrices dont la sécheresse est la cause principale.

.3.6 Evolution de la consommation

Le Dihé est consommé en général non pas pour son goût mais pour des raisons financières et de façon empirique pour pallier le manque de viande et du poisson.

En général lorsque l'argent manque pour acheter de la viande ou du poisson, ou lorsque la viande et le poisson manquent en présence d'argent, ce qui est souvent le cas dans les petits villages, le Dihé moins coûteux a le mérite de permettre la préparation d'une sauce pour accompagner la boule de mil ou de maïs lors des repas.

La diminution de la consommation du Dihé s'explique ainsi dans les centres urbains par l'existence de petits marchés quotidiens où les ménagères ont la possibilité de s'approvisionner quotidiennement et selon leurs possibilités financières en aliments plus appréciés que le Dihé pour préparer les sauces.

Cet état de fait combiné au phénomène d'exode rural et l'"évolution" des ruraux font que la consommation du Dihé ne va pas dans le sens d'un accroissement, même s'il existe dans certains milieux une consommation volontaire du Dihé, notamment dans ceux bien informés où il y a une volonté délibérée de consommer des Spirulines soit pour conserver des "valeurs ancestrales" soit tout simplement pour leur valeur nutritive.

Il convient également de noter que pour les populations locales autochtones, notamment les personnes âgées, il n'y avait pas des maladies actuellement fréquentes comme la diarrhée, la fièvre, les oreillons etc. lorsque les Spirulines étaient régulièrement consommées. A les entendre les sauces de Dihé étaient préparées et consommées régulièrement il y a seulement 10 à 20 ans, ce qui n'est manifestement plus le cas actuellement.

CHAPITRE 3 : IMPORTANCE NUTRITIONNELLE DES SPIRULINES

L'analyse des constituants chimiques des Spirulines est assez récente. Elle a pour but de tester leur valeur nutritive. C'est grâce à elle que l'on a compris le profit que l'on pouvait tirer des algues en alimentation.

Les résultats d'analyses chimiques effectuées par les différents chercheurs, que nous examinerons dans ce chapitre, mettront en évidence l'importance nutritionnelle des algues Spirulines.

1 Composition chimique des Spirulines

LEONARD (21) a étudié 2 échantillons de Dihé : l'échantillon 3814 acheté au marché local et l'échantillon 3832 récolté et séché par lui-même.

Le tableau VII suivant donne la composition chimique des 2 échantillons.

TABLEAU VII : Composition chimique du Dihé

	% du produit brut		% de la matière sèche moins les cendres insolubles dans HCl	
	5814	3832	3814	3832
Humidité	8,17	10,6	-	-
Cendres moins les cendres insolubles dans HCl	8,68	17,04	13,9	17,96
Matières grasses	3,91	4,62	5,94	5,18
Matières azotées (x 6,25)	32,3	39,7	49	44,51
N volatil en NH ₃	0,12	-	0,18	-
Hydrates de carbone totaux après hydrolyse (en glucose)	10,8	18,5	16,41	20,7
Cellulose	0,5	0,23	0,7	0,25
Cendres insolubles dans HCl (sable)	26,0	0,2	-	-
Alcalinités des cendres en NaCO ₃	4,99	5,7	7,58	6,4
Chlorures en NaCl	1,15	4,3	1,56	4,7

SOURCE : (21)

La différence de valeur entre les 2 échantillons est due aux traitements différents qu'ont subi les 2 échantillons. Il est évident que le 3832 récolté dans des conditions expérimentales est plus propre que le 3814 traité comme décrit précédemment (chapitre 2).

La teneur en eau des 2 échantillons est normale pour ce genre de produit, ainsi que la teneur en cendres et en parties grasses.

Par contre, le pourcentage en protéines de la matière sèche est particulièrement élevé (44,51 et 49 p100). Ce qui signifie que plus de la moitié du poids de la matière sèche est composé de protéines.

D'autres chercheurs ont confirmé ce résultat. C'est ainsi qu'en comparaison avec les autres algues alimentaires, SAUTIER (24) a établi le tableau VIII suivant :

TABLEAU VIII : Eau et composition pour 100 g de matières sèches d'algues alimentaires

