

Année 1982

N° 16

UTILISATION D'UNE FOUGERE D'EAU DOUCE

(Salvinia nymphellula)

EN ALIMENTATION DES VOLAILLES

ETUDE PRELIMINAIRE

THESE

*Présentée et soutenue publiquement le 30 Juin 1982 devant la Faculté de
Médecine et de Pharmacie de DAKAR pour obtenir le grade
Docteur Vétérinaire (DIPLOME D'ETAT)*

Par Jean Yaovi HOUNKANLI

né le 22 Mars 1951 à AVEVE (TOGO)

PRESIDENT DU JURY

Monsieur François DIENG
Professeur à la Faculté de Médecine
et de Pharmacie de DAKAR

RAPPORTEUR

Monsieur Ahmadou Lamine NDIAYE
Professeur à l'E.I.S.M.V. de DAKAR



MEMBRES

Monsieur Henri TOSSOU
Professeur à la Faculté de Médecine et
de Pharmacie de DAKAR

Monsieur Alasane SERE
Maître de Conférence à l'E.I.S.M.V.
DAKAR

6. HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREES D'ORIGINE ANIMALE

| | |
|-----------------------|------------------|
| N..... | Professeur |
| Malang SEYDI..... | Maître-Assistant |
| Peter SCHANDEVYL..... | Assistant |
| Eugène BIADJA..... | Moniteur |

7. MEDECINE - ANATOMIE PATHOLOGIQUE - CLINIQUE AMBULANTE

| | |
|---------------------------|------------|
| N..... | Professeur |
| Roger PARENT..... | Assistant |
| Théodore ALOGNINOUBA..... | Assistant |

8. REPRODUCTION ET CHIRURGIE

| | |
|-------------------------------------|------------------|
| N..... | Professeur |
| Papa El Hassan DICP..... | Maître-Assistant |
| Fidèle Molélé MBAINNINGATOLOUM..... | Moniteur |

9. MICROBIOLOGIE - PATHOLOGIE GÉNÉRALE - MALADIES
CONTAGIEUSES ET LEGISLATION SANITAIRE

| | |
|--------------------------|----------------------------|
| N..... | Professeur |
| Justin Ayayi AKAKPO..... | Maître-Assistant |
| Jacques FUMCUX..... | Assistant |
| Pierre BORNAREL..... | Assistant de Recherches |

10. ZOOTECHE - ALIMENTATION - DROIT - ECONOMIE

| | |
|----------------------------|------------|
| Ahmadou Lamine NDIAYE..... | Professeur |
| Oumarou DAWA..... | Assistant |
| Rémi BESSIN..... | Moniteur |

II.- PERSONNEL VACATAIRE :

BIOPHYSIQUE

René NDOYE : Maître de Conférences
Faculté de Médecine et de Pharmacie
Université de DAKAR.

Alain LECOMPTE : Chef de Travaux
Faculté de Médecine et de Pharmacie
Université de DAKAR

PHARMACIE - TOXICOLOGIE :

Mamadou BADIANE : Docteur en Pharmacie

BIOCHIMIE PHARMACEUTIQUE :

Mme Elisabeth DUTRUGE : Maître-Assistant
Faculté de Médecine et de Pharmacie
Université de DAKAR

Amadou DIOP : Assistant
Faculté de Médecine et de Pharmacie
Université de Dakar

AGRONOMIE :

Simon BARRETO : Maître de Recherches - O.R.S.T.O.M.

BOTANIQUE :

Guy MAYNART : Maître-Assistant
Faculté de Médecine et de Pharmacie
Université de DAKAR

DROIT ET ECONOMIE RURALE :

Mamadou NIANG : Chercheur à l'I.F.A.N.
Université de DAKAR

ECONOMIE GENERALE :

Oumar BERTE : Assistant
Faculté des Sciences Juridiques et Economiques
Université de DAKAR

III.- PERSONNEL EN MISSION : (Prévu pour 1981 - 1982)

ANATOMIE PATHOLOGIQUE GENERALE :

Michel MORIN : Professeur
Faculté de Médecine Vétérinaire
Saint Hyacinthe - QUEBEC

ANATOMIE PATHOLOGIQUE SPECIALE :

Ernest TEUSCHER : Professeur
Faculté de Médecine Vétérinaire
Saint Hyacinthe - QUEBEC

BIOCHIMIE VETERINAIRE :

François ANDRE : Professeur
E. N.V. - NANTES

CHIRURGIE :

André GENEVOIX : Professeur
E. N. V. TOULOUSE

PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION - OBSTETRIQUE :

Jean FERNEY : Professeur
E.N.V. TOULOUSE

PATHOLOGIE DES EQUIDES :

Jean Louis POUCHELON : Maître de Conférences
E.N.V. - ALFORT

PATHOLOGIE BOVINE :

Jean LECOANET : Professeur
E.N.V. - NANTES

PATHOLOGIE GENERALE - MICROBIOLOGIE - IMMUNOLOGIE :

Jean OUDAR : Professeur
E.N.V. - LYON

PATHOLOGIE INFECTIEUSE :

Jean CHANTAL : Professeur
E.N.V.- TOULOUSE

PARASITOLOGIE :

Jean BUSSIERAS : Professeur
E.N.V. - ALFORT.

JE DEDIE CE TRAVAIL ...

- A la mémoire de mon fils Komi Christian-Bernard que la mort a très tôt arraché à notre affection.
Que la terre te soit légère.

- A mon père :
Tu as tout mis en œuvre pour nous donner une éducation exemplaire
Puisse ce travail, fruit de ta patience et de tes sacrifices, témoigner de ma profonde gratitude.

- A ma mère :
Ta patience et ton courage méritent récompense. Puisse ce travail t'apporter consolation et satisfaction.

- A ma femme Pauline, née MAVUSI :
Ta patience et ton soutien moral, m'ont permis de réussir dans la voie que j'ai choisie.
Gage de mon amour éternel et de ma reconnaissance pour ton courage et ta confiance.

- A ma fille Abia Dzimédo.
Ta présence m'a été précieuse pour la réalisation de ce travail.
Puisse-t-il t'inciter à mieux faire et t'exhorter à plus de sagesse et de courage.

- A mes beaux parents :

- A mes beaux frères et belles sœurs :
Sincères affections et reconnaissance profonde.

- A mes frères, sœurs, cousins et cousines :
Ce travail est le votre, puisse, se resserrer davantage l'attachement fraternel qui nous lie.

- A mes oncles et tantes :
Vous m'avez tous aidé à grandir sagement à l'abri de tout besoin.
Soyez assurés de ma reconnaissance.

.../...

- A mes neveux et nièces :
Puisse ce travail vous inciter à mieux faire.
- A Madame et Monsieur BOCANDE et leurs enfants B.B. et Christian.
Nous avons vécu à Dakar sept années durant sous vos ailes protectrices. Soyez assurés de notre amour filial et de notre reconnaissance éternelle.
- A Madame et Monsieur AGBA :
Nous apprécions les innombrables services que vous nous avez rendus durant notre séjour à Dakar.
Hommage respectueux.
- A Madame et Monsieur BEFINOANA :
Nous espérons vous retrouver un jour.
Toutes nos amitiés.
- A Madame et Monsieur GASHHEREBUKA :
Vous êtes des amis sur lesquels on peut compter à tout moment.
Nous comptons sur vous pour parfaire l'unité africaine.
- A Madame et Monsieur SENCOUVO François :
Vous nous avez mille fois accueilli dans votre foyer et facilité notre séjour à Dakar.
Profonds sentiments de respect.
- Aux familles
AMEGANDJI, TRINNOU, DOH D'Amlamé, DZANGNIKPC, AKPO, AMEDEGNATO, ASSIGBE, Lansana DIEDHIU, SENCOUVO, AZIAGBLE, TOGBE, SAGBO, NATHNIEL :
En souvenir de tout ce que vous avez fait pour moi.
- Aux familles BOULLEYS, ATTIASSE, MBATTOLOUM, NDIAYE Mamadou, TOBIT, BEMBARA, NABOHO et celles dont les noms m'échappent, pour que notre amitié se traduise par une coopération étroite entre tous nos pays.

- A TRINNOU Kodjovi GABRIEL,
- A Mesdemoiselles
Marie SAMBOU, Suzane CHOUEIN, et Cécile BEGUENOU :
Meilleurs souvenirs et toute ma gratitude.
- A mon Eternel ami T SOGBALE Félix et famille ;
Pour votre sincérité et votre dévouement.
- Aux Docteurs Vétérinaires :
ZATO, AGBA, AKAKPO, FREITAS, MAWUENA, GNAGNA,
GNORONFOUN née AHYI, AMEGANVI, DJABAKU HADZI ODOU,
ADOW.
Vos conseils ne nous ont jamais fait défaut. Nous comptons
encore sur vous pour réussir notre métier.
- A mes amis
BLEWUSSI Dora, AMETOWOU Paul, HOUETOGNON Richard,
NUMADI Seth, FOLLY ANtoine, BRIKOU Simon, GASSAMA Mamadou
Pour que s'éternisent les bonnes relations qui nous lient.
- Aux Docteurs
AKUE Bernard, Aflagh, GANIOU, KENGBO GOEH, DOSSA,
MOLELE, BA Abou Sidi et familles
fraternelles amitiés.
- A mes compagnons, AKUE, GANDI, BATOMA, GBETOGBE, KOUDANDE,
AGBERE, AKAYEZU
En souvenir des moments difficiles passés ensemble à Dakar.
- A tous mes camarades de promotion.
- A tous mes collègues enseignants du Collège St. Joseph de Cluny,
Beaudelaire, Ibrahima DIOP.
- A tous mes élèves,

- A tous les étudiants Togolais à l'E.I.S.M.V. et à Dakar.
- A tous ceux qui n'ont pas trouvé leurs noms ici
Toutes mes excuses.
- A tous ceux qui m'ont aidé à des titres divers dans la vie.
- A tout le personnel de l'E.I.S.M.V.
- A TRAORE, HANE, GAYE et DICP.
- Au Peuple Togolais.
- Au Peuple sénégalais pour son hospitalité.
- A tous nos maîtres.
- A nos Juges.
- A Monsieur François DIENG
Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar :
qui nous a fait le grand honneur d'accepter la Présidence de notre
Jury de thèse.
Soyez assuré que votre disponibilité permanente, votre sourire,
et votre sensibilité humaine nous ont profondément marqué.
- A Monsieur Ahmadou Lamine NDIAYE
notre rapporteur et Directeur de thèse,
Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar.
qui a conduit ce travail du début jusqu'à la fin, votre souci constant
du travail parfait, votre enseignement clair et précis, votre disponi-
bilité et votre humanisme vous honorent auprès de nous tous.
Profonds sentiments d'admiration et de gratitude.
- A Monsieur Alassane SERE : Maître de Conférence à l'EISMV de Dakar,
qui a accepté avec enthousiasme de faire partie de notre Jury de
thèse.
Votre assistance, vos grandes qualités humaines, la rigueur
avec laquelle vous conduisez vos multiples travaux, et votre goût
pour un travail bien fait font de vous un exemple à suivre.
Profonds sentiments d'admiration et de respects.

- A Monsieur Henri TOSSOU : Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie,

Vos nombreuses occupations ne vous ont pas empêché de participer à notre jury de thèse.

Profonds remerciements.

- Au Docteur FACHO Balam Faustin.

Vous nous avez suggéré ce travail que vous avez suivi avec attention au début. Aujourd'hui nous regrettons votre absence.

Toute notre reconnaissance.

Nos remerciements :

- Au Docteur Roger PARENT

- Au Docteur DAWA

- Au Docteur MAYNART

- A Monsieur Abdoulaye SANOKHO du département de Botanique de la Faculté des Sciences,

- A Monsieur Guibril TALL

- A Monsieur Adama GAYE et Edmond BAGHAZI

- A Monsieur Moussa DICP et la Fondation L.S. SENGHOR

- et à tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

Votre apport a été d'un grand intérêt.

"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".-

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

Le déficit alimentaire dans le monde en général et plus particulièrement dans les pays dits "Sous-développés", prend de nos jours des dimensions de plus en plus inquiétantes.

L'homme ne mangeant pas à sa faim, il lui est naturellement difficile de céder une partie de sa nourriture aux animaux.

Si les herbivores ruminants peuvent être soustraits dans une certaine mesure de cette compétition entre l'homme et les animaux sur le plan alimentaire, le problème est tout à fait autre pour les volailles qui partagent avec l'homme certains produits agricoles (céréales) et animaux (viandes, poissons).

Cet état de chose a poussé les chercheurs, ces derniers temps, à trouver d'autres sources alimentaires pour les animaux (levures, algues, plantes fourragères, sous-produits agro-industriels et animaux etc...).

Par ailleurs, la coloration de certaines productions animales, par son influence psychologique sur le consommateur, représente un facteur essentiel du choix de l'acheteur. (MAINGUY et ROUQUES(30).).

Ce problème se pose très peu aujourd'hui dans nos pays "sous-développés" où il est plutôt question de la couverture quantitative des besoins ; mais dans la plupart des pays Européens, la préférence est donnée par exemple à l'œuf ayant une teinte jaune dorée relativement soutenue.

C'est dans cette optique que beaucoup d'efforts ont été accomplis par les chercheurs dans le sens de la normalisation et de l'élévation de l'intensité de la coloration du jaune d'œuf.

La couleur du jaune d'œuf ou de la chair des poulets, est essentiellement une conséquence de l'accumulation des pigments caroténoïdes contenus dans quelques matières premières (maïs jaune, gluten...) qui entrent dans la composition de la ration de ces animaux.

Nous avons voulu participer à ces efforts en introduisant dans l'alimentation des volailles, une Fougère aquatique, Salvinia nymhellula, dont la présence est signalée dans de nombreux pays d'Afrique en particulier au niveau des cours d'eau, lacs et barrages.

Les travaux précédemment effectués au département de Zootechnie-alimentation de l'E.I.S.M.V., ont montré que cette Fougère est riche en caroténoïdes totaux : 125 mg/kg M.S.(19). Il s'agit pour nous de tester cette plante en alimentation des volailles qui semblent présenter une prédilection à la consommation de cette Fougère.

Aucun travail n'a été effectué auparavant sur cette plante comme source alimentaire des animaux.

Dans le cadre des recherches du laboratoire de Zootechnie-Alimentation de l'E.I.S.M.V., nous avons entrepris l'expérimentation de la valeur nutritionnelle de Salvinia nymhellula chez les poules pondeuses et poulets de chair.

Il s'agit d'un travail préliminaire dont nous nous proposons de présenter les résultats en deux grandes parties.

La première partie sera consacrée à l'étude des conditions de production de cette plante.

Dans la deuxième partie, nous livrerons les résultats d'analyses chimiques et ceux obtenus à l'issue de nos essais alimentaires avec cette plante.-

P R E M I E R E P A R T I E

C H A P I T R E I.

GENERALITES SUR LES FOUGERES.

L'Embranchement des Ptéridophytes qui constitue une des plus grandes divisions du règne végétal, doit son nom au fait qu'un grand nombre de ses espèces, surtout celles que l'on appelle communément du nom de Fougère, possèdent des frondes, rappelant par leur esthétique, les ailes plumeuses des oiseaux.

En effet, en Grec, les vocables "Pteron" et "Phyton" signifient respectivement aile et plante dans le sens général du mot.(46).

Les Ptéridophytes sont les plus évolués des Cryptogames vasculaires. Ils présentent encore un cormus semblable à celui des Cormophytes phanérogames, c'est-à-dire les plantes supérieures Angiospermes et Gymnospermes. Ils ont des racines, (à l'exception de quelques espèces qui n'ont que des Rhizomes comme les Hydroptéridées, de véritables feuilles, souvent très développées et une tige ou stipe proprement dit avec des vaisseaux. C'est pour cette raison que les Ptéridophytes sont appelés des Cryptogames vasculaires.

Ces plantes sont dépourvues de fleurs et, par conséquent : les fruits et les graines sont remplacés dans leur fonction par d'autres organes. On peut ainsi comparer dans un certain sens, la fleur des Phanérogames au gamétophyte des Cryptogames à archégonies ; la graine des Spermaphytes aux sporocarpes des Cryptogames(46).

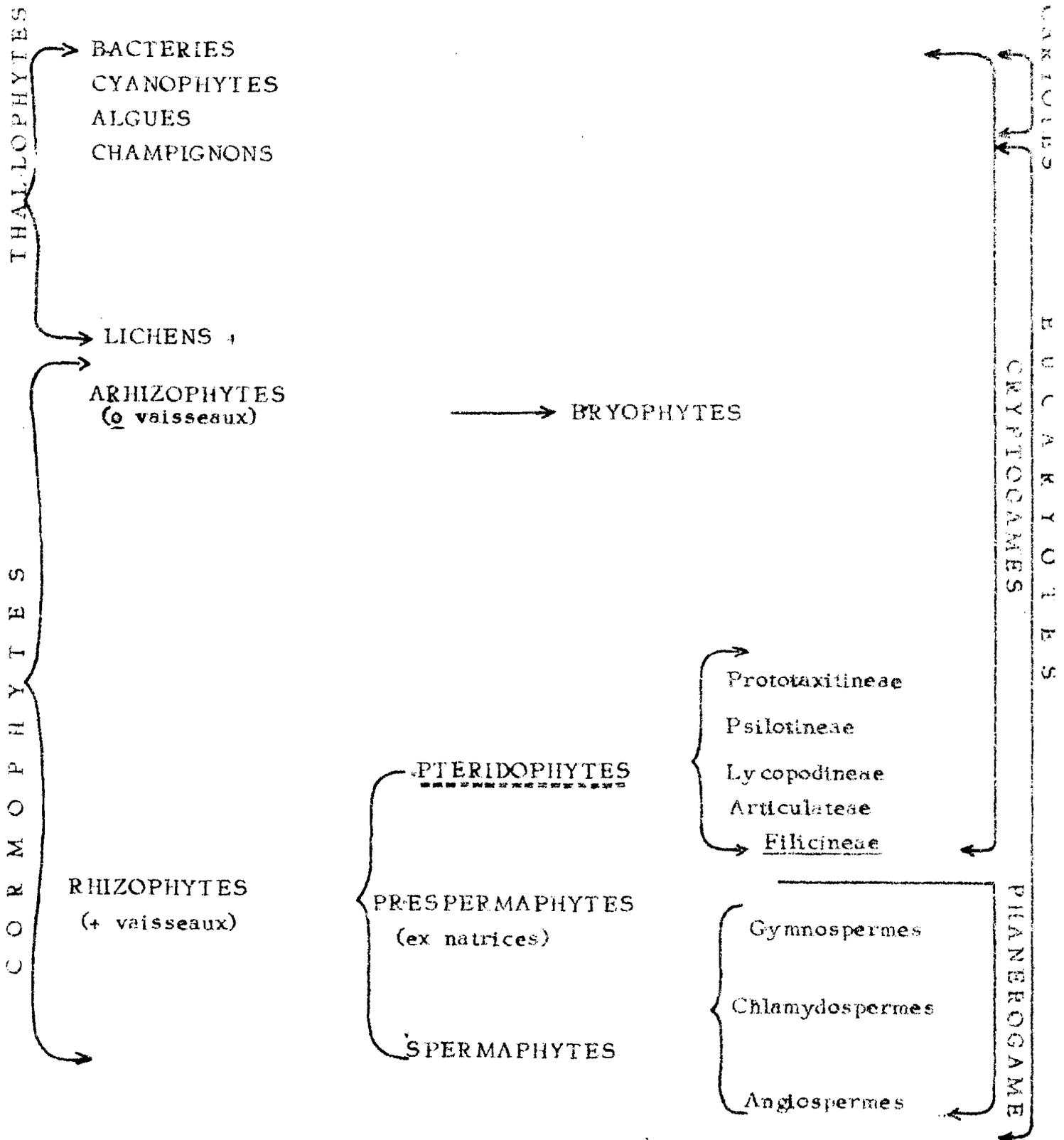
Chez ces plantes, le sporophyte, c'est-à-dire la plante feuillée née de la fécondation des organes reproducteurs sexués, est toujours plus développé que le gamétophyte qui est le prothalle.