	Eau	Protéines	Lipides	Cendres	Cellul.brute	Extractif non dosé
<u>Chlorophycées</u>						
Enteromorpha compressa	10 - 13	12 - 20	0,3 - 1,7	6 - 20	7 - 10	43 - 41
Ulva lactuca	15 - 22	15 - 23	0,1 - 0,9	14 - 29	2 - 6	41 - 51
Chlorocella vulgaris	3 - 5	55 - 67	2 - 6	6 - 9	1 - 5	18 - 26
<u>Phéophycées</u>						
Laminaria digitata						
Laminaria japonica	13 - 16	6 - 7	1 - 1,7	18 - 27	5 - 9	42 - 62
Undaria pinnatifida	10 - 18	11 - 14	0,5 - 2,0	26 - 32	5 - 5	38 - 48
Eisenia bicyclis	10 - 18	8 - 12	0,1 - 1,3	18 - 21	7	45 - 54
Hizikia fusiforme	7 - 16	5 - 10	0,8 - 1,9	16 - 34	15 - 17	30 - 52
Fucus vesiculosus	11 - 14	3 - 5	0,8 - 2	13 - 17	4 - 7	60 - 68
<u>Rhodophycees</u>						
Porphyra terrera J.	5 - 11	29 - 36	0,6 - 0,7	8 - 10	5 - 7	39 - 49
Porphyra umbilicalis F	13 - 16	19	0,7 - 0,8	36	4,2	39 - 41
<u>Cyanophycées</u>						
Nostoc commune	5 - 10	20 - 23	1,2	7,5	4,1	55
Spirulina platensis	4 - 8	64 - 69	5 - 6	5,5 - 6,8	2 - 3	16 - 18
Spirulina maxima						

SOURCE : (24)

Les constituants nutritifs des Spirulines

Après avoir vu la composition générale et la position des Spirulines par rapport aux autres algues, nous allons envisager successivement l'étude de leurs constituants nutritifs.

1.1 hydrates de carbone

Les hydrates de carbone représentent une part importante dans la composition des Spirulines. 18,5 % - 20,7 % selon LEONARD (21) et 16 - 18 % selon SAUTIER (24).

Ce qui retient particulièrement l'attention c'est la cellulose.

La teneur extrêmement basse en cellulose (0,5 - 0,7 % chez LEONARD et 2 - 3 %) chez SAUTIER, matière d'ailleurs non digérée par des monogastriques (hommes et animaux non ruminants), mérite d'être soulignée. Elle s'explique par le fait que les Spirulines n'appartiennent pas à la catégorie des plantes supérieures.

L'absence de cellulose étant précisément un facteur favorable à l'efficacité alimentaire des protéines.

1.2 lipides

Le taux de lipides dans les Spirulines est de l'ordre de 5 à 6 %. Ce qui correspond aux valeurs trouvées par FOX (10) dans le tableau suivant IX.

TABLEAU IX : Composition et caractéristiques des Spirulines

	Minimum %	Maximum %
<u>Total lipides</u>	6,0 %	7,0 %
<u>Acides gras</u>	4,9	5,7
Saturés :		
Laurique (C ₁₂)	180 mg/kg	229 mg/kg
Myristique (C ₁₄)	520	644
Palmitique (C ₁₆)	16 500	21 141
Stéarique (C ₁₈)	traces	353
Non saturés :		
Palmitoléique (C ₁₆)	1 490	2 035
Palmitolinolé- nique (C ₁₆)	1 750	2 565
Heptadécanoïque (C ₁₇)	90	142
Oléique (C ₁₈)	1 970	3 009
Linoléique (C ₁₈)	10 920	13 784
γ-Linolénique (C ₁₈)	8 750	11 970
α-Linolénique (C ₁₈)	699	7 000
Non Saponifiables	1,1 %	1,3 %
Stérols	100 mg/kg	325 mg/kg
Alcools triterpènes	500	800
Caroténoïdes	2 900	4 000
Chlorophylle a	6 100	7 600
Autres	150	1 400

SOURCE : (10)

1.3 Protéines

La richesse en protéines des Spirulines (44 à 49 % selon LEONARD et 64 à 69 % selon SAUTIER) les classe, du point de vue quantitatif, parmi les espèces les plus riches en protéines. Ces chiffres acquièrent une plus grande importance encore si on les compare aux teneurs moyennes en protéines des graines sèches de légumineuses : haricots (22 %), et soja, pourtant réputé pour sa richesse en protéines (38 %) (21).

Le tableau X suivant, emprunté à FOX (10) donne la composition des Spirulines en acides aminés.

TABLEAU X : Composition et caractéristiques des Spirulines

	Minimum (%)	Maximum (%)
Azote organique total	10,85	13,35
Azote des protéines	9,60	11,36
Protéine brute (% N x 6,25)	60,0	71,0
	% des protéines totales	
	Minimum	Maximum
<u>Acides aminés essentiels</u>		
Isoleucine	5,81	6,15
Leucine	8,17	9,26
Lysine	4,93	5,63
Méthionine	2,65	3,05
Phénylalanine	4,62	5,06
Thréonine	5,30	5,87
Tryptophane	1,37	1,59
(Lysine disponible moyenne 85 %)		
<u>Acides aminés non essentiels</u>		
Alanine	8,20	8,28
Arginine	7,43	8,42
Acide Aspartique	9,05	9,95
Cystine	0,93	0,94
Acide glutamique	12,59	13,82
Glycine	4,87	5,28
Histidine	1,48	1,52
Proline	4,18	4,46
Sérine	5,30	5,63

SOURCE : (10)

L'IFP (Institut Français du Pétrole) a également étudié les Spirulines en tant qu'aliment possible. Nous reproduisons ici le tableau XI récapitulatif.

TABLEAU XI : Composition en acides aminés de 2 échantillons de Spiruline maxima, R et M₁, tous deux exprimés en g/100 g d'échantillons et en g/100 g de protéines.

(R : Spiruline testé à Rueil - Malmaison ;

M : Spiruline testée à Mexico).

Acides aminés	g/100g échantillon		g/100g protéines	
	R	M ₁	R	M ₁
Arginine	4,65	4,15	6,41	6,45
Histidine	1,10	1,02	1,51	1,58
Isoleucine	4,52	3,87	6,24	6,02
Leucine	6,45	5,56	8,91	8,65
Lysine	3,32	2,92	4,58	4,53
Méthionine	1,92	1,59	2,65	2,45
Phénylalanine	3,28	2,83	4,53	4,40
Thréonine	3,79	3,31	5,23	5,14
Thryptophane	1,16	1,04	1,60	1,61
Valine	4,88	4,22	6,74	6,56
Alanine	5,72	4,85	7,90	7,54
Cystine	0,68	0,62	0,94	0,96
Acide Aspartique	6,46	5,98	8,92	9,29
Acide glutamique	9,09	8,54	11,55	13,28
Tyrosine	3,51	8,92	4,84	4,54
Glycine	3,53	3,17	4,87	4,92
Proline	2,52	2,34	3,48	3,63
Sérine	3,97	3,40	5,48	5,29

Les 2 tableaux ne montrent pas de grosses différences. Cependant les légères différences observées s'expliquent par le fait que les différents laboratoires ont des équipements différents et que les chercheurs peuvent interpréter différemment les lectures de leurs instruments.

Néanmoins les résultats sont très proches bien que les résultats de l'I F P datent de 1967 alors que ceux de FOX (10) datent de 1984.

En comparaison avec la teneur en acides aminés d'une protéine théorique préconisée par la FAO (2) pour satisfaire les besoins de l'homme, nous obtenons le tableau VII suivant :

TABLEAU XII : Comparaison des différents taux d'acides aminés avec la combinaison type FAO

Acides aminés	Combinaison type FAO	Spirulines (1)
Isoleucine.....	4,2	5,81
Leucine.....	4,8	8,17
Lysine	4,2	4,93
Phénylalanine.....	2,8	4,62
Tyrosine	2,8	4,84
Acides aminés soufrés		
(Méthionine + cystine)	4,2	-
Méthionine.....	2,2	2,62
Thréonine.....	2,8	5,30
Tryptophane.....	1,4	1,37
Valine	4,2	6,74

(1) voir tableau X ; minimum

Nous constatons que les Spirulines sont du point de vue qualitatif supérieures à la combinaison type FAO .

1.4 vitamines

Le fait que le taux de protéines varie dans le même sens que celui des vitamines confirme la présence de celles-ci dans les Spirulines signalée par de nombreux chercheurs.

SAUTIER (24) dans le tableau XIII suivant met en évidence la haute teneur en vitamines des algues Spirulines notamment les vitamines du groupe B.

TABLEAU XIII : Teneur en vitamines (pour 100 g de matière sèche)

	Vit. A V.I	Vit. B ₁ (mg)	Vit. B ₂ (mg)	Vit. C (mg)	Niacine (mg)	Vit B ₁₂ (mg)	Vit. E (mg)
<u>Chlorophycées</u>							
Enteromorpha compressa	900	0,06	0,30	10	8	-	-
Ulva lactuca	500	0,04	0,5	10	10	-	-
Chlorella vulgaris	40 - 70	1 - 3	3 - 8	-	20 - 30	0,2-0,4	0,1
<u>Phéophycées</u>							
Laminaria	50 - 400	0,02-0,08	0,1-0,3	1-11	1,8 - 3,5	traces	0,02-0,03
Undaria pinatifida	140	0,11	0,14	15	10	-	-
Eisenia bicyclis	50	0,02	0,20	0	2,6	-	-
Hizika fusiforme	150	0,01	0,20	0	4,6	-	-
<u>Rhodophycées</u>							
Porphyra	5000-10.000	0,2	0,8-1	20	3	-	-
<u>Cyanophycées</u>							
Spiruline	100-240	3-4	3-3,5	-	10-11	0,1-0,4	-

SOURCE : (24)

Ce tableau situe les Spirulines par rapport aux autres algues alimentaires en matière de vitamine mais ne signale pas la présence des vitamines C et E.