Les Ptéridophytes se situent dans la classification systématique du règne végétal entre les Cryptogames proprement dits et les plantes à fleurs ou Phanérogames. L'absence de fleur les rapproche des premiers, mais la présence d'un système vasculaire différencié les apparente aux seconds.

Ces végétaux classés pourtant en rang inférieur, sont des Eucaryotes terrestres, aquatiques ou amphibiens. C'est précisément sur l'une des Familles de cet Embranchement (les Salviniaceae) que porte notre étude.

I.- PLACE DU GENRE *Salvinia* chez les végétaux

A.- Place dans la classification générale des végétaux.



+ Association Symbiotique : Algues + Champignons.

B.- PLACE DANS LA CLASSIFICATION DES FILICINEAE(18).

Tous les auteurs qui se sont intéressés à la classification des Ptéridophytes, sont d'accord que cet Embranchement regroupe cinq grandes Classes.

Cette classification est essentiellement basée sur des critères tirés de la feuille, de la forme de la tige et aussi des sporanges et des spores (46)

1) CLASSE DES PROTOTAXITINEAE.

Ce sont des végétaux divers très anciens.

2) CLASSE DES PSILOTINEAE.

Elle renferme beaucoup d'espèces fossiles.

3) CLASSE DES ARTICULATEAE.

4) CLASSE DES LYCOPODINEAE.

5) CLASSE DES FILICINEAE.

Sous-classe des Aphyllorphorées

a)- Groupe des EUSPORANGIEES

b)- Groupe des LEPTOSPORANGIEES HOMOSPOREES

c)- Groupe des LEPTOSPORANGIEES HYDROPTERIDEES

. Ordre des MARSILEALES

. Ordre des SALVINIALES

... Famille des SALVINIACEAE

- genre Salvinia

- genre Azolla.

La classe des Filicineae qui nous intéresse dans notre étude comprend à l'heure actuelle, plus de 10.000 espèces et ce nombre augmente de jour en jour.

..//..

II) BIOLOGIE DES FOUGERES.

Dans ce paragraphe, nous resterons dans le cadre général pour ce qui concerne l'étude du cycle vital des Ptéridophytes. Nous évoquerons, en passant, les modalités de reproduction uniquement chez les Salviniales. Nous mettrons également l'accent sur la répartition géographique, l'habitat et le mode de nutrition de ces plantes.

A.- HABITATS ET REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES PTERIDOPHYTES.

1°) Habitats.

Le milieu de vie des êtres vivants, singulièrement celui des plantes comporte, deux types de facteurs écologiques : le sol et le climat.

- La majorité des cryptogames vasculaires sont des plantes qui vivent sur des sols riches en humus. Certaines préfèrent par exemple les sols riches en calcaire, d'autres au contraire sont calcifuges et silicoles etc. Quelques espèces de Fougères sont aquatiques et nagent librement sur l'eau (*Salvinia*, *Azolla*). On en trouve qui sont amphibiés et peuvent supporter de longues périodes de dessiccation des mares.

On peut rencontrer aussi des Ptéridophytes dans les eaux saumâtres des estuaires tropicaux, dans les marécages et parfois même au niveau des barrages(3).

- Pour ce qui concerne les facteurs climatiques, nous retiendrons ici l'importance de la température et de la luminosité qui influent beaucoup sur la croissance, le développement et, par conséquent, la morphologie des Fougères.

En effet, les Fougères qui dans les pays chauds croissent librement sur les sols, les eaux, les rochers ou sur les arbres ne sont plus représentées dans les pays tempérés que par quelques rares espèces. On note parfois une certaine adaptation au climat chez quelques Fougères.

2°) Répartition géographique des Fougères.

Les spores des Fougères, extrêmement légères et nombreuses peuvent être transportées par le vent à grande distance, et franchir d'un seul "vol" les océans.

Pour justifier le développement de certaines plantes dans les régions où celles-ci n'existaient pas, les auteurs ont émis l'hypothèse d'une dissémination des spores par les voyageurs. Cependant, les exigences écologiques des Fougères limitent leur répartition dans certaines zones du monde.

On rencontre aujourd'hui très peu d'espèces cosmopolites comme les genres Pteridium et Salvinia.

D'une manière générale, la répartition géographique des Fougères correspond en gros à celle des forêts. Les régions tropicales et subtropicales sont les plus favorables à leur développement.

La presque totalité des espèces du genre Salvinia vivent dans les régions chaudes. Il existe néanmoins quelques espèces dans les régions tempérées (Salvinia natans par exemple).

Nous pouvons donc retenir que les Ptéridophytes qui sont des plantes hydrophiles, vivent dans des milieux et sous des climats divers. Mais la majorité de ces plantes poussent dans les régions tropicales. C'est dans ces zones écologiques naturelles, qu'elles trouvent l'essentiel des éléments nécessaires à leur croissance et développement.

B.- MODE DE NUTRITION DES FOUGERES.

Bien qu'étant des végétaux inférieurs, le mode de nutrition des Ptéridophytes est le même que celui des plantes supérieures Phanérogames. Ces plantes puisent dans leur biotope naturel grâce à leur système racinaire, les solutions minérales, par le phénomène d'osmose.

Pour leur nutrition, les Ptéridophytes tout comme d'autres plantes ~~neut~~otrophes, ont besoin de Carbone, d'Azote, d'Oxygène, de Phosphore, de Calcium et surtout de Fer pour leur synthèse chlorophyllienne.

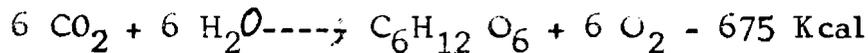
L'analyse chimique des Fougères et singulièrement de Salvinia, révèle la présence de tous ces éléments minéraux qu'elles ont puisé dans leur biotope. Comme les autres plantes aquatiques, les Hydroptéridées concentrent dans leurs cellules d'importantes quantités de minéraux(32).

RECHERCHE DE
L'INSTITUT DE
DOKKAI
DOKKAI

L'absorption de ces matières minérales par les Fougères se fait en grande partie par les poils absorbants et dans une moindre mesure par les feuilles et le rhizome(1). Les éléments minéraux pour être absorbés, doivent être réduits sous forme d'ions dissouts, adsorbés par les colloïdes ou être intégrés dans des complexes sous forme de chélates.

En ce qui concerne les espèces du genre Salvinia, en réalité, c'est l'ensemble des parties poilues de ces Fougères qui joue le rôle d'appareil racinaire.

- Par le phénomène de l'assimilation chlorophyllienne, les Hydroptéridées absorbent le gaz carbonique dissout dans l'eau du milieu de vie et celui de l'atmosphère. Grâce à la chlorophylle, ce gaz carbonique est décomposé à l'intérieur de la cellule végétale, puis le carbone est retenu et il y a libération d'oxygène suivant la réaction fondamentale bien connue :



C'est une réaction endothermique qui ne se produit qu'en présence de la lumière. Ceci explique peut être pourquoi Salvinia ne pousse guère à l'ombre.

- De même, l'Azote est indispensable à la multiplication et à la croissance des Fougères. Il est même recommandé d'ajouter régulièrement dans les milieux de cultures de Salvinia, des sources d'Azote pour hâter la croissance(23).

C.- MULTIPLICATION DES FOUGERES.

On distingue chez les fougères deux modes de reproduction différents : la reproduction sexuée et la reproduction asexuée.

Chaque groupe de Fougères présente une particularité dans son cycle vital. Nous n'envisagerons que le cas général du cycle vital.

1°) La reproduction sexuée.

La reproduction sexuée implique toujours l'existence de gamètes qui se forment par méiose (réduction chromatique) à partir de cellules particulières du prothalle des Fougères.

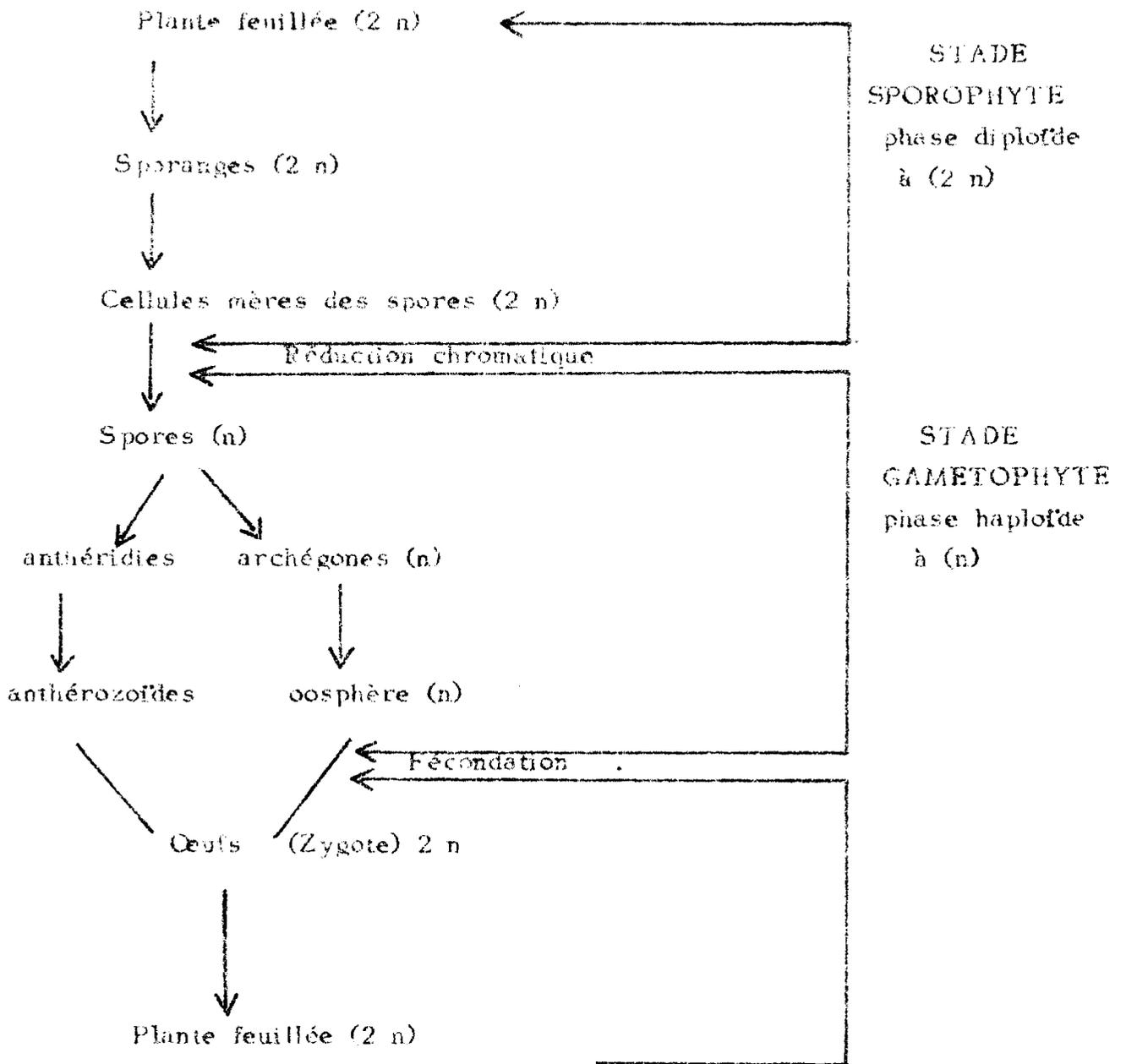
Chez les Fougères, le cycle vital présente toujours la succession de deux stades fort différents et indépendants l'un de l'autre. Le premier stade ou stade sporophytique est représenté par la plante feuillée qui porte les sporanges qui contiennent les spores.

Ces spores sont soit d'un seul type (Isosporie) soit de deux types (hétérosporie) comme chez les Salviniales.

Le deuxième stade est représenté par le stade gamétophyte. C'est le stade sexué proprement dit.

Le gamétophyte est réduit au prothalle : organe de petite taille, lamellaire, ou filamenteux, issu de la germination des spores. Il porte les cellules mâles et femelles contenues respectivement dans les anthéridies et les archégonies.

Les anthérozoïdes et les oosphères fusionnent par le phénomène de la fécondation et l'œuf qui en résulte, se développe en un embryon qui est à l'origine du futur sporophyte, et le cycle est ainsi bouclé suivant le schéma :



Chez les SALVINIALES ordre dont fait partie le genre Salvinia sur lequel porte notre étude, le premier stade est réduit aux feuilles et aux rameaux ordinaires. Ces rameaux portent les feuilles fertiles finement découpées en lamère. Les spores sont contenues dans des sporocarpes globuleux, presque entièrement entourés par l'indusie et contiennent une seule sorte de sporange.

Les premiers sporanges qui se forment sont des mégasporanges qui contiennent à maturité une seule mégaspore.

Les microsporangies qui se forment secondairement, sont très nombreux et contiennent 64 microspores. Ces spores libérées, germent à la surface de l'eau pour donner le prothalle après avoir subi le phénomène de réduction chromatique.

Le stade gamétophyte débute donc par la formation des prothalles unisexués qui germent dans les spores mêmes. Le prothalle mâle est très réduit, les spermatozoïdes sont spiralés. Le prothalle femelle est chlorophyllien chez les Salviniales et contient un seul archégone.

Les deux gamètes mâle et femelle entrent ensuite en fécondation et l'embryon qui en résulte, à mesure qu'il se développe, se dirige vers la surface de l'eau et devient flottant.

Chez les Salviniales comme chez la plupart des Fougères aquatiques, la reproduction sexuée est rare. Ces plantes se reproduisent habituellement par le deuxième mode de reproduction : la reproduction asexuée ou multiplication végétative.

2°) Multiplication végétative.

Les Fougères aquatiques se reproduisent de façon végétative à une allure étonnante en recouvrant entièrement la surface des eaux en quelques semaines.

La reproduction asexuée est le mode de reproduction le plus rudimentaire qui se fait en général grâce à la présence de bourgeons ou de bulbilles sur les rhizomes ou à l'aisselle de certaines frondes. Ainsi si la

fronde meurt, le bourgeon redonne un rhizome qui produit lui-même de nouvelles bifurcations et de nouvelles frondes(1).

Au cours de nos essais de culture de Salvinia nymphellula et S. auriculata, nous avons remarqué que les individus les plus fragmentés croissent beaucoup plus vite que les individus très ramifiés.

Toutes les parties d'un sujet, (rhizome, foliole, feuilles immergées et poils) sont absolument nécessaires pour la survie et la croissance de celui-ci.

Si par exemple on débarrasse une fronde entière de ses feuilles immergées ou flottantes, il cesse de croître et pourrit à la surface de l'eau.

Ces observations confirment le rôle très important que jouent les feuilles et rhizomes dans la nutrition de Salvinia.

Nous pouvons donc dire que les Ptéridophytes qui vivent dans des milieux variés, assurent leur descendance principalement par la reproduction végétative.

III.) ETUDE SPECIALE DES SALVINIACEAE.

A.- CARACTERES GENERAUX DES SALVINIACEAE.

Les Salviniaceae sont des Fougères aquatiques flottantes, sans racine, à feuilles circinées en apparence verticillées par deux, plus ou moins sessiles, ovales et échancrées(19 ; 46).

La partie submergée de la plante porte des sporocarpes : organes reproducteurs, présents uniquement sur les sujets âgés. La présence de ces sporocarpes est retenue aussi comme critère d'identification et de classification de Salvinia. A Dakar, nous avons remarqué sur Salvinia nymphellula, que les sporocarpes apparaissent sur les plantes en culture au mois d'octobre et disparaissent vers le mois d'Avril. En dehors de cette période, on n'en trouve pas sur les sujets. On peut considérer que la période de reproduction sexuée de Salvinia nymphellula, se situe entre le mois de Janvier et

Février où les sporocarpes sont assez mûrs. Ces sporocarpes sont globuleux, unilobulaires et brièvement pédicellés. Ils s'attachent à la base des feuilles immergées. Plaque n°1.

Dans le genre Salvinia, on rencontre beaucoup de variétés morphologiques qui sont fonction des conditions de vie du milieu de culture.

La durée du cycle de la plante dans le milieu de vie naturelle est en moyenne de 6 mois ; mais au laboratoire et dans des conditions de vie très favorables, (Jardin botanique de la Faculté des Sciences de Dakar) nous avons pu obtenir des plantes adultes en 6 semaines aux mois de Juillet-Août 1961. Le vieillissement de cette Famille se traduit par le pourrissement du système racinaire et le fanage des feuilles.

B.- REPARTITION GEOGRAPHIQUE DE SALVINIA.

Les espèces du genre Salvinia sont en général des plantes cosmopolites ; mais la grande majorité de ces végétaux vit principalement dans les régions tropicales. Très peu d'espèces de Salvinia poussent en régions tempérées comme Salvinia natans, qui a été signalée en Allemagne, en France, en Belgique, en Pologne, en Turquie, en Suède, au Canada et en U.R.S.S. On signale par ailleurs Salvinia europaea dans les mêmes zones.

Dans les pays d'Amérique du Sud, comme au Brésil et en Argentine, on rencontre fréquemment Salvinia auriculata, S. azolla, S. biloba...

À Madagascar et dans les îles Comores une seule espèce a été signalée : c'est Salvinia hastata.

En Asie et plus particulièrement en Chine et en Inde croissent surtout Salvinia imbricata et Salvinia verticillata.

En Afrique du Sud et spécialement dans le lac Kariba, ~~MICHELLO~~ a signalé la présence de Salvinia molesta ; alors que J.J. Gaudet(22) rapporte qu'en Afrique orientale on rencontre S. molesta et S. auriculata.

Dans les pays d'Afrique Occidentale et Centrale, Les auteurs : SANOKHO 1974 au Sénégal(40), AKE en Côte d'Ivoire(3) signalent la présence de Salvinia nymphellula. Cette même espèce a été également signalée au Bénin, au Ghana, (au niveau du barrage d'Akosombo), au Nigéria, au Niger, au Gabon, au Cameroun, au Congo, au Zaïre et tout récemment au Tchad et en République Centrafricaine.

Nous avons rencontré dans l'herbier de l'IFAN, un échantillon de S. nymphellula récolté dans le fleuve Niger il y a bientôt 50 ans.

En résumé *Salvinia* est une plante qu'on rencontre dans toutes les parties du monde et plus particulièrement en Afrique au sud du Sahara, en Amérique et en Asie.

C.- LISTE DES DIFFERENTES ESPECES DU GENRE SALVINIA.

La liste des espèces du genre *Salvinia* que nous publions ici a été établie en 1976 par de la SOTA(43). Dans cette liste on trouve des noms qui ont été donnés à la même espèce. A titre indicatif il semblerait que Salvinia nigropunctata est la même espèce que Salvinia nymphellula. Du fait de la plasticité morphologique un grand nombre d'auteurs se sont trompés dans la détermination.