FOX (10), en étudiant spécialement les Spirulines prouve en plus la présence de la vitamine E (tableau XIV)

TABLEAU XIV : Teneur en vitamine des Spirulines

(mg / kg)

Vitamines	Moyenne
Biotine (H).....	0,4
Cyanocobalamine.....	2,0
Ca - Pantothénate.	11
Acide folique.....	0,5
Inositol.....	350
Acide nicotinique (pp)	118
Pyridoxine (B ₆).....	3
Riboflavine (B ₂).....	40
Thiamine (B ₁).....	55
Tocophérol (E).....	190

SOURCE : (10)

Hormis leur teneur particulièrement haute en protéines, les Spirulines possèdent également des vitamines :

- Provitamine A (carotène) qui est un facteur de régulation dans les mécanismes hypophysaires, équilibrant des hormones sexuelles, contribuant à la nutrition des os, des cartilages des vaisseaux sanguins, des parties cornées et velues, régularisant la tension etc.. ;

- Vitamine B₁ présidant à l'équilibre nerveux, combattant la constipation et le bérubéri, assurant l'oxydation des hydrates de carbone ;

- Vitamine B₁₂ qui ne se trouve nulle part ailleurs dans le règne végétal et qui est importante comme anti-ânémique, toni-cardiaque etc.. ;

- Vitamine E protégeant les muqueuses. Selon SAURY (23), les Spirulines plus proches des bactéries contrairement aux autres algues, "ne sont absolument jamais toxiques pour l'Homme".

2. Quelques éléments d'appréciation de la qualité nutritionnelle des Spirulines

2.1 Apport nutritionnel

L'apport nutritionnel des Spirulines par rapport aux besoins journaliers d'un homme a fait l'objet d'une étude minutieuse par FOX (10). Nous rapportons ici les résultats de cette analyse.

15 g de Spirulines pures fournissent

15 Kcal d'hydrates de carbone	soit 0,03 p100 des besoins journaliers
6 µg de vitamine H	0,06
25.500 µg de B carotène	8 fois
30 µg de vitamine B ₁₂	10 fois
0,8 mg de vitamine B ₁	50 p100
0,6 mg de vitamine B ₂	33
0,045 mg de vitamine B ₆	2,25

1,77 mg de vitamine pp	20
0,055 mg d'acide pantothénique	1
5,25 mg d'Inositol	5
2,85 mg de vitamine E	20
0,185 mg d'acide linoléique	2,55

Un tel supplément aura comme impact le renforcement du régime alimentaire. Il est permis donc d'espérer des bienfaits complémentaires, car les Spirulines pures sont non seulement riches en protéines de haute qualité, mais elles assurent aussi un niveau élevé de vitamine B₁₂ et de Provitamine A, éléments de vigueur humaine.

2.2 Coefficient d'utilisation digestive (C.U.D)

Le C.U.D d'une protéine représente la quantité de cette protéine qui va pouvoir traverser la barrière intestinale et donc permettre les synthèses.

Le C.U.D est donné par la formule suivante (6)

$$\text{C.U.D} = \frac{\text{Quantité d'azote ingéré} - \text{Quantité d'azote fécal}}{\text{Quantité d'azote ingéré}}$$

Les protéines végétales ont un C.U.D plus faible que les protéines animales car elles sont accompagnées de cellulose. Concernant les Spirulines, VERMOREL et COLL (26) ont trouvé chez le rat des C.U.D entre 73 et 77 p100.

2.3 Coefficient d'efficacité protéique (C.E.P)

Le C.E.P traduit le gain de poids d'un animal en croissance qui consomme comme seule source de protéines la protéine à tester. Le C.E.P est le gain de poids vif mesuré chez les animaux en croissance, divisé par la quantité de protéines ingérées.

$$\text{C.E.P} = \frac{\text{Gain de poids}}{\text{Protéines ingérées}}$$

Il traduit la capacité d'une protéine, consommée seule, à assurer la croissance.

TREMOLIERES ET SAUTIER (1) ont trouvé que le C.E.P des Spirulines représente 68 à 90 p100 de celui de la caséine. Ce qui se rapproche du résultat de FOX (10) qui trouve 74 à 87 p100.

2.4 Digestibilité

On peut donc déduire de la haute valeur du coefficient d'utilisation digestive (C.U.D) et du coefficient d'efficacité protéique (C.E.P) une bonne digestibilité des Spirulines comme le montre le résultat de FOX (10).

Digestibilité minimum 83 p100

Digestibilité maximum 84 p100

3. Toxicité

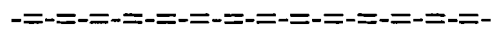
Les conditions de vie des Spirulines (température de 30 - 40°C, pH 9 - 11, concentration en sel élevée) font que la plupart de contaminants sont éliminés.

Toutefois la contamination exogène ne peut pas être évitée dans la mesure où le traitement que font subir les femmes récolteuses au Dihé ne se fait pas dans les conditions d'hygiène les meilleures.

Très peu d'études ont été faites à ce sujet. ILTIS (17) a trouvé des protozoaires, des bactéries, de larves d'insectes et des Nématodes.

Fort heureusement ces organismes ne semblent pas jouer un rôle puisque les consommateurs du Dihé ne s'en sont jamais plaints. Cela pourrait bien s'expliquer par le fait que les Spirulines produiraient leurs propres antibiotiques comme le fait remarquer FOX (10), mais également et surtout par la cuisson qui ne laisse aucune chance aux organismes de se développer.

TROISIEME PARTIE



AMELIORATIONS SOUHAITABLES ET
PERSPECTIVES D'AVENIR

La revalorisation de la filière - Dihé doit avoir comme objectif prioritaire la pérennisation des Spirulines mais également une augmentation de l'apport nutritionnel et des revenus des populations de la région. D'où une amélioration de leurs conditions de vie. De même elle doit avoir une incidence sur l'essor de l'économie nationale.

Après avoir étudié la composition chimique des Spirulines, on s'est aperçu qu'elles soutenaient favorablement la comparaison avec les autres produits alimentaires.

Actuellement le pratique traditionnelle n'est pas à la hauteur de l'importance du Dihé. Des améliorations sont donc souhaitables qui permettront d'envisager les perspectives d'avenir.

CHAPITRE 1 : AMELIORATIONS SOUHAITABLES

Elles porteront sur la qualité finale du produit ainsi que sa consommation avant d'envisager sa vulgarisation.

1. Au niveau de la qualité finale

La qualité finale du produit dépend de la récolte et du séchage.

1.1 Récolte

La récolte des algues Spirulines se fait actuellement de manière artisanale à l'aide d'un matériel rudimentaire. Les femmes utilisent des canaris, des jarres, desalebasses etc. Cette méthode est peu onéreuse certes, puisque ce matériel est destiné à d'autres fins et n'est utilisé pour la récolte qu'occasionnellement, mais elle présente plusieurs inconvénients :

- limitation des quantités récoltées ;
- présence de sable et d'autres impuretés ;
- fourniture d'un produit de qualité médiocre.

Ces inconvénients diminuent énormément la valeur nutritionnelle du Dihé limitant ainsi ses possibilités d'utilisation.

Pour remédier à cela, des tamis à mailles fines pourraient être utilisés pour éliminer les impuretés. Ces impuretés sont de l'ordre de 40 p.100 (3). On peut donc espérer une récolte d'environ le double de la quantité de Dihé récoltable et une augmentation de son degré de pureté.

1.2 Séchage

La méthode de séchage décrite plus haut pratiquée par les femmes présente également des inconvénients quant à la qualité finale du Dihé. En effet le long séjour à même le sol de la pâte molle d'algues récoltées se traduit par la présence

de sable et autres débris qui adhèrent toujours à la fin inférieure des plaquettes séchées après évaporation et absorption de l'eau. Cette méthode pourrait être abandonnée et remplacée par d'autres moyens.

Le Kanem est une région où la fabrication des nattes couvre la presque totalité des besoins du pays en nattes traditionnelles. L'utilisation de ces nattes pour le séchage du Dihé pourrait être envisagée. Elle consiste à étaler des nattes sur le sol et d'étendre la pâte d'algues récoltées sur elles. Par cette méthode, le temps de séchage est long certes, mais l'utilisation des nattes présente l'avantage d'éliminer le sable et les débris, améliorant considérablement la qualité finale du produit.

Il convient également de souligner que l'augmentation de l'activité de production de nattes, qui peut être considérée comme effet indirect, peut avoir une incidence sur le revenu des fabricants.

2. Consommation

Nous avons décrit le procédé traditionnel qui consiste à utiliser les Spirulines dans la préparation des sauces par cuisson. Ce procédé a certes l'avantage d'être adapté à la région, mais il a aussi l'inconvénient majeur de dénaturer les protéines et les vitamines présentes dans les Spirulines et diminuer ainsi leur valeur nutritionnelle.

Cette méthode pourrait être remplacée par celle qui consiste à écraser le Dihé séché en poudre et en ajouter à la sauce déjà préparée. Ce qui changerait le goût et la couleur de la sauce, mais sa valeur nutritive s'en trouverait augmentée.

On pourrait également penser à incorporer la poudre du Dihé dans d'autres aliments (pain, gateaux...) pour en augmenter la valeur nutritive.

Le stockage de cet aliment à l'état sec étant aisé, on pourrait en constituer des réserves utilisables dans des circonstances particulières.

3. Vulgarisation

Nous avons vu que la consommation du Dihé est tributaire de plusieurs facteurs : facteurs ethniques, facteurs saisonniers, degré d'"évolution" des populations.., et que son évolution n'allait pas dans le sens d'un accroissement.

Compte tenu de l'importance du Dihé, la pérennisation des récoltes s'impose pour que cette "manne céleste" ne puisse disparaître avec le temps.