- Salvinia Adanson, Fam. d. plant. 2 : 15. 1763
Salvinia adnata Desv., Prodr.: 177. 1827.
Salvinia affinis Desv., Prodr.: 177. 1827
Salvinia auriculata A. Let, Hist. Flant. Guian. 2 : 969, t. 367. 1775.
Salvinia auriculata var. affinis Desv., Prodr.: 177. 1827.
Salvinia auriculata var. olfersiana (Kl. ex Britt.) Baker, Jour.
Bot. 1886 : 99. 1886.
Salvinia azolla Raddi, Fl. Bras. 1 : 2 t. 1, f. 3. 1825.
Salvinia biloba Raddi, Fl. Bras. 1:1, t. 1. f. 4. 1825
Salvinia biloba Pohl ex Herzog, Hedwigia 74 : 272. 1935.
Salvinia cucullata Roxb. ex Wall., Num. List. n. 399. 1829.
Salvinia cucullata Roxb. ex Bory in Bélanger, Voy. Bot. 2:6. 1833.
Salvinia cyathiformis Maxon, Journ. Washington Acad. Sci. 12 :
400. 1922.
Salvinia elegans Hassk., Salomon, Nomencl. der Gefässkrypt.
346. 1883.
Salvinia europaea Desv., Prodr. : 177. 1827.
Salvinia hastata Desv., Prodr.: 177. 1827.
Salvinia hastata f. typica Tard., Fl. Madagascar et Comores,
Fam. 11 : 2. 1952.
Salvinia hastata f. navifolia Tard., Fl. Madagascar et Comores,
Fam. 11 : 2. 1952.
Salvinia herzogii de la Sota Darwiniana 12 (3):514, f. 1-3. 1962.
Salvinia hildebrandti Baker, Journ. Bot. 1886 : 98. 1886.
Salvinia hispida H.B.K., Nov. Gen. et Sp. 1 : 44. 1815.
Salvinia imbricata Roxb. Calcutta Journ. Nat. Hist. 4 : 470. 1844.
Salvinia laevigata Humb. & Bonpl. ex Willd. in L., Plant. ed. 4,
5 : 537. 1810.
Salvinia martynii Kopp, Kulturbeding. System. Merkm.
Salviniaart.: 42, f. 24, t. 4 (inf.). 1936.
Salvinia minima Baker, Journ. Bot. 1886 : 98. 1886.
Salvinia minina var. gaillardiana Maury, Journ. de Botanique
1889 : 129, f. 1-3. 1889.
Salvinia molesta Mitchell, Brit. Fern Gaz. 10 (5) : 251. 1972.
Salvinia mollis Mett. in Kuhn, Fil. Afr.: 201. 1862.
Salvinia natans (L.) All., Fl. Pedemont. 2 : 239 (no. 2419). 1785.
Salvinia natans f. mono-macrosporocarpica Tongiorgi, Nuovo
Giorn. Bot. Ital., n. ser., 45 : LXVII. 1938.

- Salvinia natans f. pleio-microsporocarpica Tongiorgi, Nuovo
Giorn. Bot. Ital., n.ser., 45 : LXVII.1938.
- Salvinia natans f. pleio-microsporocarpica Tongiorgi, Nuovo
Giorn. Bot. Ital., n. serv., 45 : LXVII.1938.
- Salvinia natans Fursh, Fl. Amer. Sept.: 672. 1814.
- Salvinia nigropunctata A. Br. in Kuhn, Fil. Afr.: 201. 1862.
- Salvinia nymphellula Desv., Prodr.: 177. 1827.
- Salvinia oblongifolia Martius, Ic. Cr. Bras.: 128, t. 75. f.
76. 1834.
- Salvinia olfersiana Kl. ex Britt., Fl. Bermuda : 428, f.468.1918.
- Salvinia pusilla Liebman ex Herzog, Hedwigia 74 : 266. 1935.
- Salvinia radula Baker. Journ. Bot. 1886 : 92. 1886.
- Salvinia rotundifolia Willd. in L., Sp. Plant. ed. 4, 5 : 537.1810.
- Salvinia sprengelii Corda, Monogr. Rhizosp. 10, t. 2 f. 12-23. 1829.
- Salvinia sprucei Kuhn in Martius, Fl. Bras. 1 (2) : 655, t. 81.
f. 11-13. 1834.
- Salvinia verticillata Roxb., Calcutta Journ. Nat. Hist. 4 : 469.
1844.
- Salvinia vulgaris (Micheli) Rupr., Distr. Critt. Vasc. Ross. :
27. 1845.

IV.) ROLE ET USAGE DES FOUGERES.

A.- IMPORTANCE DES FOUGERES.

Les Fougères, loin de constituer uniquement des plantes d'ornementation, servent également à d'autres usages. Ces plantes sont utilisées le plus souvent dans les domaines thérapeutique, alimentaire, et industriel.

- En thérapeutique, certaines Fougères en particulier celles du genre Dryopteris sont utilisées comme anthelminthiques très actifs contre les ténias grâce à leur principe actif : la "Filicine".

En Extrême Orient et en Malaisie, les chercheurs ont pu extraire du genre Cibotium (Fougère arborescente) un principe actif qui possède des propriétés hémostatiques.

Il est mentionné dans le Codex que les folioles des Fougères du genre Andiatium étaient utilisées comme expectorant. De même, la poudre formée par les spores de Lycopodes est utilisée en industrie pharmaceutique pour rouler les pilules.

- En alimentation humaine, TARDIEU BLOT(46) rapporte que plusieurs Fougères comme Dryopteris esculenta et surtout Pteridium esculenta sont comestibles et sont consommés dans certains pays tropicaux.

Le genre Ceratopteris avec ses feuilles charnues joue le rôle d'épinard.

Rappelons aussi que les rhizomes de certaines Fougères, arborescentes sont très riches en amidon et sont utilisés comme féculés.

Dans d'autres domaines, on utilise très souvent les frondes des fougères comme celles du genre Ascrostichum pour couvrir le toit des paillottes.

En Chine, certaines espèces d'Azolla sont utilisées comme engrais vert dans les rizières, ou comme aliment des oiseaux de basse-cour. D'autres ont été déjà utilisés pour servir de litière aux animaux.

Dans le même ordre d'idée, plusieurs auteurs ont préconisé la valorisation de *Salvinia* en les utilisant comme engrais vert(26) ou source importante d'Azote et de phosphore.(44 ; 51). A côté de ses usages importants, les Fougères causent parfois des dégats non négligeables et, de ce fait, sont nuisibles.

B.- LES DEGATS CAUSES PAR LES FOUGERES.

Les Fougères du groupe des Hydropteridées absorbent d'importantes quantités d'eau et envahissent rapidement la surface des eaux dans lesquelles elles vivent. Il est apparu que la présence de *Salvinia nymphellula* dans certains lacs et en particulier aux environs des barrages comme celui d'Akosombo sur le fleuve Volta au GHANA, risque de poser dans un avenir proche des problèmes pour le fonctionnement du barrage. Il convient de rappeler à ce sujet, le mal que les autorités Belges ont eu au Congo pour se débarrasser de la fameuse Jacinthe d'eau qui rendait impossible la navigation de certaines parties du fleuve Congo. Il y a aussi le cas du lac KARI-BA en Afrique du Sud ; du barrage hydroélectrique sur le fleuve Zambèze, entre la ZAMBIE et la RHODESIE qui fut envahi par une autre espèce : *Salvinia auriculata*.

Le genre *Salvinia* est en effet caractérisé par une facilité et une rapidité de propagation d'une part, et d'autre part, le vieillissement du système racinaire et des feuilles formant alors une tourbe qui, selon la profondeur des eaux, adhère au fond vaseux. Sur ce substrat apparaissent bientôt d'autres héliophytes herbacées ou hémicycles envahissantes qui étioilent à leur tour *Salvinia*, aboutissant ainsi à l'engorgement et à l'assèchement fatal des eaux concernées (AKE.A.3).

Ces plantes peuvent gêner non seulement la navigation, mais aussi la pêche et la vie des poissons(46).

En conclusion, nous pouvons estimer que la plupart des Fougères, loin de constituer une flore nuisible, peuvent être valorisées dans plusieurs domaines pour le bien de l'humanité.

C H A P I T R E II.

CONDITIONS DE PRODUCTION DE SALVINIA NYMPHELLULA.

Dans un but purement scientifique, plusieurs auteurs, à travers le monde entier, se sont intéressés ces dernières années à la culture de Salvinia au laboratoire.

Comme nous l'avons signalé dans le chapitre précédent, plusieurs hypothèses ont été émises en vue d'une valorisation de Salvinia, notamment pour son utilisation comme engrais vert ou comme litière et même pour son utilisation en alimentation animale et humaine.

Salvinia est une plante avens-nous dit qui étonne par sa rapidité d'expansion pourvue que son milieu de culture naturel ou artificiel contienne les éléments nutritifs essentiels pour sa croissance.

C'est dans ce but que nous avons effectué au jardin botanique de la Faculté des Sciences de l'Université de Dakar, des essais de cultures en vue de contrôler et d'améliorer sa production.

Dans ce deuxième chapitre, nous étudierons les techniques de culture de Salvinia, d'abord au laboratoire, puis sur une grande échelle, visant l'obtention d'une récolte importante.

I.) TECHNIQUES DE CULTURE DE SALVINIA AU LABORATOIRE.

Salvinia est une plante aquatique très intéressante vu la simplicité et la rapidité avec laquelle elle croît sur l'eau. Elle donne des feuilles flottantes qui couvrent souvent la surface des eaux. C'est une plante qui se différencie franchement des autres Fougères aquatiques comme Marsilea, Azolla et autres plantes aquatiques vasculaires, par le fait qu'il n'a pas de véritables racines. Ce sont ses feuilles immergées et ses rhizomes très poilus qui jouent le rôle de racines.

Un nombre très limité de travaux ont été consacrés à la culture de cette plante. Les uns utilisent des milieux non stériles et les autres des milieux stériles ou même des milieux dits "Standards".

A.- MATERIELS DE CULTURE.

Dans le cadre de la recherche pure, beaucoup d'espèces de Salvinia ont été étudiées comme Salvinia natans, S. minima, S. molesta, S. auriculata, S. nymphellula, etc...

Pour la culture, on utilise tantôt une fronde, tantôt une seule paire de folioles, avec les feuilles immergées correspondantes et le bourgeon terminal.

Les milieux de culture sont aussi variables. Chaque auteur choisit sa propre méthode de stérilisation. Les petits bacs utilisés pour la culture sont également de dimensions variables :

- 10 cm x 10 cm x 7,5 cm (BLACKMAN en 1961).(10).
- Allen, V. SEILHEIMER a utilisé lui des erlenmeyers(4).

B.- LES METHODES ET LES RESULTATS DE CULTURE.

1°) Importance de la luminosité.

Comme nous venons de le dire, un certain nombre d'auteurs se sont penchés sur l'étude de la croissance de Salvinia au laboratoire.

Ainsi RAJAN BETTERIDGES et BLACKMAN en 1971(37) ont réalisé la culture de Salvinia natans en milieu non stérile. Les résultats de ces travaux révèlent des informations sur l'influence de la lumière et de l'obscurité sur la multiplication végétative de cette espèce. Ces auteurs ont montré en effet que les dimensions des feuilles de Salvinia natans varient en fonction de la fréquence du cycle de lumière et d'obscurité. Ces feuilles sont plus petites lorsque la fréquence du cycle de lumière et d'obscurité est basse.

BLACKMAN en 1961(10) avait déjà envisagé dans une précédente étude, les effets de l'interaction de la température et des niveaux variés de luminosité continue, sur la croissance de Salvinia natans. Il conclut cette étude en disant que la température est un facteur primordial dans la survie même de la plante et que le pourcentage des feuilles de Salvinia augmente avec la force de l'intensité lumineuse qui est liée elle-même à la température.

D'autres travaux ont été réalisés aussi concernant l'effet du photopériodisme sur la croissance des Salvinia. Entre autres, nous citerons ceux de De... la SOTA en 1964(42) sur l'effet stimulateur de la lumière sur les stomates des feuilles de Salvinia sprucei.

2°) Influence du milieu nutritif.

BLACKMAN en 1961(10), CLATWORTHY et HARPER en 1962(14) ont fait pousser Salvinia sur des milieux nutritifs organiques non stériles.

En 1968, RAO et NARAYANA(38) ont étudié l'effet des minéraux sur Salvinia. La même année, GAUDET et KOH(22) décrivent le développement et la croissance de cette plante dans un milieu de culture stérile. Ils ont même ajouté à ce milieu, 2 pour 100 de sucre comme source de carbone.

Enfin en 1974, ALLEN V. SEILHEIMER trouvant la méthode de GAUDET et KOH difficile à reproduire, décrivent une méthode de stérilisation plus simple en s'inspirant des travaux de HILLMAN(24). 1961. Cette méthode consiste au traitement de la plante par l'eau de javel de commerce à 0,2 pour 100.

En 1973 GAUDET J.(23) utilise un milieu de culture standard qui tient compte de la richesse des sols et de l'eau du milieu de culture en minéraux.

Ce milieu standard lui a permis d'obtenir une croissance satisfaisante en quatre semaines. Il a déterminé par calcul et par analyse, les quantités de minéraux absorbés par Salvinia après quatre semaines de culture.

Les résultats de ses recherches lui ont permis de reprendre la même conclusion que BOYD(1970)(12) à propos de l'utilisation des aliments en fonction de leur rapport $\frac{C}{N}$. En effet BOYD a estimé que Salvinia n'est pas à recommander en alimentation animale à cause justement de ce rapport $\frac{C}{N}$ très élevé. Il propose d'utiliser Salvinia pour tirer et concentrer les minéraux de leur milieu de culture comme ce fut le cas du lac KARIBA avec S. molesta(31).

3°) Influence du pH du milieu de culture.

Dans le milieu naturel de vie de *Salvinia*, le pH de l'eau varie toujours entre 6 et 7,3(20). Une élévation ou baisse du pH par rapport à ces chiffres, modifie considérablement la croissance de la plante. Ce pH est fonction de la richesse du milieu liquide en ion NH_4^+ : qui provoque sa baisse et détruit dans le même temps l'ion Fe nécessaire à la photosynthèse(23).

C.- RESULTATS DE NOS ESSAIS DE CULTURE.

Au niveau de Dakar, nous avons effectué des recherches analogues à celle que nous venons de rapporter. Nous avons la plupart du temps, cherché à être le plus proche possible des conditions naturelles de vie de Salvinia.

Les résultats auxquels nous avons abouti sont en parfaite concordance avec ceux cités plus haut.

Nos observations ont surtout porté sur deux espèces du genre Salvinia : S. nymphellula et S. auriculata.

Dans un premier temps, nous avons effectué des essais de culture dans des milieux d'acidité variable, en vue de déterminer la valeur optimum de pH qui favoriserait la croissance et le développement des espèces de *Salvinia* étudiées. Nous avons retenu pour cela, trois séries de milieux à pH variable. Nos observations sont présentées dans le tableau n°1.

Tableau n°1.

| Acidité du milieu | Observations à 30 jours de culture |
|----------------------------|----------------------------------------------------------|
| Bacs à $\text{pH} < 5$ | absence de croissance |
| bacs à $5 < \text{pH} < 8$ | Croissance et développement rapides de <i>Salvinia</i> . |
| bacs à $\text{pH} > 8$ | Pourrissement des échantillons après 2 semaines |

Les résultats présentés dans le tableau n°1 montrent bien que le pH normal de croissance et de développement de Salvinia se situe autour de la neutralité (pH 7).

Nous avons cherché aussi à observer l'influence de la nature des sols sur cette croissance dans les mêmes conditions de température et de luminosité. (Tous les bacs de culture sont exposés au soleil).

Vous trouverez dans le tableau suivant nos appréciations sur la croissance de nos échantillons après 30 jours.

Tableau n° 2.

| Nature des sols | Observations au 30ème jour de culture |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| sable des plages | croissance nulle. |
| cendre | croissance très faible, folioles de petites dimensions. |
| sol argileux des Almadies | croissance lente. |
| sol du Jardin Botanique | croissance bonne avec des folioles bien développées. |
| sol du jardin Botanique + 30 grammes de fumier | croissance ralentie. |
| eau du jardin botanique (Pas de sol) | croissance bonne au départ, ralentie par la suite |
| Sol des Niayes | croissance assez bonne. |

Les observations présentées dans le Tableau n°2 montrent également que la croissance et la morphologie foliaire de Salvinia dépendent des facteurs sol-eau. Les sols trop acides ou trop basiques ou pauvres en éléments minéraux ne favorisent guère la croissance de cette fougère.

Pour confirmer les travaux de BLACKMAN 1962, et RAJAN 1960 sur l'influence de la luminosité sur la croissance et le développement de Salvinia, nous avons placé simultanément à l'ombre et au soleil, trois petits bacs contenant respectivement :

- une fronde de 10 paires de folioles
- 5 frondes de 10 paires de folioles (plante adulte)
- 5 frondes de 10 paires de folioles (plante jeune).

Cette expérience a été répétée plusieurs fois et à chaque fois, nous avons remarqué que les individus placés en plein soleil ont présenté une bonne croissance et se sont très bien développés. Par contre, les échantillons placés à l'ombre dans un endroit humide, ont pourri tous entre le 15ème et le 21ème jour.

Ces observations nous ont permis de tirer les deux conclusions suivantes :

1°) Les espèces du genre Salvinia étudiées sont des plantes chlorophylliennes strictement "héliophiles".

2°) La croissance de ces deux Éougères est très bonne lorsque la température de l'eau se situe entre 27°C et 30°C dans la journée. Salvinia nymphellula et S. auriculata ne tolèrent pas une température en dessous de 17°C. Ceci se vérifie parfaitement à Dakar où la croissance de ces deux espèces est toujours ralentie et très longue en période froide (Décembre à Février). Par contre, cette croissance est accélérée en période chaude. Nous avons toujours obtenus des plantes adultes à six semaines aux mois de Juillet et Août. En période froide, quelles que soient les précautions apportées à la culture, nous n'avons obtenu des plantes adultes qu'aux environs de trois mois.

Les plantes qui poussent en périodes chaudes, sont assez vigoureux et présentent des feuilles immergées en lanière très réduites en longueur (à peine 5 cm de long) ; alors que ceux obtenus en périodes froides présentent toujours un développement considérable des feuilles immergées (30 à 45 cm de long). Planche n°2.

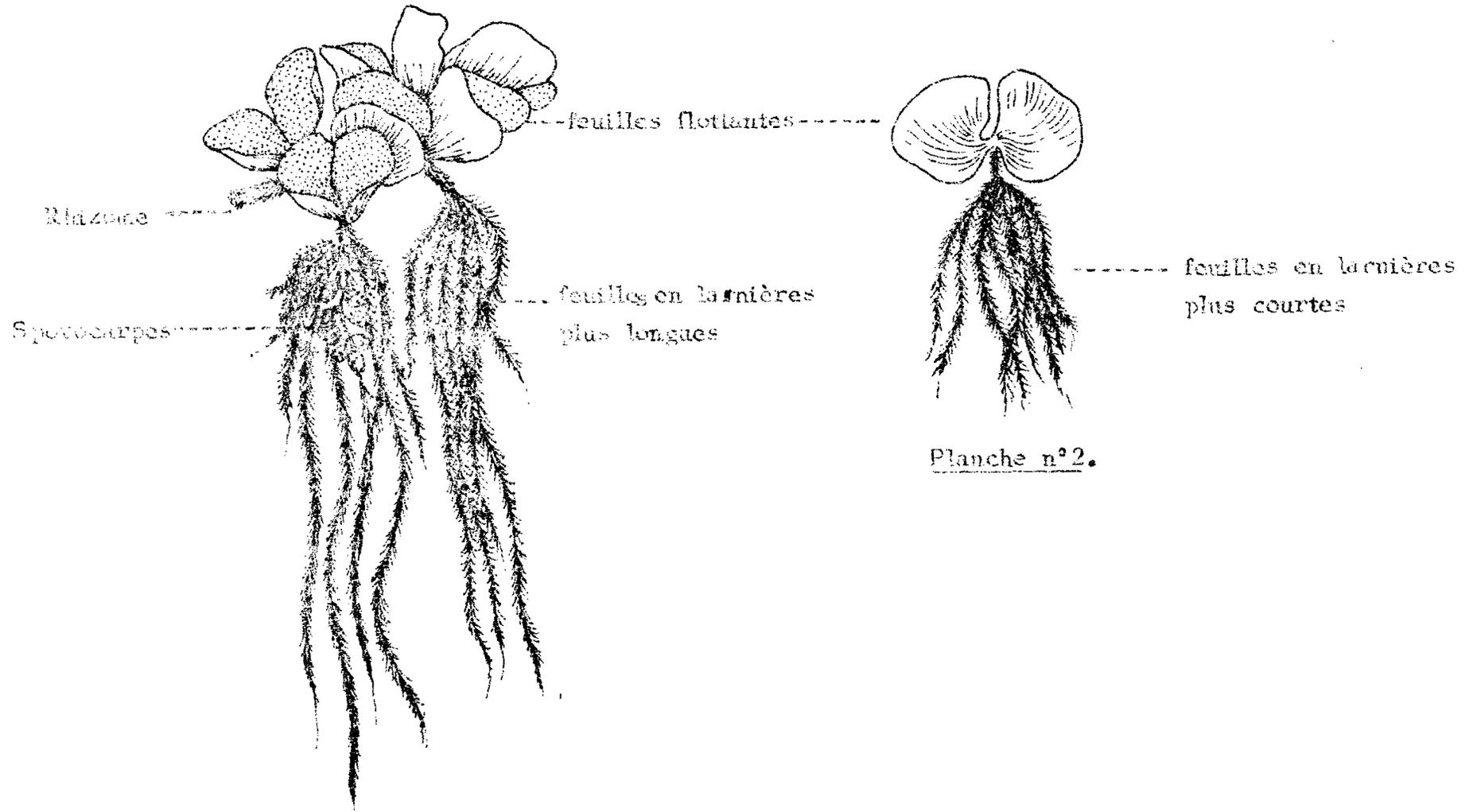


Planche n°1.