Le BIEP (2) a proposé la formation de groupements de femmes récolteuses. Nous pensons qu'avant cela des moyens de diffusion et de vulgarisation du produit doivent être trouvés. Pour cela plusieurs étapes sont à envisager :

- mobiliser les moyens classiques de vulgarisation : conférences, publicité, médias, audio-visuel afin d'effectuer une large diffusion en vue d'une promotion du produit sur le marché national et international ;
- organiser un programme d'apprentissage pour les nouveaux utilisateurs à la préparation culinaire du Dihé ;
- faire figurer le Dihé au menu des cantines scolaires d'abord dans les régions où le produit est connu pour ensuite l'étendre sur tout le territoire ;
- favoriser et développer le réseau de commercialisation et les circuits de distribution.

CHAPITRE 2 : PERSPECTIVES D'AVENIR

Les Spirulines sont déjà consommées en alimentation humaine. On peut en faire également profiter les animaux et envisager de fournir une nouvelle sorte d'aliment qui pourrait intéresser aussi les pays de la région.

1. Alimentation animale

Les expériences préliminaires en alimentation animale des Spirulines entreprises par les chercheurs (4,5,8,9) semblent concluantes. Les Spirulines pourraient donc être utilisées, sous de formes diverses et sur une large échelle dans l'alimentation des animaux domestiques destinés à la consommation humaine : petit élevage (poulets, pigeons, lapin ... petits ruminants, bovins, porcs, poissons dans les étangs de pisciculture etc..

2. Remise en eau des différents sites de récolte

La principale cause de disparition des Spirulines est l'assèchement des mares et lacs. Les transformations qui se déroulent sous nos yeux (le fleuve Chari qui traverse Ndjaména et qui constitue la principale source sinon la seule qui alimente le Lac Tchad n'est plus en 1992 ce qu'il était en 1970), l'avancée du désert avec son corollaire l'ensablement de la région menacent sérieusement les sites de récoltes des Spirulines.

Pour faire face à ces phénomènes naturels et pour partager l'intérêt accordé aux Spirulines de par le monde, le TCHAD doit non seulement préserver sa production mais également l'accroître et fournir un produit de bonne qualité. Une remise en eau des différents sites asséchés ainsi que l'entretien de tous les sites peut rapidement aider à augmenter la production du Dihé.

Cet entretien serait vain s'il n'est pas accompagné d'une lutte efficace contre l'ensablement qui menace d'enterrer tous les Ouadis et les Spirulines avec.

3. Culture industrielle

La culture industrielle des algues Spirulines a pour but d'obtenir des Spirulines pures et en quantité industrielle pour couvrir les besoins locaux et éventuellement pour l'exportation.

L'intérêt d'entreprendre des cultures industrielles d'algues Spirulines paraît évident quand on pense qu'une surface donnée, cultivée en Spirulines produirait plus de protéines que n'en produirait la même surface consacrée à tout autre aliment.

DELEPTNE (23) estime que "sur une année la production d'algues sèches en culture industrielle est de l'ordre de 12 g par m² et par jour, ce qui correspond à une production de 80 kg par hectare et par jour de protéines. La production annuelle est de l'ordre d'une tonne par jour et une production journalière de 100 tonnes est envisagée pour un futur proche".

Nous avons des raisons d'être optimiste quant à ce futur proche. Comment ne pas l'être quand on sait qu'au TCHAD les possibilités existent, et l'autosuffisance alimentaire demeure l'objectif à atteindre, ce qui suppose une exploitation correcte et rationnelle de toutes les ressources qui pourraient y contribuer.

C O N C L U S I O N

Les algues Spirulines soutiennent favorablement la comparaison avec les autres produits alimentaires. Ce sont des ressources intéressantes en raison de leur richesse en protéines (50 à 70 p100, soit plus de la moitié du poids de la matière sèche) et en vitamines notamment la vitamine A, les carotènes et les vitamines du groupe B, ainsi que l'usage qu'en font les populations de la région du Kanem et du Lac TCHAD.

Malgré l'intérêt nouveau suscité par les Spirulines partout dans le monde, ce travail a montré que leur consommation n'augmente pas. En 1976 les sauces de Dihé accompagnaient la boule de mil ou de maïs 6 à 7 fois sur 10 dans la zone rurale de MAO et 2 à 3 fois seulement dans la zone urbaine. En 1992 le Dihé est à peine visible sur le marché de MAO et complètement invisible sur celui de BOL. Le risque de voir disparaître les Spirulines du TCHAD est donc grand. C'est pourquoi nous nous sommes particulièrement intéressé ici aux facteurs liés à leur consommation alimentaire.

Le premier de ces facteurs est d'ordre ethnique : la consommation du Dihé est le fait de l'ethnie Kanembou seule. Le deuxième facteur est d'ordre saisonnier : le Dihé est plus consommé en saison de mauvaise récolte. Outre ces deux facteurs, il y a surtout le passage de la campagne vers les villes (la mimique de dégoût des gens des villes à l'égard du Dihé) et le manque d'attention de la part des pouvoirs publics vis-à-vis de cette importante ressource.

Ce travail a permis par ailleurs de noter que le traitement traditionnel appliqué au Dihé ne favorise pas son acceptation par les éventuels nouveaux utilisateurs, car il dégrade la qualité finale du produit : la récolte et le séchage se font dans des conditions d'hygiène défectueuses ; présence de

sable et des débris d'organismes étrangers (larves d'insectes, Nématodes etc..).

Pour être accepté dans l'alimentation par toutes les populations tchadiennes en vue de bénéficier de ses vertus nutritives, le produit final doit avoir une bonne présentation, donc bien traité. A cet effet les améliorations souhaitables doivent porter sur :

- la récolte afin d'augmenter son degré de pureté : l'utilisation de tamis à mailles fines est proposée pour remplacer la méthode artisanale ;

- le séchage pour éliminer le sable et les autres corps étrangers : le séchage sur les nattes doit remplacer celui effectué sur le sol.

Une fois ce problème de qualité résolu, il faudra entreprendre de faire du Dihé une préoccupation nationale.

La première étape devra être la vulgarisation du produit qui portera sur :

- l'organisation des programmes d'apprentissage de nouveaux utilisateurs à la préparation culinaire du Dihé ;

- l'introduction du Dihé dans le menu de la restauration collective (cantines scolaires et universitaires, hopitaux etc..)

- l'utilisation des moyens modernes de vulgarisation : publicité, médias écrits et audio-visuels, conférences etc.. afin de promouvoir le Dihé ;

- la surveillance des sites en production par la remise en eau des mares asséchées.

La rentabilisation de cette filière pourra ensuite être envisagée par la production en quantité industrielle en vue d'approvisionner les marchés des pays de la région en Dihé.

Les Spirulines étant signalées aussi dans les lacs YOAN et OUNIANGA dans la région du Borkou - Ennedi - Tibesti (BET) à l'extrême nord du TCHAD, il serait intéressant de mener une étude ultérieure plus rigoureuse et plus complète sur la capacité de production du TCHAD en Spirulines ainsi que sur l'intégration de cette filière dans la politique globale d'auto-suffisance alimentaire.

B I B L I O G R A P H I E

1. - AUTIER, C ; TREMOLIERES, J., 1976
Valeurs alimentaires des algues Spirulines chez l'homme
Ann. Nutr. Alim., 30 : 517 - 534
2. - BEAUDET, J.C., 1973 :
Les Algues en Alimentation animale
Thèse : Méd. Vét. : Toulouse : 1977 ; 77
3. - BUREAU INTER-MINISTERIEL D'ETUDES ET DE PROGRAMMATION 1988 :
Projet de Développement de la Spiruline dans la région
du Kanem - Lac (Tchad)
Ndjaména : BIEP. - 47 p.
4. - BLUM, J.C. ; CALET, C., 1975 :
Valeur alimentaire des algues Spirulines pour la croissance
du poulet de chair -
Ann. Nutr. Alim., 29 : 651 - 674
5. - BLUM, J.C. ; GUILLAUMIN, S. ; CALET, C., 1976 :
Valeur alimentaire des algues Spirulines pour la poule pondeuse
Ann. Nutr. Alim., 30 : 675 - 682
6. - CHERNET, D, 1986 :
Les Protéines végétales
Paris : Ed. Dangles. - 189 p.
7. - DELPEUCH, F. ; JOSEF, A. ; CAVELIER, C, 1976 :
Consommation alimentaire et apport nutritionnel des algues
bleues (*Oscillatoria platensis*) chez quelques populations
du Kanem (Tchad)
Ann. Nutr. Alim., 29 : 497 - 516
8. - FADOUL, L ; AVRAM, A ; LE GUEDES, G, 1968 :
Les Algues bleues du Kanem (*Spirulina platensis*)
Rapport de mission du Centre de Nutrition et de Technologie
alimentaire dans les Préfectures du Chari-Baguirmi, du Kanem
et du Lac, Ndjaména : CNAR. - 6 p.

9. - FEVRIER, C ; SEVE, B, 1976 :
Essais d'incorporation de la Spiruline (Spirulina maxima)
dans l'alimentation pour porcins
Ann. Nutr. Alim., 29 : 625 - 650

10. - FOX, R - D, 1986 :
Algoculture : la Spiruline, un espoir pour le monde de la faim
Paris : Edisud. - 519 p

11. - INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE
Une nouvelle algue alimentaire
I F P, Mars 1967

12. - ILTIS, A, 1968 :
Tolérance de salinité de Spirulina platensis (Gom) Geitl
(Cyanophyta) dans les mares natronées du Kanem (Tchad)
Cahiers ORSTOM, série hydrobiolog., 2 : 119 - 125