Aspect morphologique de Salvinia nymphellula

Planche n°2.

Au vu de ce qui précède, nous pouvons dire que le meilleur milieu de culture de S. nymphellula et S. auriculata doit tenir compte d'un certain nombre de facteurs tel que le pH dont l'optimum se situe à 7. Le sol utilisé pour la culture ne doit être ni trop acide ni trop basique et ~~est~~ assez riche en éléments nutritifs.

Ces plantes pour mieux croître, ont besoin de la lumière solaire pour leur synthèse chlorophyllienne.

II.) CULTURE INDUSTRIELLE DE SALVINIA.

Si de nombreux auteurs ont préconisé l'utilisation de Salvinia en agriculture comme engrais vert, ou en pharmacopée, aucun travail n'a été effectué jusqu'à présent pour la production en masse de cette Fougère.

ZUTSI et VASS en 1971(51) ont estimé que Salvinia peut fournir 53 kg d'Azote et 14 kg de phosphore par hectare avec un total de 1.270 kg de M.S. Cette observation a été faite aussi par d'autres auteurs comme STEWARD 1970(23).

Notre objectif est d'étudier les conditions de croissance de S. nymphellula et S. auriculata en vue d'une culture de ces Fougères à l'échelle industrielle pour son utilisation en alimentation des oiseaux de basse-cour.

Il semble, selon A. SANCKHO 1974(40) que Salvinia pousse plutôt dans les eaux peu profondes. Ainsi, pour respecter cette condition, nous avons retenu pour la production en grande quantité de Salvinia de grands bassins en mortier dont les dimensions sont les suivantes :

- 2 mètres de long
- 1 mètre de large
- 0,30 mètre de profondeur.

Pour assurer davantage l'étanchéité de ces bassins, nous recommandons de badigeonner l'intérieur de ceux-ci avec du goudron.

Le nombre de bassins à construire dépendra de la quantité de Salvinia à produire.

Un bassin de 2 m² de surface bien rempli, peut fournir jusqu'à 500 à 600 g de M.S/récolte.

Les bassins que nous préconisons seront alignés et régulièrement espacés pour permettre une circulation facile du personnel d'entretien. Il est en outre nécessaire de disposer à côté des bassins, d'un système d'adduction d'eau pour les alimenter régulièrement. Il faut aussi tenir compte de la nature du sol en ce qui concerne sa richesse ou sa pauvreté en minéraux et son acidité.

Les autres conditions du milieu sont celles que nous avons déjà définies dans le paragraphe précédent. Les bassins doivent être installés au soleil pour favoriser la croissance et le développement des plantes. On veillera aussi à maintenir constant le pH du milieu de culture autour de la neutralité.

III. LES ACCIDENTS DE CULTURE.

Il arrive très souvent que les bassins soient envahis par des végétaux parasites parfois très difficiles à éliminer surtout lorsqu'il s'agit de champignons nuisibles. En de pareilles circonstances, il est recommandé d'arrêter la culture. Les bassins sont vidés et traités avec un antifongique comme le Sulfate de Cuivre. Ce produit doit être utilisé avec beaucoup de précautions. En effet, le Sulfate de Cuivre est toxique aussi bien pour les plantes que pour les animaux à nourrir plus tard. Il est donc essentiel de rincer les bassins traités à grande eau pendant longtemps avant de recommencer une nouvelle culture.

C H A P I T R E III.

TECHNIQUE DE RECOLTE ET METHODES
DE CONSERVATION DE SALVINIA.

A.- RECOLTE ET SECHAGE.

La récolte de Salvinia peut se faire suivant plusieurs méthodes ; mais jusqu'à présent nous nous sommes servi de nos mains pour ramasser les plantes sur l'eau. Il est évident qu'à l'échelle industrielle, l'utilisation de la main sera pénible et rendra l'opération trop longue. C'est pour cette raison que nous préconisons pour la récolte, l'utilisation de filets spéciaux à mailles fines et de forme conique.

Ces filets peuvent être adaptés de façon à ramasser d'un seul "trait" les individus d'un bassin. La plante ainsi ramassée sera étalée sur une claie de séchage en cadre grillagé et à mailles fines, puis rincée en vue d'éliminer au maximum les impuretés.

Une fois la récolte terminée, le plus gros problème reste le séchage de la Fougère et sa conservation. Après un long moment de tâtonnement, nous avons réussi à fixer les conditions pour un bon séchage et une méthode de conservation adéquate.

Le matériel de séchage est une claie en cadre grillagé qui repose sur six pieds de 30 cm de haut. Ces derniers sont placés deux à deux à un mètre d'intervalle.

Le séchage proprement dit se fait sous un hangard à l'abri des rayons solaires qui sont de véritables agents destructeurs de "matériaux nobles" des aliments comme les caroténoïdes.

Un séchage à l'ombre fait conserver à la plante non seulement sa couleur verte mais aussi toutes ses qualités nutritionnelles.

L'humidité et la ventilation sont les deux principaux facteurs qui influent sur le séchage. En effet pendant les périodes où l'humidité atmosphérique est grande, le séchage est très difficile, et les plantes séchées obtenues sont souvent de mauvaise qualité. Ces plantes pourrissent vite et sont

aussitôt envahies par les moisissures. Les mauvaises périodes de séchage correspondent aux saisons chaudes et humides notamment à Dakar de Juin à Novembre. Le séchage effectué à un endroit bien aéré permet d'obtenir des plantes bien séchées et de bonne qualité en 5 ou 6 jours.

B.- METHODE DE CONSERVATION DE SALVINIA.

Salvinia, récolté et séché doit être rendu sous forme de farine pour éviter sa dégradation et son envahissement par les parasites (moisissures). Pour le moment, nous n'avons pas envisagé le mode d'utilisation de Salvinia dans l'alimentation des animaux sous forme fraîche. Cet aspect est à prendre en considération pour l'avenir, car Salvinia peut être également utilisée sous forme fraîche chez les bovins, les petits ruminants, et même chez les cobayes, lapins et porcs.

Le véritable problème de conservation ne se pose que dans le cadre d'une utilisation de Salvinia sous forme séchée.

Nous avons estimé que pour mieux conserver les caractéristiques nutritionnelles de la plante il est préférable de la réduire sous forme de farine de Salvinia. Cette technique présente l'avantage d'empêcher le développement des moisissures sur la plante séchée, et de contribuer ainsi à assurer une meilleure conservation des éléments nutritifs que renferme cette Fougère.

La mouture de Salvinia séchée se fait à l'aide d'un moulin type BROYEUR à MATERIAUX (réf.0358.223 ; 0359.323) qui permet d'obtenir une farine très fine et poussiéreuse. La farine obtenue doit être conservée pendant un temps court (au plus 3 mois) à l'abri de l'humidité et de la lumière pour éviter les fermentations et la dégradation des caroténoïdes qui sont des substances très "fragiles".

Salvinia mal séché et mal entreposé est convoité par les moisissures qui y trouvent un bon milieu de développement. Pour éviter ces accidents, il est indispensable de moudre la plante aussitôt le séchage terminé et la conserver à l'abri de l'humidité et de la lumière solaire.

DEUXIEME PARTIE

C H A P I T R E I.

VALEUR BROMATOLOGIQUE DE SALVINIA NYMPHELLULA.

I.) COMPOSITION CHIMIQUE ET VALEUR ALIMENTAIRE DE SALVINIA.

La composition chimique de Salvinia nymphellula n'est pas entièrement connue, et de nombreuses recherches seront encore entreprises, notamment en ce qui concerne les acides aminés, les vitamines et les autres facteurs de croissance.

Nous avons déjà émis l'hypothèse que Salvinia pouvait être utilisé dans l'alimentation animale soit à l'état frais pour les bovins, petits ruminants, porcs, cobayes et lapins ; soit sous forme de farine de Salvinia pour les volailles.

Les résultats des analyses chimiques de cette plante, nous montrent que celle-ci peut être comparée sur le plan de la valeur nutritionnelle, à d'autres plantes déjà utilisées en alimentation animale (algues, luzernes, Leuccœna glauca etc.). En effet, Salvinia s'est révélé riche en caroténoïdes totaux, 135 mg/kg M.S.(19) ainsi qu'en MPB, en minéraux et oligoéléments.

Nous présentons dans le tableau n°3 les résultats d'analyses chimiques effectuées au laboratoire d'alimentation de l'Ecole Vétérinaire d'Alfort en France.

RESULTATS D'ANALYSES.

Les constituants chimiques de Salvinia:

1°) M.P.B.

- aspect quantitatif.

Le taux moyen de MPB (soit 10,8 pour 100) contenues dans cette fougère permet de la classer parmi les végétaux azotés. Dans notre étude, ces constituants biologiques vont retenir tout particulièrement notre attention. Précisons déjà que pour le moment, aucune étude n'a été faite pour déterminer la nature et la qualité des différentes matières azotées contenues dans cette plante. Cependant nous pouvons estimer que la valeur nutritive de ces protéines équivaut à celle des protéines végétales les plus courantes et plus particulièrement à celles des céréales à l'exception de la teneur en cellulose.

Tableau n° 3 (5-5-81) maison d'Alfort.

Valeur Bromatologique de Salvinia nymphellula.

| Composition chimique pour 100 | de l'échantillon | de la matière sèche |
|--------------------------------------|---------------------|------------------------|
| Humidité..... | 12,2 | |
| Matière sèche..... | 87,8 | |
| Protéines Brutes (N x 6,25)..... | | 10,8 |
| Cellulose (Wende)..... | | 25,1 |
| Matières grasses(extrait étheré).... | | 1,2 |
| Extratif non azoté (ENA)..... | | 37,6 |
| Matières minérales..... | | 25,3 |
| Calcium..... | | 10.530 ppm! |
| Phosphore..... | | 1.885 ppm! |
| Potassium..... | | 21.200 ppm! |
| Sodium..... | | 15.290 ppm! |
| Magnésium..... | | 1.660 ppm! |
| Fer..... | | 1.980ppm ! |
| Manganèse..... | | 293 ppm! |
| Matières organiques..... | | 74,7 |
| Caroténoïdes totaux..... | | 135,0 mg/kgMS |
| Carotènes totaux..... | | 8,3 " |
| Xanthophylles totales..... | | 92,2 " |
| Zéaxanthine..... | | 23,9 " |
| Lutéine..... | | 61,1 " |

A partir de ce tableau n° 4 , il ressort que la farine de Salvinia est tout autant riche en M.P.B que les céréales et issues de céréales qui sont généralement utilisés dans l'alimentation des volailles.

Autrement dit, du point de vue quantitatif, il peut être envisagé d'utiliser Salvinia pour remplacer, sur le plan de l'apport d'azote quantitatif, une grande partie des céréales et issues de céréales dans l'aliment des poulets.

Tableau n°4 :

Tableau comparatif des MPB contenues dans certains aliments généralement utilisés dans l'alimentation des volailles en pour 100 de M.S.

| ALIMENTS | M.S. | M.P.B. | ALIMENTS | M.S. | M.P.B. |
|---------------|------|--------|---------------------|-------|--------|
| Avoine | 36,7 | 12,4 | Farine Basse de riz | 89,59 | 11,01 |
| Fleusine | 89,2 | 6,2 | Gros son de blé | 88,72 | 11,39 |
| Fonio | 88,0 | 6,3 | Remoulage de blé | 87,14 | 15,66 |
| Maf's | 92,6 | 10,95 | Son fin de blé | 87,97 | 15,33 |
| | 80,9 | 8,82 | Son de Maf's | 86,6 | 10,90 |
| Orge | 87,2 | 8,9 | | 86,0 | 10,75 |
| Petit mil | 89,5 | 10,04 | Son de riz | 88,65 | 6,40 |
| Riz d'Afrique | 89,5 | 7,4 | Son de petit mil | 92,00 | 12,1 |
| | 88,2 | 6,6 | Son de Sorgho | 90,2 | 15,4 |
| Sorgho | 89,9 | 10,42 | | | |
| Balle de riz | 92 | 3 | Farine de lazerne | - | 15-22 |
| | | | | | |

- aspect qualitatif.

Nous ne connaissons pas pour le moment la nature des acides aminés contenus éventuellement dans Salvinia nymphellula. Toutefois, P. LAHDESMAKI en Finlande(27) a étudié les acides aminés libres de Salvinia natans. Ses travaux ont permis de mettre en évidence dans cette espèce une vingtaine d'acides aminés parmi lesquels neuf des onze acides aminés indispensables aux volailles (Alanine, Arginine, Leucine et Isoleucine, Méthionine, Tryptophane, Valine et Phenylalanine).

Salvinia natans est donc dépourvue de Lysine et d'Histidine. En attendant de faire cette analyse qualitative sur

Salvania nymphellula, nous pouvons estimer que cette Fougère est riche en acides aminés indispensables.

2°) Les hydrates de carbone.

En nous référant au tableau n° 3 , nous remarquons que Salvinia nymphellula est assez riche en hydrates de carbone soit environ 62,7 pour 100, (cellulose 25,1 pour 100 et ENA 37,6 de M.S).

Faute de moyens, nous n'avons pas pu mettre en évidence les autres substances hydrocarbonées contenues dans cette plante.

La teneur élevée en cellulose de cette Fougère est un handicap à son utilisation à un taux très élevé dans l'alimentation des volailles et des porcs. Cependant comme les ruminants utilisent bien cette cellulose, il serait intéressant d'envisager, à l'avenir, l'introduction de cette plante dans l'alimentation des vaches laitières, ne serait-ce que pour la coloration des produits laitiers.

3°) Les lipides.

Le taux de lipide dans Salvinia nymphellula est de 1,2 pour 100 par rapport à la matière sèche. Les prochaines analyses nous permettront d'isoler les principaux acides gras de cette plante.

4°) Les vitamines.

Les vitamines sont des substances essentielles à la vie et que l'organisme ne peut pas toujours synthétiser.

En tenant compte du fait que le taux de M.P.B. varie dans le même sens que celui des vitamines, nous pouvons être optimiste quant à la présence dans Salvinia nymphellula des vitamines habituellement rencontrées dans les plantes.

Tout ce que nous savons à présent, c'est qu'il existe dans Salvinia nymphellula du β carotène qui est un précurseur de la vitamine A.

5°) Les matières minérales.

On trouve dans Salvinia nymphellula, la plupart des métaux contenus dans les sols et milieux de culture. Les métaux communs notamment, y sont tous signalés en plus ou moins grande quantité par de nombreux auteurs tels que DENTON(17) sur Salvinia minima et MITCHELL(32) sur Salvinia molesta.

Tableau n° 5

Composition minérale de quelques espèces du genre *Salvinia*
d'après DENTON 1965 et MITCHELL 1970 (P.P.M.).

| Composition chimique | <i>Salvinia minima</i> | | | <i>Salvinia molesta</i> | | <i>Salvinia nymphaeifolia</i> |
|----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|------------|-------------------------------|
| | Culture stérile | Culture dans une serre | Culture dans une mare | dans une SERRE | Lac KARIBA | (DAKAR) |
| Cendre | 199.500 | 225.500 | 128.000 | 202.000 | 172.000 | 253.000 |
| Potassium | 62.000 | 47.500 | 52.000 | 63.000 | 29.800 | 21.200 |
| Sodium | 22.000 | 3.700 | 20.000 | 9.700 | 12.900 | 15.290 |
| Magnésium | 11.000 | 15.000 | 3.600 | 4.100 | 4.400 | 1.660 |
| Calcium | 1.400 | 3.900 | 9.000 | 2.800 | 11.100 | 10.530 |
| Phosphore | 6.400 | 9.500 | 2.200 | 9.200 | 1.200 | 1.880 |
| Azote | 41.000 | 37.000 | 5.000 | 36.000 | 13.500 | |
| Fer | 260 | 210 | 230 | 290 | 7.900 | 1.980 |
| Silicium | 7.200 | 1.850 | - | 3.000 | - | - |
| Bore | 10 | 20 | - | 20 | 10 | - |
| Manganèse | 21 | 460 | 150 | 340 | 380 | 293 |
| Molybdène | 18 | 5 | - | 0 | - | - |
| Aluminium | 14 | 8 | - | 1.700 | 680 | - |
| Cuivre | 2,6 | 92 | 90 | 34 | 17 | - |
| Titane | 2,4 | 9 | - | 30 | - | - |
| Nickel | 10 | 1,4 | - | 6,9 | - | - |
| Strontium | 18 | 1,9 | - | 130 | - | - |
| Chrome | 2,8 | 5 | - | 2,5 | - | - |

En regardant ces chiffres, on se rend compte que le genre *Salvinia* renferme des minéraux de grande valeur alimentaire.

II. NOTIONS GENERALES SUR LES CAROTENOÏDES TOTAUX

1°) Les caroténoïdes contenus dans les aliments.

La teneur élevée des caroténoïdes totaux (135 mg/kg de M.S) contenue dans Salvinia nymphellula explique toute l'importance que nous lui accordons. Les caroténoïdes sont en effet des pigments liposolubles généralement rouges ou jaunes, très répandus dans la nature. On les rencontre dans les produits suivants : fleurs, parties vertes des végétaux, fruits, racines (carotte), champignons, plumes d'oiseaux, plantes aquatiques, poissons, corps jaune des mammifères et jaune d'œufs. Ces pigments sont susceptibles d'être métabolisés et stockés dans l'organisme animal. Les sources les plus importantes de caroténoïdes dans les aliments pour poule sont : le maïs, le gluten, la farine de luzerne et d'herbes vertes. Ces produits renferment principalement la lutéine et la zéa-xanthine que l'on désigne avec d'autres caroténoïdes oxygénés sous le nom de xanthophylle. (30).

Sur le plan chimique, les caroténoïdes peuvent être caractérisés par des groupes hydroxyl, méthoxyl, époxyl, carboxyl ou carbonyl. Des dérivés hydroxylés peuvent exister à l'état libre ou estérifié.

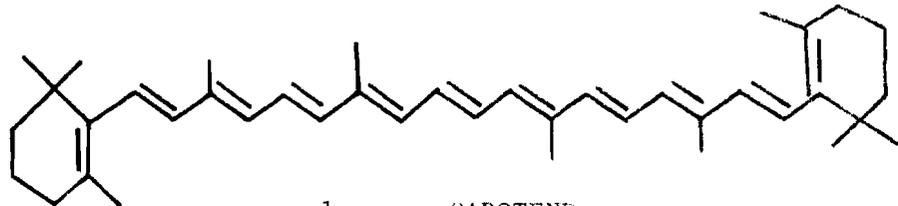
La présence de nombreuses doubles liaisons dans leur structure chimique explique l'existence possible d'un grand nombre de stéréo-isomères.

Nous avons présenté dans le tableau n° 6 les formules chimiques des principales substances rencontrées dans les produits naturels. Quelques-unes ont pu être reproduites par synthèse et se sont révélés d'un intérêt pratique.

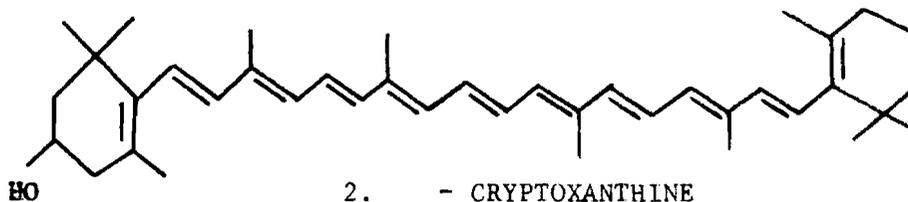
Les pigments caroténoïdes contenus dans la ration des volailles sont absorbés par celle-ci et sont soit déposés sous forme inchangée dans le jaune d'œuf ; soit transformés en vitamines A (β carotène), soit inutilisés et éliminés avec les fèces.