13. - ILTIS, A, 1969 :
Phytoplancton des eaux natronées du Kanem (Tchad)
1 : Les lacs permanents à Spirulines
cahiers ORSTOM, série hydrobiolog., 3 : 29 - 43

14. - ILTIS, A, 1969 :
Phytoplancton des eaux natronées du Kanem (Tchad)
2 : les mares temporaires
Cahiers ORSTOM, série hydrobiolog., 3/4 : 3 - 19

15. - ILTIS, A, 1970 :
Phytoplancton des eaux natronées du Kanem (Tchad)
4 : Notes sur les espèces du genre Oscillatoria, sous-genre
Spirulina (Cyanophyta) ; [contribution à la connaissance du
bassin du Lac Tchad]
Cahiers ORSTOM, série hydrobiolog., 4 : 129 - 133

16. - ILTIS, A, 1971 :
Phytoplancton des eaux natronées du Kanem (Tchad)
5 : Les lacs mésohalins
Cahiers ORSTOM, série hydrobiolog., 5 : 73 - 84
17. - ILTIS, A, 1971 :
Notes sur Oscillatoria (Sous genre Spirulina)
platensis au Tchad
Cahiers ORSTOM, série hydrobiolog., 5 : 53 - 72
18. - ILTIS, A, 1975 :
Phytoplancton des eaux natronées du Kanem (Tchad)
10 : Conclusions
Cahiers ORSTOM, série hydrobiolog., 9 : 13 - 17
19. - JARDIN, Cl, 1968 :
Les Algues bleues du Kanem (Spirulina plantensis)
Extraits du "Rapport sur une visite dans trois pays africains : Niger, Cameroun, Tchad"
Rome : FAO. - 4 p.
20. - LANNOY, DE M. 1991 :
Inventaire des Ouadis du Kanem
Rapport d'étude - Projet TCP/CHD/8953
Rome : FAO. - 72 p.
21. - LEONARD, J. ; COMPERE, P, 1967 :
Spirulina plantensis, algue bleue de grande valeur alimentaire par sa richesse en protéines
Bull. Jard. Bot. Nat. Belg., 37 (suppl) : 1 - 23
22. - QUILLET, M, 1975 :
Recherche sur les substances glucidiques élaborées par Spirulines
Ann. Nutr. Alim., 29 : 553 - 561.

23. - SAURY, A, 1982 :
La Spiruline, un espoir pour le monde de demain
Paris : Ed. Dangles. - 147 p.
24. - SAUTIER, C, 1987
Les algues en alimentation humaine
Cah. Nutr. Diét., XXII (6) : 469 - 472
25. - SOCIETE NATIONALE DE COMMERCIALISATION DU TCHAD, 1970

L'algue du Tchad ou Dihé
Fort-Lamy : SONACOT
26. - VERMOREL, M. ; TOULEC, G. ; DUMOND, D. ; PION, R, 1975
Valeur protéique et énergétique des algues bleues Spirulines
supplémentées en acides aminés : utilisations digestives
et métaboliques par le rat en croissance
Ann. Nutr. Alim., 29 : 535 - 552
27. - ZARROUK, C, 1966 :

Contribution à l'étude d'une cyanophycée. Influence de
divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance
et la photosynthèse de Spirulina maxima
(Setch. et Gardner)
Thèse : Sciences : Paris.

// **ERMENT DES VETERINAIRES DIPLOMES DE DAKAR**

"Fidèlement attaché aux directives de Claude BOURGELAT, Fondateur de l'Enseignement Vétérinaire dans le Monde, je promets et je jure devant mes maîtres et aînés :

- d'avoir en tous moments et en tous lieux le souci de la dignité et de l'honneur de la profession vétérinaire,

- d'observer en toutes circonstances les principes de correction et de droiture fixés par le Code déontologique de mon pays ,

- de prouver par ma conduite, ma conviction que la fortune consiste moins dans le bien que l'on a, que dans celui que l'on peut faire,

- de ne point mettre à trop haut prix le savoir que je dois à la générosité de ma patrie et à la sollicitude de tous ceux qui m'ont permis de réaliser ma vocation.

"QUE TOUTE CONFIANCE ME SOIT RETIREE S'IL ADVIENNE QUE JE ME PARJURE".

Le Candidat

V U
LE DIRECTEUR
DE L'ECOLE INTER-ETATS
DES SCIENCES ET MEDECINE
VETERINAIRES

LE PROFESSEUR RESPONSABLE
DE L'ECOLE INTER-ETATS DES
SCIENCES ET MEDECINE
VETERINAIRES

V U
LE DOYEN
DE LA FACULTE DE MEDECINE
ET DE PHARMACIE

LE PRESIDENT DU JURY

Vu et permis d'imprimer.....

Dakar, le.....

LE RECTEUR, PRESIDENT DE L'ASSEMBLEE DE L'UNIVERSITE DE DAKAR