La teneur en caroténoïdes des produits végétaux n'est pas constante ; elle est fonction des conditions culturales et climatiques. Cette teneur diminue progressivement aussi au cours de la conservation comme l'indique la figure n° 1.

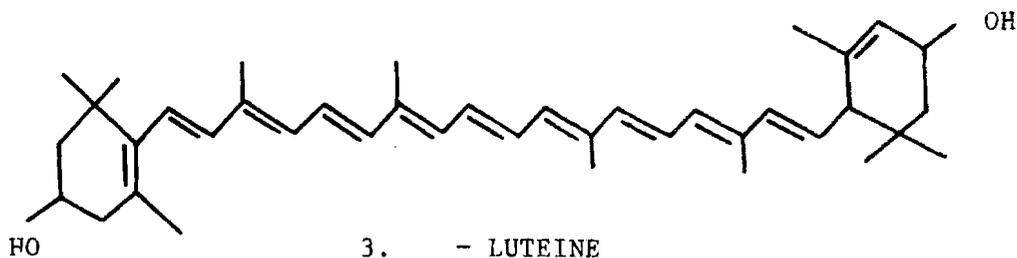
Tableau n° 6 - FORMULES DEVELOPPEES DES PRINCIPAUX CAROTENOIDES
POUVANT ETRE PRESENTS DANS LA RATION DES POULES
PONDEUSES AINSI QUE DANS LA VITELLUS.-



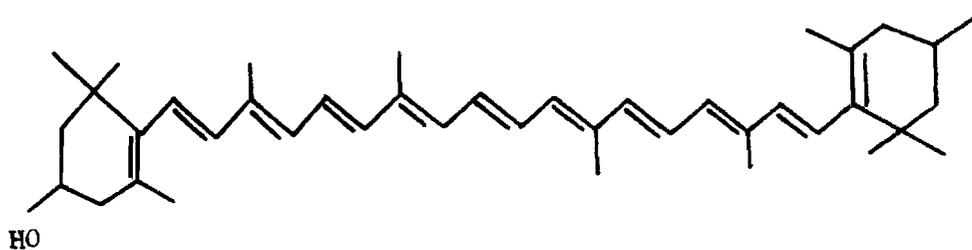
1. - CAROTENE



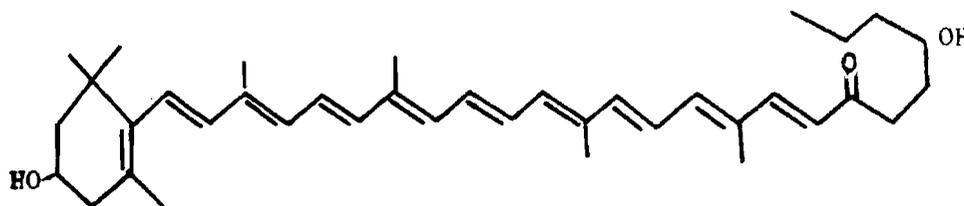
2. - CRYPTOXANTHINE



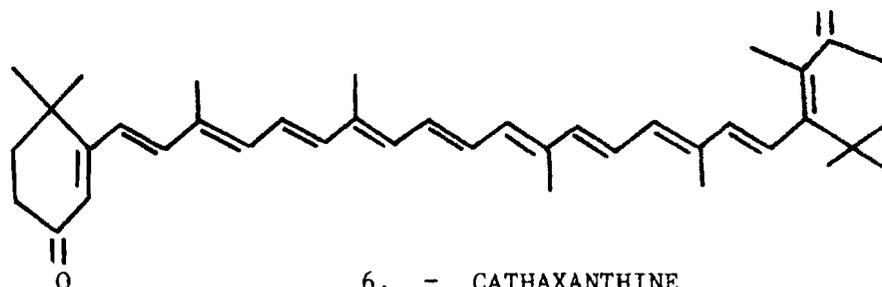
3. - LUTEINE



4. - ZEAXANTHINE



5. - CAPSANTHINE



6. - CATHAXANTHINE

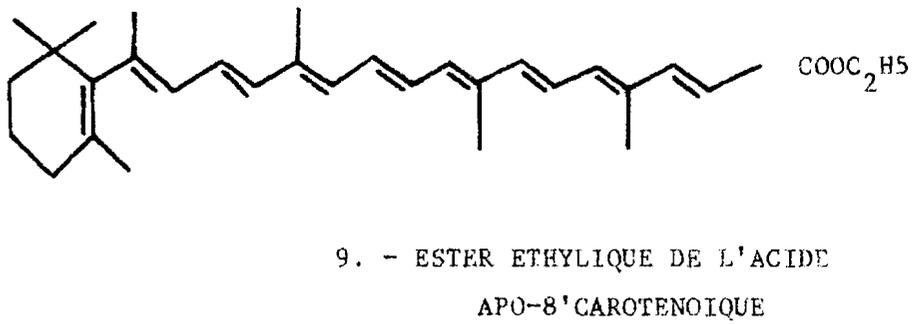
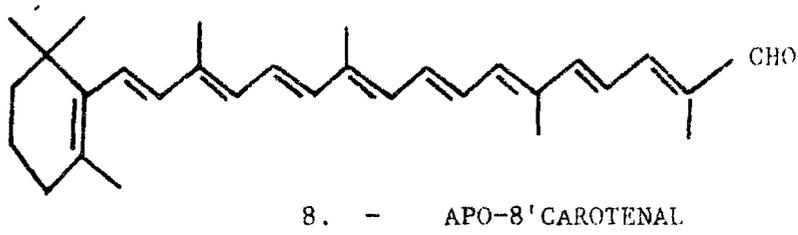
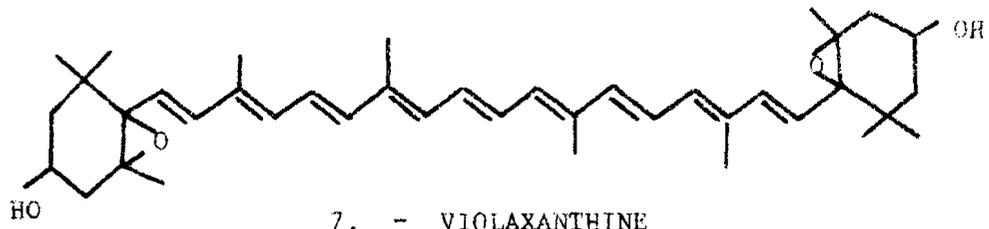


FIGURE N°1 : Pertes de xanthophylles (en p. cent) à partir d'un aliment pour pondeuses au cours du stockage (VUILLEUMIER, 1963)

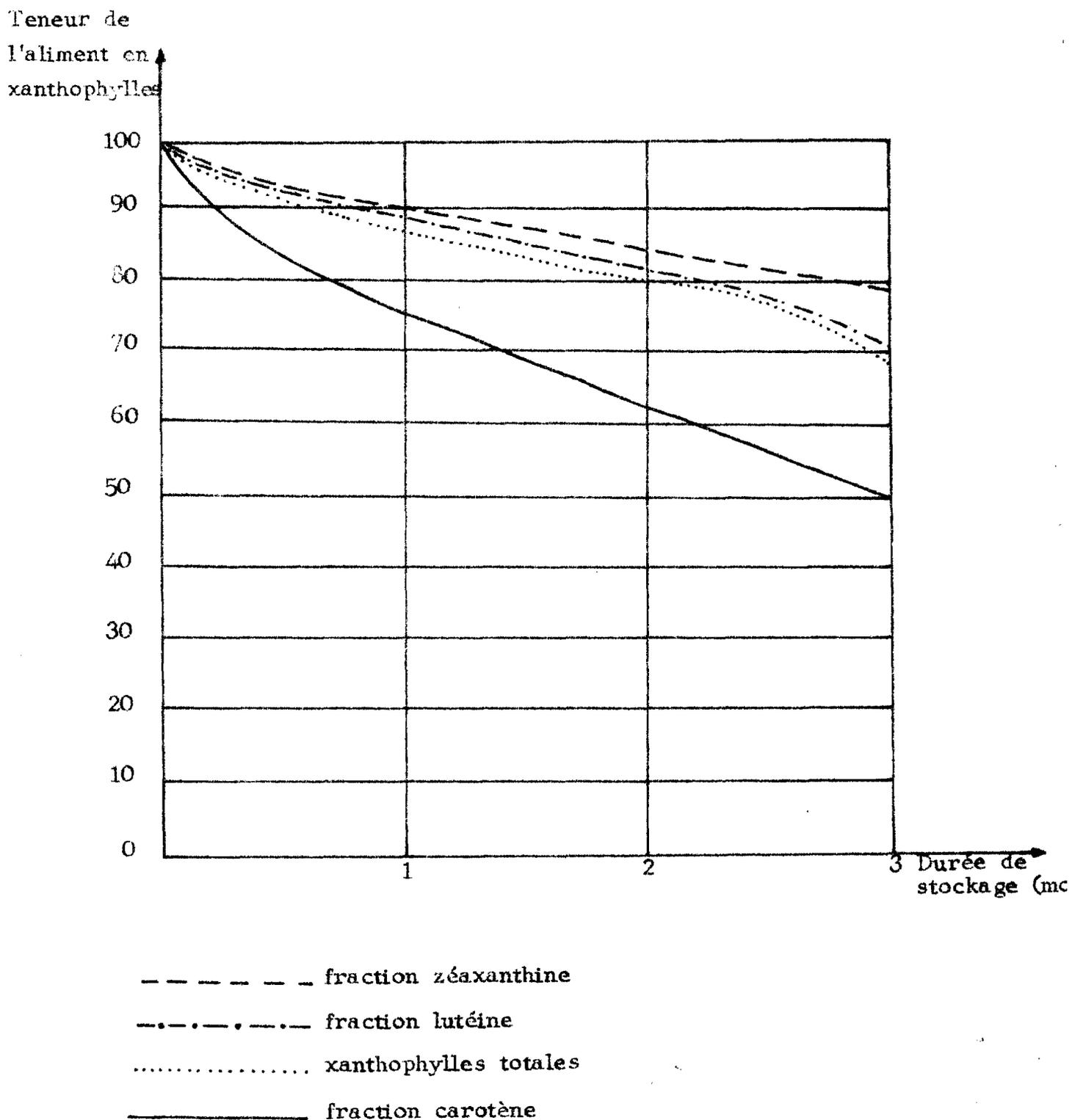


TABLEAU N°2... (25)

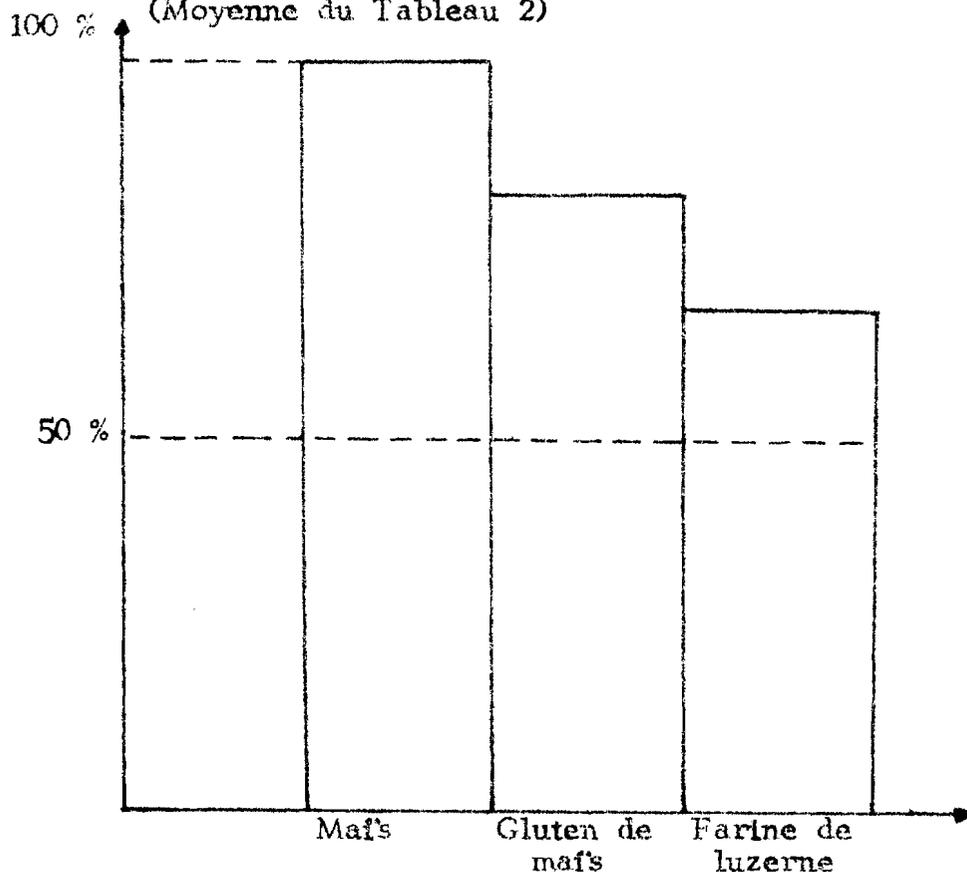
Utilisation relative par la poule pondeuse des caroténoïdes du maïs du gluten de maïs et de la farine de luzerne.

| Maïs | Gluten de maïs | Farine de luzerne | Références |
|------|----------------|-------------------|---------------------------|
| 100 | 111 | 78 | MOREHOUSE et HANSON 1961 |
| 100 | 31 | 47 | THUMIM 1962 |
| 100 | - | 69 | BARTOV et BORNSTEIN 1966 |
| 100 | - | 31 | PROHASZKA et TOTI 1967 |
| 100 | 80 | 60 | DE GROOTE 1968 |
| 100 | 96 | 80 | MARUSICH et WILGUS 1968 |
| 100 | 80 | 37 | HARTEL et OSTENDORFF 1971 |

FIGURE N°2.

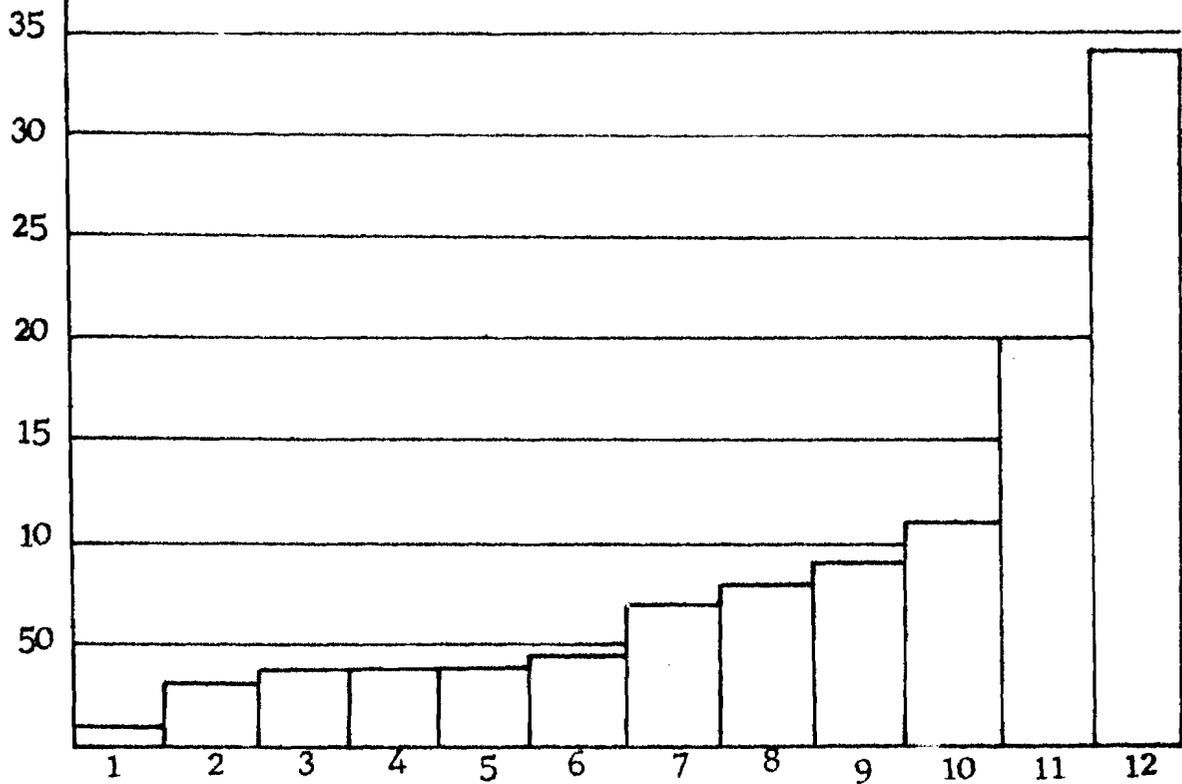
Comparaison de l'utilisation des caroténoïdes provenant de divers aliments

(Moyenne du Tableau 2)



Dépôt de quelques caroténoïdes de la jaune de l'œuf
(résultats de divers auteurs)

Pourcentage de
caroténoïdes ingérés
déposés dans
le jaune
de l'œuf



1. B-carotène
2. Violaxanthine
3. Echinénone
4. Torularhodine
5. Capasanthine
6. Astaxanthine
7. Zéaxanthine
8. Citranaxanthine
9. B-apo-8'-caroténal

10. Isozéaxanthine diméthyléthr
11. Canthaxanthine
12. Ester éthylique de l'acide B-apo-8'-caroténique

Par ailleurs, l'utilisation biologique des pigments caroténoïdes par les volailles varie non seulement selon les sources comme le montrent si bien le tableau n° 7 et la figure n° 2, mais aussi selon la nature des pigments (figure n° 3). Cette dernière figure appelle à une remarque : en effet sur les 12 pigments représentés, trois seulement sont transférés dans le jaune d'œuf à raison de plus de 10 pour 100 de la dose ingérée ; six à raison de moins de 5 pour 100 et enfin trois autres sont utilisés à raison de 5 à 10 pour 100.

2°) Métabolisme des caroténoïdes par les volailles.

Les caroténoïdes ingérés par les volailles sont susceptibles de suivre plusieurs voies dans le tractus digestif. Ils peuvent tout d'abord être non disponibles, c'est-à-dire engagés dans des structures chimiques ou anatomiques empêchant toute possibilité de transformation ; ils sont alors éliminés en nature par les fèces. S'ils sont disponibles, ils peuvent être éliminés ou résorbés en nature ou bien détruits ou transformés. Les produits de transformation peuvent à leur tour être éliminés ou résorbés par la muqueuse intestinale. Contrairement à ce que l'on pensait avant, les caroténoïdes absorbés ne subissent aucune transformation dans le foie avant d'être déposés dans le jaune de l'œuf ou la peau des poulets. L'essentiel de son métabolisme s'effectue au niveau même de la muqueuse intestinale d'abord, puis accessoirement dans d'autres tissus(29). Théoriquement on avait pensé que la dégradation du β carotène devait donner deux molécules de vitamine A puisque le point d'attaque privilégié de ce caroténoïde au cours de sa dégradation oxydative, semble-t-il, se situe entre 15' et 30' ; mais en pratique ceci n'a jamais été confirmé.

Selon toute vraisemblance, les auteurs pensent que d'autres caroténoïdes suivent une voie oxydative parallèle à celle du β carotène au cours de leur métabolisme. On sait très peu de choses sur le processus métabolique emprunté par la lutéine et la zéaxanthine qui sont les principaux caroténoïdes de Salvinia nymphellula.

3°) Valeur nutritionnelle des caroténoïdes.

A l'exception des caroténoïdes à action provitaminique comme le β carotène, ces pigments ne semblent jouer aucun rôle nutritionnel dans l'organisme des animaux qui les consomment. Leur utilité se limite à l'aspect caractéristique qu'ils contribuent à donner aux produits animaux souvent très appréciés de l'homme.

4°) Les facteurs pouvant stimuler ou affecter la coloration des productions animales par les caroténoïdes.

a) Les facteurs extrinsèques.

- Les facteurs alimentaires.

Le pouvoir colorant des caroténoïdes dépend de la nature, de la qualité et de la quantité de ceux-ci dans les aliments. Nous avons déjà signalé plus haut que moins de 35 pour 100 de caroténoïdes ingérés sont déposés dans les produits animaux. Parmi les matières premières usuelles, le maïs jaune et les farines d'herbes présentent les sources les plus importantes de Xanthophylles.

L'augmentation du taux de M.G dans le régime semble favoriser la résorption des caroténoïdes(23), (39 ; 41). Les agents antioxydants et les émulsifiants en particulier les tocophérols améliorent également cette utilisation.

D'autres substances sont susceptibles de limiter l'absorption des caroténoïdes, ce sont : les substances prooxydantes comme les minéraux(16); certaines sources de protéines animales(15) ; l'excès de caroténoïdes, de M.G. et de vitamine A ; et une longue conservation des produits caroténoïdes

b) Les facteurs intrinsèques.

- Les facteurs génétiques.

Les différentes races et souches de volailles, ne disposent pas des mêmes capacités génétiques et physiologiques leur permettant d'utiliser de façon égale les pigments des aliments. C'est ainsi qu'il a été démontré par de nombreux auteurs que les poulets à chair blanche sont génétiquement incapables de déposer au niveau de leurs tissus les produits caroténoïdes.

- Les facteurs pathologiques.

Ce sont :

. Le dysfonctionnement hépatique qui entraîne une insuffisance de sécrétion biliaire. Ce facteur explique les décolorations accidentelles souvent observées sur les productions.

. Les lésions intestinales aiguës et chroniques. Elles sont provoquées par les parasites intestinaux comme les Capillaria, les Coccidies, les Ascaris etc. qui réduisent la surface d'absorption intestinale et limitent par voie de conséquence la quantité de caroténoïde absorbée.

On peut dire que le métabolisme et la fixation des caroténoïdes par les volailles, demeurent sous l'influence de nombreux facteurs dont les plus importants sont d'ordre génétique, alimentaire, nutritionnel et pathologique.

C H A P I T R E II.

UTILISATION DE LA FARINE DE SALVINIA NYMPHELLULA
DANS L'ALIMENTATION DES VOLAILLES.

I.) BUTS DE L'ESSAI.

Les analyses bromatologiques que nous avons réalisées, ont montré que cette Fougère est riche en caroténoïdes totaux.

Nous avons donc cherché à tester cette plante en alimentation animale, et comme les volailles semblent présenter une certaine prédilection à la consommation volontaire de Salvinia, nous avons choisi d'apprécier les modifications qu'apportera Salvinia au niveau de la croissance et de la coloration des œufs et de la chair des poulets si cette plante est distribuée rationnellement.

II.) LA FARINE DE SALVINIA NYMPHELLULA DANS
LA RATION DES FOULES PONDEUSES.

A.- MATERIEL ET METHODES DE TRAVAIL.

Pour notre expérimentation, nous avons choisi comme race de poules "La ROSS BRAWN" nées le 4 septembre 1981 en France et qui sont arrivées à Dakar le lendemain matin. Ces animaux ont été alimentés dès leur réception avec un régime de base acheté sur le marché de Dakar. Elles ont vécu jusqu'au samedi 9 Janvier 1982 à la station d'élevage de Monsieur Edmond BAGHAZI à Sébicotane près de Dakar. La durée de cette phase d'élevage des poulettes a été de 18 semaines. A partir de cette date, nous les avons logées dans l'ancienne animalerie du Département de Microbiologie à l'Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires : (spécialement aménagée pour accueillir ces poules).

Le samedi 16 Janvier 1982, nous avons bagué les poulettes et constitué trois lots de vingt poulettes chacun. Ces 3 lots sont tous dans un même local, séparé en trois compartiments par du grillage, afin de donner exactement les mêmes conditions de vie aux 60 poulettes. Le lot A a reçu 3 pour 100 de farine de Salvinia mélangée à la ration de base.

Le lot B a reçu 6 pour 100 de la même plante. Le 3ème lot T était le lot témoin. (0 pour 100). (Les aliments de base sont ceux achetés à l'Usine Sentenac de Dakar).

Le schéma de distribution des aliments est résumé dans le Tableau n°8.

L'expérimentation a été conduite en deux phases :

la première phase s'est terminée le samedi 20 Mars 1982.

la deuxième phase a duré du dimanche 21 Mars 1982 au samedi 10 Avril 1982.

Durant cette 2ème phase nous avons constitué seulement deux lots de 10 poules à partir des anciens lots. (un lot témoin toujours T), un lot B' qui a reçu 12 pour 100 de Salvinia). Au cours de chacune des deux phases, un échantillon d'œufs a été régulièrement prélevé et examiné au laboratoire de Zootechnie-Alimentation de l'E.I.S.M.V.

Les œufs récoltés ont fait l'objet de manipulations suivantes :

1°) Comptabilisation du nombre d'œufs pondus

2°) Evaluation du poids des œufs pondus.

3°) Evaluation colorimétrique à l'aide de l'échelle "Roche" sur le vitellus entier.

4°) Prise de photographie du vitellus.

Nous avons noté également les anomalies observées au cours des deux phases d'expérimentation. Aucune mortalité n'a été signalée durant l'expérimentation.

B.- PROGRAMME ALIMENTAIRE.

Tableau N°

| DATES- | Lot T. | Lot A. | Lot B. | Lot B' |
|-------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | 3 pour 100 | 6 pour 100 | 12 pour 100 |
| 9/1/82 au 15/1/82 | Ration de base poulette | Ration de base poulette | Ration de base poulette | - |
| 16/1/82 au 22/1/82 | R.B.P ₁ | + 0,5 pour 100 Salvinia | + 0,5 p.100 Salvinia | - |
| 23/1/82 au 29/1/82 | R.B.F ₂ | + 1 p.100 Salvinia | + 1,5 p.100 Salvinia | - |
| 30/1/82 au 6/2/82 | R.B.P ₁ + R.B.P ₂ | + 2 pour 100 Salvinia | + 4 pour 100 Salvinia | - |
| 07/02/82 au 20/03/82 | R.B.P ₂ | + 3 pour 100 Salvinia | + 6 pour 100 Salvinia | - |
| 21/03/82 au 10/04/82 | - | - | - | + 12 pour 100 Salvinia |

R.B.P₁. = Ration de base poulette

R.B.P₂. = Ration de base poules pondeuses.

C.- REGIME DE BASE.

Les régimes de base répondent aux formules détaillées dans le Tableau n° 9 . Il s'agit des aliments vendus par SENTENAC au Sénégal.

Les matières premières utilisées pour la fabrication de ces aliments sont le maïs, le mil, le tourteau d'arachide, les composés azotés minéraux et vitaminés et issues de céréales.

Tableau n°9 :

Composition chimique garantie de la ration de base

Poule pondeuse

Réf. n°35/69 FRA. Moulins SENTENAC.

| | |
|---------------------------------|------------------------|
| Humidité..... | 13 pour 100 maximum |
| Matières minérales..... | 3 pour 100 maximum |
| Matière cellulosique..... | 5 pour 100 maximum |
| Matières Protéiques brutes..... | 16,5 pour 100 minimum |
| Matières grasses..... | 3,5 pour 100 maximum |
| Vitamines A..... | 12.000 UI/Kg d'aliment |
| Vitamines D ₃ | 2.250 UI/Kg d'aliment |
| Vitamines E..... | 10 mg/Kg d'aliment |
| Vitamines K..... | 1 mg/Kg d'aliment |

D.- REGIMES EXPERIMENTAUX.

Les régimes expérimentaux ont été constitués en ajoutant aux régimes de base précédemment décrits 3 pour 100 ; 6 pour 100 et 12 pour 100 respectivement à la ration des lots A, B, B'.

E.- RESULTATS ET DISCUSSIONS.

1°) Entrée en ponte.

L'un de nos objectifs était de voir si Salvinia distribué avant l'entrée en ponte pouvait déclencher celle-ci.

Nous avons noté durant notre expérimentation, les premiers jours où les premiers œufs ont été pondus. Les résultats sont les suivants :

Tableau n° 10.

| LOTS | Date d'entrée en ponte | Nombre d'œufs |
|------------|------------------------|---------------|
| Lot Témoin | 27/01/82 | 2 |
| Lot A. | 19/01/82 | 3 |
| Lot B. | 23/01/82 | 1 |

Si nous considérons ce tableau n° 10 , on peut dire que Salvinia n'a eu aucune influence sur l'entrée en ponte ; néanmoins notre conclusion ne peut pas être définitive, étant donné d'une part que cette distribution de Salvinia a été tardive, d'autre part, le taux de Salvinia absorbé par les poules avant l'entrée en ponte est assez faible. (Tableau n° 3).

2°) Niveau de consommation.

Le niveau de consommation alimentaire a également fait l'objet d'une étude. Nous avons présenté ces résultats dans le Tableau n° 11 . Mais là encore les résultats obtenus ne nous permettent pas de détecter une influence quelconque de Salvinia sur le niveau de consommation alimentaire de nos poules.

Tableau n° 11.

| | : Lot T. | : Lot A. | : Lot B. | : R.F.A. |
|------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Consommation totale en g. | : 135072 | : 133297 | : 133914 | : |
| Consommation journalière par poule | : 120,6 | : 119,54 | : 119,56 | : 115 |
| Nombre total d'œufs pondus en 8 semaines | : 713 | : 750 | : 762 | : |
| Poids total des œufs en g. | : 37202 | : 32630 | : 39205 | : |
| Indice/œuf | : 189,44 | : 178,51 | : 175,74 | : 154 |
| Indice/Kg d'œufs | : 3,63 | : 3,46 | : 3,41 | : 2,52 |

Tout ce que l'on peut dire, c'est que cette consommation journalière ne s'écarte pas de celle indiquée par la Société ROSS-FRANCE-Aviculture qui commercialise cette race de poules et qui est de 115g/jour et par poule.

3°) Taux de ponte, Poids des œufs - Indices.

Ces différents résultats sont présentés dans les tableaux n°11 et 12

- Taux de ponte.

Nous constatons à partir du tableau n°12 que le taux de ponte cumulé des lots A. et B après 8 semaines de ponte (21ème semaine à la 28ème semaine) est légèrement supérieur à celui du lot T : soit respectivement 63,6 pour 100 pour le lot T., 66,9 pour le lot A. et 68,01 pour 100 pour le lot B. Si nous considérons les taux de ponte hebdomadaire donnés par la Société ROSS-FRANCE - Aviculture, de la 21 ème semaine à la 28ème semaine, en faisant les mêmes calculs nous trouvons 68,2 pour 100.

Donc en tenant compte de ce dernier chiffre on voit que nos animaux ont présenté un taux de ponte légèrement inférieur à celui observé par la société précitée. Cependant ces résultats n'ont rien d'inquiétant dans la mesure où nos poules n'ont pas été élevées dans les mêmes conditions que celles de la Société ROSS-FRANCE - Aviculture. Mais en nous tenant à nos chiffres, nous pouvons conclure que Salvinia a plutôt une action légèrement favorable sur le taux de ponte.

Cette conclusion se vérifie parfaitement aussi si on considère le tableau n° 13.

En effet, ce tableau nous indique clairement que les poules des lots A et B pondent beaucoup plus d'œufs par semaines que celles du Lot Témoin et celles de R.F.A. jusqu'à la 27ème semaine.

Tableau n° 13 :

| Age en semaines | : Nombre d'œufs cumulé par poule/semaine | | | |
|-----------------|------------------------------------------|---------|---------|------|
| | T | 3 p.100 | 5 p.100 | Ross |
| 21 | 1,85 | 2,35 | 2,3 | 0,7 |
| 22 | 4,6 | 5,3 | 6,0 | 2,9 |
| 23 | 8,1 | 9,9 | 10,3 | 6,7 |
| 24 | 12,6 | 14,25 | 15,4 | 12,1 |
| 25 | 18,15 | 20,55 | 21,10 | 18,3 |
| 26 | 23,2 | 25,70 | 26,35 | 24,6 |
| 27 | 29,0 | 31,55 | 32,20 | 31,5 |
| 28 | 34,95 | 37,50 | 37,10 | 38,2 |

TABLEAU N° 12.

21ème SEMAINE

| TEMOINS | | | | 3 pour cent | | | | 6 pour cent. | | | |
|---------|------|-----------|--------------|-------------|------|-----------|--------------|--------------|------|-----------|--------------|
| N | P | \bar{P} | Tx (p. cent) | N | P | \bar{P} | Tx (p. cent) | N | P | \bar{P} | Tx (p. cent) |
| 3 | 117 | 39 | 15 | 6 | 236 | 39,33 | 30 | 4 | 161 | 40,25 | 20 |
| 4 | 156 | 39 | 20 | 5 | 209 | 41,80 | 25 | 5 | 206 | 41,20 | 25 |
| 4 | 151 | 39,75 | 20 | 8 | 325 | 40,62 | 40 | 6 | 247 | 41,16 | 30 |
| 5 | 202 | 40,40 | 25 | 7 | 280 | 40,00 | 35 | 8 | 328 | 41,00 | 40 |
| 7 | 280 | 40 | 35 | 7 | 281 | 40,14 | 35 | 8 | 331 | 41,37 | 40 |
| 8 | 330 | 41,25 | 40 | 8 | 331 | 41,30 | 40 | 8 | 333 | 41,62 | 40 |
| 6 | 249 | 41,50 | 30 | 6 | 241 | 40,16 | 30 | 7 | 291 | 41,57 | 35 |
| Total | | | | | | | | | | | |
| 37 | 1495 | 40,40 | 26,42 | 47 | 1903 | 40,48 | 33,57 | 46 | 1897 | 41,23 | 32,85 |

22ème SEMAINE

| | | | | | | | | | | | |
|-------|------|-------|----|----|------|-------|-------|----|------|-------|-------|
| 6 | 263 | 43,83 | 30 | 4 | 176 | 44,00 | 40 | 9 | 387 | 43,00 | 45 |
| 7 | 313 | 44,71 | 35 | 11 | 479 | 43,54 | 55 | 12 | 527 | 43,91 | 60 |
| 6 | 267 | 44,50 | 30 | 9 | 397 | 44,10 | 45 | 10 | 446 | 44,60 | 50 |
| 8 | 360 | 45,00 | 40 | 10 | 439 | 43,90 | 50 | 12 | 541 | 45,08 | 60 |
| 9 | 414 | 46,00 | 45 | 7 | 310 | 44,28 | 35 | 11 | 517 | 47,00 | 55 |
| 10 | 461 | 46,10 | 50 | 9 | 409 | 45,44 | 45 | 10 | 442 | 44,20 | 50 |
| 10 | 460 | 46,00 | 50 | 9 | 411 | 45,66 | 45 | 10 | 451 | 45,10 | 50 |
| T. 56 | 2538 | 45,32 | 40 | 59 | 2621 | 44,42 | 42,14 | 74 | 3311 | 44,70 | 52,35 |

23 ème SEMAINE

| TEMOINS | | | | 3 pour cent | | | | 6 pour cent | | | |
|---------|------|-------|-------------|-------------|------|-------|-------------|-------------|------|-------|--------------|
| N | F | F | Tx (p.cent) | N | P | P | Tx (p.cent) | N | P | P | Tx (p. cent) |
| 10 | 478 | 47,80 | 50 | 15 | 762 | 50,80 | 75 | 8 | 400 | 50,00 | 40 |
| 11 | 529 | 48,09 | 55 | 13 | 631 | 48,53 | 65 | 13 | 634 | 48,76 | 65 |
| 12 | 520 | 48,33 | 60 | 12 | 573 | 47,75 | 60 | 14 | 680 | 48,57 | 70 |
| 12 | 594 | 49,50 | 60 | 10 | 505 | 50,50 | 50 | 12 | 589 | 49,10 | 60 |
| 13 | 581 | 50,84 | 65 | 14 | 681 | 48,64 | 70 | 12 | 595 | 49,58 | 60 |
| 12 | 637 | 53,00 | 60 | 15 | 765 | 51,00 | 75 | 13 | 668 | 51,38 | 65 |
| 11 | 523 | 53,00 | 65 | 14 | 708 | 50,57 | 70 | 14 | 707 | 50,50 | 70 |
| T. 81 | 4052 | 51,14 | 57,87 | 93 | 4625 | 49,73 | 66,42 | 86 | 4273 | 49,68 | 61,42 |

24ème SEMAINE

| | | | | | | | | | | | |
|-------|------|-------|-------|----|------|-------|----|-----|------|-------|-------|
| 12 | 639 | 53,25 | 60 | 14 | 707 | 50,50 | 70 | 14 | 722 | 51,57 | 70 |
| 13 | 668 | 51,38 | 65 | 14 | 712 | 50,85 | 70 | 15 | 773 | 51,53 | 75 |
| 13 | 671 | 51,61 | 65 | 16 | 860 | 53,70 | 80 | 15 | 776 | 51,73 | 75 |
| 13 | 681 | 52,38 | 65 | 17 | 911 | 53,58 | 85 | 14 | 737 | 52,64 | 70 |
| 14 | 733 | 52,35 | 70 | 14 | 739 | 52,78 | 70 | 14 | 742 | 53,00 | 70 |
| 13 | 692 | 53,23 | 65 | 12 | 612 | 51,00 | 60 | 15 | 791 | 52,73 | 75 |
| 14 | 737 | 52,64 | 70 | 11 | 575 | 52,27 | 55 | 16 | 822 | 51,37 | 80 |
| T. 92 | 4821 | 52,40 | 65,71 | 98 | 5116 | 52,20 | 70 | 103 | 5363 | 52,06 | 73,57 |

25ème SEMAINE

| TEMOINS | | | | 3 pour cent | | | | 6 pour cent | | | |
|---------|------|-------|------------|-------------|------|-------|------------|-------------|------|-------|------------|
| N | P | P | Tx (p.100) | N | P | P | Tx (p.100) | N | P | P | Tx (p.100) |
| 14 | 761 | 54,35 | 70 | 14 | 760 | 54,28 | 70 | 10 | 541 | 54,10 | 50 |
| 15 | 847 | 56,46 | 75 | 16 | 855 | 53,43 | 80 | 18 | 965 | 53,61 | 90 |
| 16 | 871 | 54,43 | 80 | 17 | 900 | 52,94 | 85 | 18 | 968 | 53,77 | 90 |
| 16 | 855 | 53,43 | 80 | 17 | 910 | 53,52 | 85 | 17 | 935 | 55,00 | 85 |
| 17 | 915 | 53,82 | 85 | 15 | 811 | 54,06 | 75 | 17 | 921 | 54,17 | 85 |
| 16 | 870 | 53,37 | 80 | 18 | 936 | 52,00 | 90 | 16 | 848 | 53,00 | 80 |
| 17 | 907 | 53,35 | 85 | 17 | 905 | 53,23 | 85 | 16 | 849 | 53,06 | 80 |
| T.111: | 6026 | 54,28 | 79,28 | 114 | 6077 | 53,30 | 81,42 | 113 | 6027 | 53,33 | 80,71 |

26ème SEMAINE

| | | | | | | | | | | | |
|--------|------|-------|-------|-----|------|-------|-------|-----|------|-------|----|
| 16 | 843 | 52,68 | 80 | 15 | 790 | 52,66 | 75 | 16 | 835 | 52,18 | 80 |
| 13 | 721 | 55,46 | 65 | 14 | 770 | 55,00 | 70 | 13 | 690 | 53,07 | 65 |
| 13 | 696 | 53,53 | 65 | 14 | 769 | 54,92 | 70 | 14 | 759 | 54,21 | 70 |
| 14 | 752 | 53,71 | 70 | 14 | 741 | 52,92 | 70 | 14 | 761 | 54,35 | 70 |
| 15 | 831 | 55,46 | 75 | 14 | 757 | 54,07 | 70 | 15 | 811 | 54,06 | 75 |
| 14 | 764 | 54,57 | 70 | 15 | 803 | 53,53 | 75 | 16 | 847 | 52,93 | 80 |
| 16 | 867 | 54,18 | 80 | 17 | 892 | 52,58 | 85 | 17 | 908 | 53,41 | 85 |
| T.101: | 5474 | 54,19 | 72,14 | 103 | 5522 | 53,61 | 73,57 | 105 | 5611 | 53,43 | 75 |

27ème SEMAINE

| TEMOINS | | | | 3 pour cent | | | | 6 pour cent | | | |
|---------|------|-------|------------|-------------|------|-------|------------|-------------|------|-------|------------|
| N | P | F | Tx (p.100) | N | P | P | Tx (p.100) | N | P | P | Tx.(p.100) |
| 16 | 863 | 53,93 | 80 | 16 | 861 | 53,81 | 80 | 16 | 862 | 53,87 | 80 |
| 16 | 866 | 54,12 | 80 | 17 | 920 | 54,11 | 85 | 16 | 859 | 53,68 | 80 |
| 16 | 861 | 53,81 | 80 | 17 | 915 | 53,82 | 85 | 18 | 980 | 54,44 | 90 |
| 17 | 919 | 54,05 | 85 | 17 | 912 | 53,64 | 85 | 18 | 977 | 54,27 | 90 |
| 16 | 871 | 54,48 | 80 | 17 | 917 | 53,94 | 86 | 18 | 979 | 54,38 | 90 |
| 17 | 926 | 54,47 | 85 | 16 | 857 | 53,56 | 80 | 16 | 856 | 53,50 | 80 |
| 18 | 983 | 54,61 | 90 | 17 | 916 | 53,88 | 85 | 15 | 809 | 53,93 | 75 |
| T.116 | 6289 | 54,21 | 82,85 | 117 | 6298 | 53,82 | 83,57 | 117 | 6322 | 54,03 | 83,57 |

28ème SEMAINE

| | | | | | | | | | | | |
|-------|------|-------|----|-----|------|-------|----|-----|------|-------|-------|
| 18 | 986 | 54,77 | 90 | 17 | 923 | 54,29 | 85 | 16 | 864 | 54,00 | 80 |
| 18 | 982 | 54,55 | 90 | 17 | 923 | 54,29 | 85 | 18 | 985 | 54,72 | 90 |
| 17 | 931 | 54,76 | 85 | 18 | 981 | 54,50 | 90 | 18 | 984 | 54,66 | 90 |
| 17 | 930 | 54,70 | 85 | 14 | 761 | 54,35 | 70 | 18 | 973 | 54,05 | 90 |
| 18 | 980 | 54,44 | 90 | 17 | 920 | 54,11 | 85 | 18 | 973 | 54,05 | 90 |
| 16 | 874 | 54,62 | 80 | 18 | 981 | 54,50 | 90 | 14 | 762 | 54,42 | 70 |
| 15 | 814 | 54,26 | 75 | 18 | 979 | 54,38 | 90 | 16 | 860 | 53,75 | 80 |
| T.119 | 6497 | 54,59 | 85 | 119 | 6468 | 54,35 | 85 | 118 | 6401 | 54,24 | 84,28 |

| | | | | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|
| Totaux | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : |
| 713 | 37202 | 52,17 | 63,66 | 750 | 38630 | 51,50 | 66,96 | 762 | 39205 | 51,45 | 68,03 |

En ce qui concerne l'évolution pondérale des œufs, là les résultats du tableau n° 12 montrent que les différences de poids des œufs du lot témoin et des lots A. et B. sont insignifiantes.

4°) Coloration du jaune d'œuf.

Avant de livrer nos résultats sur les essais effectués, nous avons pensé qu'il serait utile de rappeler brièvement les notions générales de colorimétrie décrites par MAINGUY, ROUQUES et FERRANDO(20).

a) Les notions générales de colorimétrie.

On utilise, pour préciser une couleur, plusieurs qualificatifs qui permettent de parfaire l'information que l'on désire donner. L'analyse de cette information montre que l'on est toujours amené à distinguer :

couleur : {
- la teinte
- la saturation } chromaticité.
- l'état.

L'appréciation de la couleur est à la fois relative et complexe, car elle met en jeu de nombreux phénomènes physiques et des possibilités de variation du récepteur nerveux que constitue l'œil. Autrement dit, la transmission et l'interprétation de la couleur peuvent varier d'un individu à l'autre. Cependant, quel que soit le degré de précision recherché dans l'appréciation de la mesure de la couleur, les méthodes proposées doivent respecter deux critères au moins : la sensibilité et la fidélité.

Dans leur recherche pour l'appréciation de la mesure de la couleur du jaune d'œuf et du poulet de chair, MAINGUY, ROUQUES et FERRANDO décrivent trois méthodes :

- Les méthodes subjectives de mesure de la couleur.

Elles sont fondées sur la comparaison de la couleur avec une série d'étalons (gamme de colorations qui assurent la fidélité des mesures).

Dans cet esprit, de nombreuses techniques ont été utilisées, entre autres :

La station expérimentale d'Agriculture de WASHINGTON avec HEILMAN et CARVER (1935) a proposé un étalon de vingt quatre (24) couleurs obtenues en mélangeant quatre (4) pigments différents dans une peinture pour apprécier la couleur du jaune d'œuf. Cette technique a connu un échec dû à l'instabilité des peintures utilisées et au choix parfaitement arbitraire des couleurs.

MUINSELL, d'OSTWALD (1945) et HICKTHIER (1952), ont proposé des tables colorimétriques qui, malheureusement, ont présenté aussi des imperfections. Aujourd'hui, il existe une nouvelle gamme "ROCHE" établie selon une méthode objective et précise qui, malheureusement, ne peut être utilisée que pour apprécier seulement la couleur du jaune d'œuf et ne s'applique pas au poulet de chair.

- Méthodes indirectes d'appréciation de la couleur.

En même temps que l'usage révélait les défauts des méthodes subjectives, et devant les difficultés analytiques empêchant de doser facilement les pigments, de nombreux auteurs ont tenté d'apprécier la couleur du jaune d'œuf par la teneur en caroténoïdes totaux de l'œuf en utilisant des moyens simples, dans l'espoir d'établir une correspondance avec la couleur. Cette technique a été utilisée en 1949 par KAHLENBERG dans le laboratoire de la National Egg Product Association (N.E.P.A.). FORSYTHE de 1957 à 1960 a abouti lui à la mise au point de la méthode dite de l' "Association of Official Agricultural Chemist" (A.O.A.C), méthode qui a été proposée dans son principe auparavant par POHLE et MEHLENBACHER en 1935. Cette méthode s'appuie sur la détermination au spectrophotomètre de l'extinction d'un extrait acétonique du vitellus.

D'autres auteurs comme HEIMAN et TIGHE en 1943, DAY et WILLIAMS en 1953, ont préconisé une méthode analogue pour apprécier la couleur de la patte du poulet. Etant donné que toutes ces méthodes indirectes ont présenté des difficultés dans leur application, il était donc nécessaire, à partir de ce moment de s'orienter vers la mise au point des méthodes générales qualitatives et quantitatives d'appréciation des couleurs fondées sur la trichromie.

- Les méthodes objectives de mesure de la couleur : système de coordonnées XYZ de la Commission Internationale d'Eclairage (C.I.E).

C'est sur la base des méthodes objectives que la nouvelle gamme des couleurs "ROCHE", a été mise au point.

La théorie de la trichromie est trop complexe pour être exposée ici dans les détails. Résumons tout simplement en disant que cette théorie a permis de reproduire un triangle dit R.G.B. (Red, Green, Blue) sur lequel on place des couleurs pures spectrales, avec des longueurs d'ondes correspondantes. (Fig.4). Pour des raisons pratiques, ce triangle R.B.G. a été remplacé par un triangle équilatéral, XYZ, qui contient la ligne spectrale. (Fig.5.).

Dans un but de simplification, il a été opéré une transformation portant sur la forme du triangle que l'on a rendu rectangle isocèle. (Fig.6). Donc, en tenant compte uniquement de la valeur relative des coordonnées, chaque point peut être défini par les grandeurs x, y, z.

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad ; \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

Le rapport z y z est le même que celui de X Y Z et $x + y + z = 1$. Il suffit donc de connaître deux coefficients, le troisième étant déduit par la différence avec l'unité.

X, Y, Z : Coordonnées trichromatiques des jaunes d'œufs.

x, y, z, : Coefficients trichromatiques des jaunes d'œufs.

b) Résultats et discussions.

Dans ce premier essai, et par défaut de matériels appropriés, nous avons choisi d'apprécier uniquement de façon qualitative les effets de Salvinia nymphellula sur la coloration du jaune d'œuf. Au cours d'une prochaine étude nous nous pencherons sur l'étude quantitative en utilisant les méthodes objectives de trichromie. Les résultats que nous avons obtenus dans cet essai sont présentés sous forme de photos (page). Là aussi, le manque de matériels et d'expérience transparait sur la qualité des photos.

Nous avons déjà dit que les méthodes subjectives comportaient quelques erreurs d'appréciation. Néanmoins, pour apprécier la couleur des vitellus obtenus avec les différents pourcentages de Salvinia incorporés dans

FIGURE 4 - TRIANGLE DES COULEURS P.B.G.

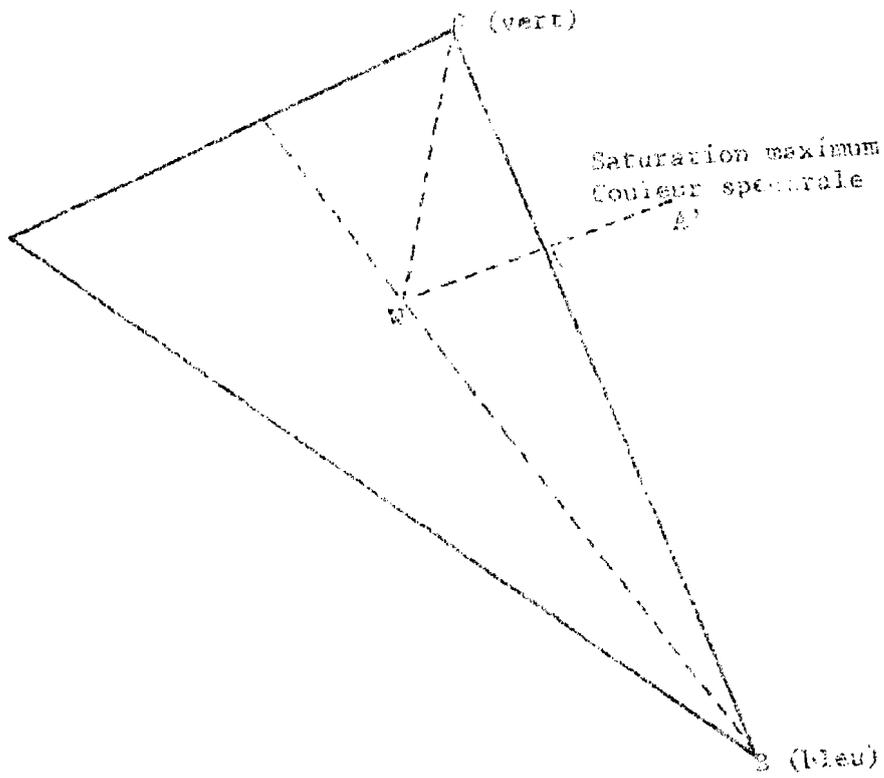


FIGURE 5 - CORRESPONDANCE ENTRE LE TRIANGLE P.B.G. ET LE TRIANGLE X, Y, Z

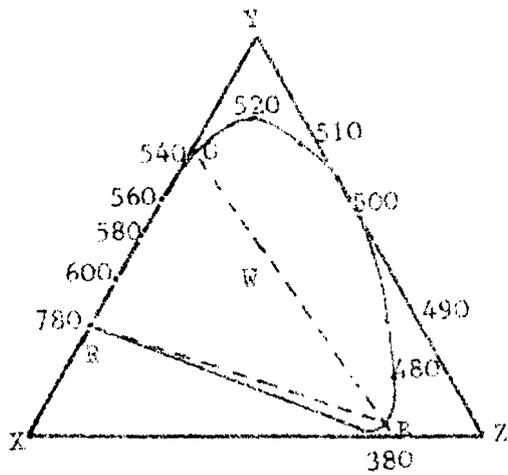
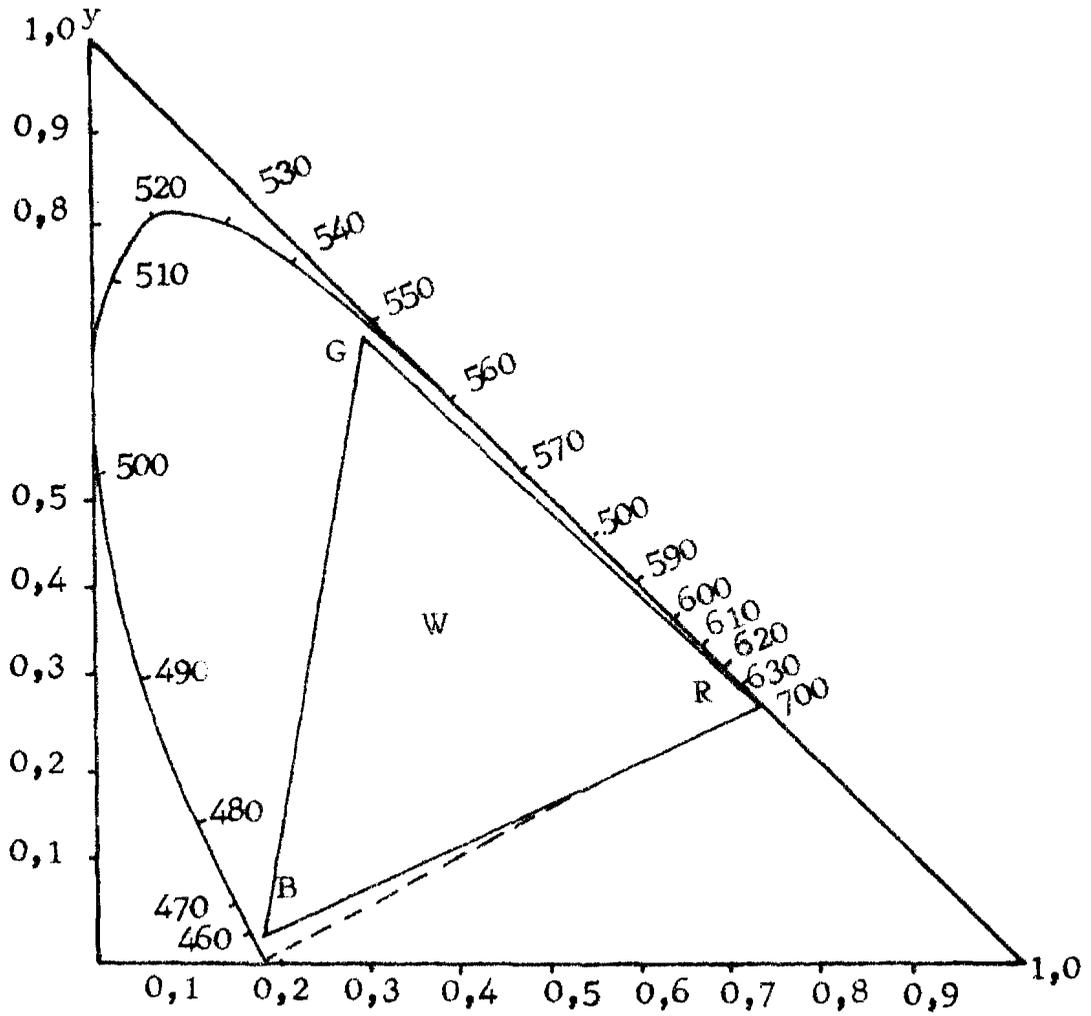


FIGURE N°6. Triangle des couleurs selon le système x, y, z.
coordonnées rectangulaires.



la ration des poules, nous les avons comparés à la gamme de couleurs "ROCHE" construite à partir du triangle des couleurs. Chaque degré de coloration de l'éventail "ROCHE" a été fixé par des points de coloration (indice de coloration) et par ses coordonnées dans la bande de coloration du vitellus du triangle des couleurs de sorte que chacun de ces degrés peut toujours être reproduit.

Les colorations que nous avons obtenues varient selon nos juges, pour le lot A, entre les n°s 4 et 6 de la gamme "ROCHE" ; pour le lot B, entre les n°s 5 et 7 de cette même gamme. Pour le lot B' entre les n°s 7 et 11 ; le lot T (témoins) entre 1 et 3.

Les variations obtenues au sein d'un même lot peuvent s'expliquer par l'influence, des facteurs alimentaires, nutritionnels et pathologiques que nous avons déjà évoqués. En effet, les mélanges d'aliments ayant été faits à la main de façon artisanale, nous ne sommes pas sûrs d'avoir obtenu un mélange parfait ; aussi, rien dans ces conditions ne nous indique que nos poules consomment toutes, les mêmes quantités de caroténoïdes. Les autres facteurs pathologiques auxquels nous avons fait face durant nos essais peuvent également expliquer cette hétérogénéité de la couleur du vitellus au sein d'un même lot. Néanmoins, si on regarde bien les photos, on se rend compte qu'il existe une grande différence entre la couleur du jaune d'œuf de témoins et celle des lots expérimentaux (A ; B ; ou B'). Ces résultats largement positifs autorisent des espoirs quant à la valorisation de cette fougère.

Les méthodes culturales et le cycle de développement très court de Salvinia lui donnent encore l'avantage sur un certain nombre de plantes jusque-là utilisées (algues, herbes vertes, luzerne) dans l'alimentation animale.

5°) Pathologie décelée sur les œufs.

Nous avons remarqué au cours de nos essais, des taches de sang sur le vitellus. Il est assez difficile de se prononcer sur cette question étant donné que ces taches étaient aussi bien présentes chez les lots A, B, que chez les lots T (témoins). Ces taches étaient abondantes au début mais elles ont diminué considérablement à la suite du traitement des poules

avec la Terramycine vitaminée, de l'Amprol^R . et du Vermisole, qui sont des antibiotiques et des antiparasitaires. Pour ces raisons, nous pensons pour notre part que ces taches de sang n'ont aucune relation avec cette alimentation car elles sont aussi présentes chez les animaux témoins; enfin, elles ont disparu à la suite du traitement et ne sont plus jamais réapparues pendant le reste de la durée de l'expérience. Nous attribuons la présence de ces taches tout simplement à une cause infectieuse ou parasitaire ; surtout que les analyses coprologiques effectuées en ces mêmes périodes ont révélé la présence de Coccidies et de Strongles dans les fientes de nos poules.

L'influence de Salvinia nymphellula d'une part sur le niveau de consommation et l'évolution pondérale des œufs, d'autre part sur l'entrée en ponte et le taux de ponte, est négligeable. Par contre, Salvinia par sa richesse en caroténoïdes totaux, contribue à accentuer la couleur du jaune d'œuf.

III.) LA FARINE DE SALVINIA DANS LES ALIMENTS DES FOULETS DE CHAIR.

A.- BUTS.

Il s'agit de voir ici l'influence de Salvinia nymphellula sur la croissance, le niveau de consommation, et la coloration de la chair des poulets.

B.- MATERIELS ET METHODES.

Nous avons utilisé pour cet essai la souche DERCO 109, poulet de chair à plumage blanc, à pattes jaunes et à chair jaune. Le choix d'une telle race tient au fait que l'obtention d'un poulet jaune est d'abord une affaire de souche. On ne pourra jamais, quoique l'on fasse, obtenir un poulet jaune avec une souche génétiquement blanche.

Ces poulets nés le 22 janvier 1962 ont été réceptionnés le lendemain matin à l'aéroport de Dakar-Yoff. Nous les avons nourris dès leur arrivée avec un régime de base (aliment démarrage SENTENAC). Ils ont été logés dans une poussinière chauffée pendant deux semaines ; puis ont été bagués et séparés en trois (3) lots de trente (30) poussins, placés dans un local à trois compartiments. La distribution des régimes expérimentaux a

commencé à partir de la 3^{ème} semaine (6/02/82) et s'est échelonné selon le Tableau n° 14. Les pesées des animaux et les mesures des aliments consommés se font toutes les semaines.

Tableau n° 14.

| DATES | Lot : Témoin | Lot n°I. : 2 pour 100 | Lot n°II. : 4 pour 100 | Lot n°III. : 10 pour 100 |
|----------|---------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------|
| 23/01/82 | : R.B.P.D. | : R.B.F.D. | : R.B.P.D. | : - |
| 5/02/82 | : | : | : | : |
| 6/02/82 | : R.B.P.D. | : R.B.F.D. | : R.B.P.D. | : - |
| 13/02/82 | : | : + 1 % de : Salvinia | : + 2 % de : Salvinia | : |
| 14/02/82 | : R.B.P.D. | : R.B.P.D. | : R.B.P.D. | : - |
| 13/02/82 | : | : + 1 % de : Salvinia | : + 2 % de : Salvinia | : |
| 14/02/82 | : R.B.P.D. | : R.B.P.D. | : R.B.P.D. | : - |
| 27/02/82 | : | : + 2 % de : Salvinia | : + 4 % de : Salvinia | : |
| 28/02/82 | : R.B.P.D. | : R.B.P.D. | : R.B.P.D. | : - |
| 6/03/82 | : + R.B.P.F. : mélange | : +R.B.P.F. : +2 pour 100 : Salvinia | : +R.B.P.F. : +4 pour 100 : Salvinia | : |
| 7/03/82 | : R.B.P.F. | : R.B.P.F. | : R.B.P.F. | : - |
| 20/03/82 | : | : +2 pour 100 | : +4 pour 100 | : |
| 21/03/82 | : | : | : | : R.B.P.F. |
| 10/04/82 | : - | : - | : - | : + 10 pour 100 : Salvinia |

R.B.P.D. = Ration de Base, Poussin Démarrage.

R.B.P.F. = Ration de Base, Poulet Finition à partir de la 6^o semaine.

Les régimes de base répondent aux formules détaillées dans le tableau n° 15

Les régimes expérimentaux ont été constitués en ajoutant au régime de base :

Tableau N° 15 :

Composition chimique des aliments (R.E.P.F.).

Réf. N° 35/69 FRA. Moulin SENTENAC

| | |
|--------------------------------|-------------------------|
| Humidité..... | 13 pour 100 maximum |
| Matières minérales..... | 7 pour 100 maximum |
| Matières scellulosiques..... | 6 pour 100 maximum |
| Matières Protéiques brutes. | 19 pour 100 minimum |
| Matières grasses..... | 3 pour 100 minimum |
| Vitamines A..... | 12.000 UI/Kg d'aliments |
| Vitamines D ₃ | 2.000 UI/Kg d'aliments |
| Vitamines E..... | 20 mg/kg d'aliments. |

- 2 pour 100 de *Salvinia* pour le lot I,
- 4 pour 100 de *Salvinia* pour le lot II,
- 10 pour 100 de *Salvinia* pour le lot III.

Le lot III est formé à partir de la moitié des poulets du lot II à la fin de la 8ème semaine.

C.- RESULTATS ET DISCUSSIONS.

Parmi les animaux de basse-cour, c'est le poulet qui a pour le moment retenu notre attention, étant donné la prédilection que présente celui-ci pour *Salvinia*. Par ailleurs, le poulet de chair est très prisé par l'homme qui en fait l'élevage industriel.

Nos principaux objectifs étaient d'obtenir une bonne croissance et d'arriver à une pigmentation susceptible de satisfaire les exigences du marché. Nos résultats sont présentés dans les tableaux n°s 16, 17, 18. On trouvera également à la page une photo tirée en fin d'expérience.

Tableau n° 16.

| Age en Semaines | Poids des poulets de chair en grammes | | |
|-----------------|---------------------------------------|--------|---------|
| | Témoin | Lot I. | Lot II. |
| 2 semaines | 226 | 227 | 227 |
| 3 semaines | 364 | 365 | 367 |
| 4 semaines | 575 | 582 | 581 |
| 5 semaines | 781 | 794 | 788 |
| 6 semaines | 998 | 1013 | 1010 |
| 7 semaines | 1215 | 1235 | 1239 |
| 8 semaines | 1444 | 1466 | 1487 |

Tableau n° 17.

Ac roissement hebdomadaire en gramme.

| AGE EN SEMAINES | Témoin | Lot I | Lot II |
|--------------------|--------|-------|--------|
| 3 semaines | 138 | 139 | 140 |
| 4 semaines | 211 | 216 | 214 |
| 5 semaines | 207 | 212 | 207 |
| 6 semaines | 216 | 219 | 222 |
| 7 semaines | 217 | 222 | 229 |
| 8 semaines | 229 | 231 | 243 |

TABLEAU N° 18.

| ! Age en ! Semaines | ! TEMOINS | | | ! LOT I. 2 pour 100 | | | ! LOT II. 4 pour 100 | | |
|------------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------------------------------|
| | ! consommation en ! gramme/500g | ! cumul en ! g. | ! Indice de ! conversion ! alimentaire | ! consommation en ! gramme/500g | ! cumul en ! g. | ! Indice de ! conversion ! alimentaire | ! consommation en ! (g.) | ! cumul en ! g. | ! Indice de ! conversion ! alimentaire |
| ! 1° semaine : | ! 133 | ! 133 | ! - | ! 133 | ! 133 | ! - | ! 133 | ! 133 | ! - |
| ! 2° semaine : | ! 259 | ! 392 | ! 1,73 | ! 259 | ! 392 | ! 1,720 | ! 259 | ! 392 | ! 1,72 |
| ! 3° semaine : | ! 336 | ! 728 | ! 2,00 | ! 337 | ! 729 | ! 1,991 | ! 338 | ! 730 | ! 1,989 |
| ! 4° semaine : | ! 427 | ! 1155 | ! 2,008 | ! 431 | ! 1160 | ! 1,993 | ! 430 | ! 1160 | ! 1,996 |
| ! 5° semaine : | ! 518 | ! 1673 | ! 2,14 | ! 532 | ! 1692 | ! 2,130 | ! 542 | ! 1702 | ! 2,15 |
| ! 6° semaine : | ! 615 | ! 2288 | ! 2,29 | ! 621 | ! 2313 | ! 2,280 | ! 624 | ! 2326 | ! 2,30 |
| ! 7° semaine : | ! 675 | ! 2953 | ! 2,43 | ! 667 | ! 2980 | ! 2,410 | ! 669 | ! 2995 | ! 2,41 |
| ! 8° semaine : | ! 722 | ! 3675 | ! 2,54 | ! 731 | ! 3711 | ! 2,530 | ! 729 | ! 3724 | ! 2,50 |

../. ..

Il est aisé, en comparant ces différents résultats, de constater que les lots I. et II. ont pris un peu plus de poids que le lot Témoin ; de même, ces lots I. et II. ont consommé beaucoup plus d'aliments et présentent les meilleurs taux de croissance hebdomadaire.

Cependant, nous pouvons remarquer que l'indice de conversion alimentaire est un peu plus élevé par rapport au chiffre généralement donné dans la littérature par les maisons commerciales. Ceci s'explique par le fait que nous n'avons pas pu évaluer les pertes alimentaires au cours de la nutrition des poulets. La fraction de ration gaspillée a été considérée comme consommée. En définitive, la farine de Salvinia peut être considérée comme un bon eupeptique pour le poulet dont elle accélère légèrement la croissance.

En ce qui concerne la coloration de la chair des poulets, à la fin des huit (8) semaines, nous avons constaté qu'aucun de ces poulets n'avait présenté une coloration significative. Ceci nous a poussé à augmenter le taux de Salvinia dans la ration des poulets du lot III.

Enfin d'expérience le 10 Avril 1982, sur les quinze (15) poulets constituant le lot III, seuls neuf (9) poulets ont présenté une coloration jaune indiscutable. La non-uniformité de coloration de nos poulets est due sans doute au fait que nos essais ont été réalisés dans des conditions pratiques d'élevage. Ceci est à l'origine des modifications d'ordre nutritionnel et pathologique, individuelles, qui ont entraîné l'hétérogénéité des colorations que nous avons observée sur les poulets appartenant pourtant à un même lot et au même groupe génétique.

Il faudra donc reprendre l'essai plus tard avec un contrôle plus rigoureux de ces facteurs.

Durant l'expérimentation, nous avons noté quatre (4) poulets morts dans le lot I. et un (1) dans le lot II. Cette mortalité intervenue à la fin de la 5ème semaine est provoquée par les conditions climatiques (froid).

Grâce aux essais que nous venons de relater sur les poulets de chair nous pouvons conclure que la farine de Salvinia est appréciée des volailles et leur apporte une certaine quantité de caroténoïdes et d'autres éléments nutritifs nécessaires à leur croissance et à la coloration de leur chair.

C O N C L U S I O N G E N E R A L E

Notre étude préliminaire sur l'utilisation de Salvinia nymphellula, Fougère d'eau douce, en alimentation des volailles, nous a permis, après un rappel des données générales sur les fougères, d'étudier les conditions particulières de culture de cette plante.

Nous avons sur ce plan, dégagé un certain nombre d'indications sur ses conditions de culture, de récolte, de séchage et de stockage. Les résultats d'analyses chimiques nous ont laissé entrevoir un double intérêt alimentaire de la plante. Elle peut en effet constituer une source azotée comparable, sur le plan de l'apport quantitatif, aux céréales et issues de meunerie. La teneur en caroténoïdes lui confère un pouvoir potentiel de coloration de certaines productions animales. Ainsi, nous avons testé chez la poule pondeuse et le poulet de chair ces deux potentialités.

Chez la poule pondeuse, l'utilisation de la farine de Salvinia nymphellula ajoutée aux taux de 3 pour 100, 6 pour 100 puis 12 pour 100 à un aliment de commerce utilisé comme ration témoin, nous a permis de mettre en évidence un pouvoir colorant du jaune d'œuf ; celui-ci, déjà sensible au taux de 3 pour 100, est nettement marqué à 6 et 12 pour 100.

Chez le poulet de chair, les résultats sont moins nets avec les taux initialement utilisés et qui étaient de 2 et 4 pour 100. Au taux de 10 pour 100 nous avons obtenu des résultats appréciables. Par ailleurs, les potentialités nutritionnelles de Salvinia nymphellula doivent donner à ces études ultérieures, une autre dimension. Il serait intéressant en effet, outre le rôle sur la coloration de certaines productions animales, de songer au remplacement d'une partie des céréales de la ration des volailles par cet aliment.

Toutefois, comme l'indique le titre de notre thèse, il s'agit d'un travail préliminaire qui nous a permis d'identifier les paramètres importants à maîtriser dans le cadre d'une étude ultérieure beaucoup plus rigoureuse.

Les résultats tirés des analyses chimiques de cette première série d'expériences justifient amplement l'intérêt de cette étude ultérieure.-

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

1. ABBAYES (H.) et Collab.
Précis de Botanique. 2ème éd. Paris : Masson 1978
2. AHMAD (B.) :
Biochim. J., 1937, 25 : 1195-1204.
3. AKE (A.) :
Salvinia nymphellula Desv. (Salviniaceae) fléau en extension vers
l'ouest de l'Afrique intertropicale.
Bull. de l'IFAN, 1977, 39 Série A (3), - p. 555-562.
4. ALLEN (V.S.) :
Axenic culture of aquatic fern Salvinia.
American Fern Journal, 1974, 64 (1) : 13 - 14.
5. ALSTON (A.H.G.) :
The ferns and ferns allies of west tropical Africa :
a supplement to the second Edition of flora Of West tropical
Africa. 1959 : 25 p.
6. ANONYME :
L'œuf de consommation et caractéristiques
I.N.R.A. (Station de recherches Avicoles) : Tours, 1970 ; 184 p.
7. ANONYME :
L'Aviculture en milieu tropical
Jourdain - international 1980 : 148 p.
8. BAYET (R.) :
La luzerne déshydratée en alimentation animale
Thèse : Med. Vét : Toulouse : 1969 : 11.
9. BEAUDET (J.C.) :
Les algues en alimentation animale
Thèse : Méd. Vét : Toulouse, 1970, 85.

10. BLACKMAN (B.) :
Reponse to environmental factors by plants
in the vegetative phase
New York : Basic books Publishing co; 1961 : 525-560.
11. BOUGON (M.) :
Influence de la supplémentation alimentaire en divers pigments
sur les performances et la coloration des pintadeaux.
Bull. inf. de la station d'aviculture de Ploufrangon, 1969, 9 (4):1-
12. BOYD (C.) :
Vascular aquatic plants for minéral nutrient
remouval from polluted waters.
Econ. Bot., 1970, 24 : 95-103.
13. BOYD (C.) et BLACKBURN (R.) :
Seasonal changes in proximate composition for some
common aquatic weeds.
Hyacinth control. J.: 1970; 8 : 42-44.
14. CLATWORTHY (S.) HARPER (J.) :
The comparative biology of closely related species living
in some area. V inter and intra specific inter ference
within cultures of lemma spp. and *Salvinia natans*.
J. exp. Bot. 1962, 13 : 307-324.
15. COULTON (T.G.); BIRD (H.R.)+:
Poultry sci, 1941, 20 : 432 p.
16. DAY (E.J.), WILLIAMS (W.P.)+:
Poultry sci, 1958, 37 (6) : 1373-1381.
17. DENTON (J.) :
Relation ships between the chemical composition of aquatic
plants and water quality.
M.S. Thesis : Au burn univer : Al abama : 1965.

18. EMBERGER (L.) et CHADEFAUD (M.) :
Tome I : Les végétaux non vasculaires (Cryptogamie)
Paris : Masson, 1960, XV-1019 p.
19. FACHO (B.), NDIAYE (Ah.L.), SANOKHO (A.) :
Recherche sur la composition centésimale des constituants
alimentaires de *Salvinia nymphellula*.
Desv. Bull. A.A.S.N.S. 1979, (66).
20. FERRANDO (R.), MAINGUY (P.) et ROUGUES (A.) :
La couleur du jaune de l'œuf et la chair du poulet
p.90-138. In production avicole.
Paris Flammarion, 1968 : 231 p.
3ème cycle sur les Problèmes et les options de l'industrie
de l'alimentation animale.
21. FERRANDO (R.) :
Alimentation du poulet et de la poule pondeuse.
Paris : Vigot-frères, 1969.
22. GAUDET (J.J.) et KOH (D.) :
Effect of various growth regulators on *Salvinia*
rotundifolia in stérile culture.
Bull. Torrey. Bot. Club, 1968, 95 : 92-102.
23. GAUDET (J.J.) :
Growth of a floating aquatic weed : *Salvinia* under
standard conditions.
Hydrobiologia, 1973, 41 (1) : 77-106.
24. HILLMAN (W.S.) :
The Lemnaceae or duckweed.
A review of the descriptive and expérimental litterature.
Bot, rev, 1961, 27 : 221-287.
25. HOFFMAN La ROCHE et Cie :
La pigmentation du jaune de l'œuf : Les carophyll.
Neuilly-sur-Seine. 1975 : 31 p.

26. KHAMALA (P.H.) :
"The Agar-Agar industry" p.10-12.
in The technologies available on fisheries residues and prospect
of their utilization in Kenya.
Séminaire tenu à Douala (Caméroun) du 17 au 21 novembre 1980.
27. LAHDESMAKI (P.) :
Free amino acids in leaves of *Salvinia natans* and *Azolla filiculoides* grown in light and Dark.
Physiologia Plantarum, 1968, 21 : 1097-1103.
28. LARBIER (M.), YVORE (P.) et GUILLAUME (J.) :
Influence de la coccidiose duodénale sur l'utilisation de
l'énergie et des protéines alimentaires chez le poulet
I.N.R.A. (Station de recherche) (s.d) P. multip.
29. MAINGUY (P. et ROUQUES (A.) :
- La couleur des œufs du marché Français
Alimentation et la vie, 1965, 53 (4,5,6,) :
- La couleur des œufs du marché Français
Alimentation et la vie, 1965, 53 (7,8,9) :
30. MAINGUY (P.) et FERRANDO (R.) :
La couleur du poulet de chair
compte rendu d'expérimentation 1969.
Neully-Sur-Seine. Hoffman La Roche, 1969 : 33 p.
31. MITCHELL (D.) :
The ecology of vas vascular hydrophyte in lake kariba.
hydrobiology, 1969, 34 : 443-464.
32. MITCHELL (D.) :
The antecology of *Salvinia auriculata* in lake Kariba.
Thèse univ. Londres, 1970.
33. MORELET (J.), MOREL (M.) :
L'élevage du poulet. Méthodes pratiques les plus sûres.
Paris : Flammarion 1961 : 156 p.

34. ONNEN (R.M.) :
La levure dans l'alimentation animale.
Thèse : Méd. Vét : Toulouse : 1970, (85).
35. PAGUEREAU (M.M.) :
L'appareil sporifère des Ptéridophytes. Sa valeur
dans l'étude des sédiments quaternaires.
Thèse univ. Sciences. Nat. Bordeaux : 1966, (86).
36. PARES (Y.) :
Etude expérimentale de la morphologie du gamétophyte
de quelques Filicinées.
Thèse. Univ. Sciences Nat. Paris : 1957, (146).
37. RAJAN (A.K.), BETTERIDGE (B.), BLACKMAN (N.) :
Changes in growth of *Salvinia natans* induced by cycles
of light and darkness of widely different duration.
Ann. Bot., 1971, 35 : 597-604.
38. RAO (Y.), NARAYANA (R.) :
Effect of mineral nutrient and auxin on *Salvinia*
auriculata Aublet, grown in cultures.
J. of Mysore univ., 1968 21 : 136-143
39. RUSSEL (W.C.) :
J. nutrition.
1942, 24 : 199-211.
40. SANOKHO (A.) :
Salvinia nymphellula Desv. au Sénégal
Bull. de l'IFAN. 1977 Série A (1) : 16-19.
41. SHAW (R.J.), DEUEL (H.J.) :
J. nutrition
1944, 27 : 395-401.

42. SOTA de la (E) :
Contribucion al conocimiento de las Salviniaceae
néotropical Salvinia Sprucei Kuhn
Darwiniana, 1964, 13 : 529-420.
43. SOTA de la(E.) †
Índice sistemático y bibliográfico de los taxa
vivos del género Salvinia Adanson p.229-235
in obra del centenario del museo de la plata 1976.
44. STEWARD (K.K.) :
Nutrient removal potenciales of varions aquatic plants.
Hyacinth control. J. 1970, 8 : 34-35.
45. STURKIE (P.D.) :
Avian physiology. 2ème ed., Ithaca (N.Y.) Comstock publ.,
ass. 1965, 30 : 766 p.
46. TARDIEU-BLOT (M.L.) :
Ptéridophytes, Fougères et plantes alliées.
Cryptogamie sedes 1954. 102 p.
47. VAVICH (M.G.), and KEMMERER (A.K.) :
Arch. Biochem, 1950, 28 : 295 p.
48. WARMBRUDT (R.D) RAY (F.) :
Botanical gazette, 1978, 139 (4) : 393-429.
49. YVORE (P.) MAINGUY (P.) :
Influence de la coccidiose duodénale sur la teneur
en caroténoïdes du sérum chez le poulet.
Annales de recherches vétérinaires,
1972, 3 (3) : 381-387.

50. YVORE (P.); LESUR (J.), MAINGUY (B.) et Collab. :

Influence de la coccidiose sur la coloration
jaune du poulet.

Annales de recherches vétérinaires.

1972, 3 (3) : 389-398.

51. ZUTSHI (M.P.), VASS (K.K.) :

Ecology and Production of *Salvinia natans*

Hoffm in Kashmir Hydrobiology,

1971, 38 : 303-320.

+ auteurs cités par MAINGUY (P.) et ROUQUES (A.) (29).

VU :

LE DIRECTEUR.
de l'Ecole Inter-Etats
des Sciences et Médecine
Vétérinaires

LE
CANDIDAT

LE PROFESSEUR RESPONSABLE
de l'Ecole Inter-Etats des
Sciences et Médecine Vétéri-
naires.

VU :

LE DOYEN
de la Faculté de Médecine
et de Pharmacie

LE PRESIDENT DU JURY

VU et permis d'imprimer.....

DAKAR, le

LE RECTEUR : PRESIDENT DU CONSEIL PROVISOIRE DE
L'UNIVERSITE DE DAKAR.