

Effet des filtrats de fiente de poulet et boue de vache sur les propriétés physicochimiques et fonctionnelles de farine d'algues vertes (*Azolla filiculoidales* et *Azolla caroliniana*)

DIOMANDE Massé, GROGA Noël, KOUAME Kan Benjamin

Abstract

The objective of this study is to evaluate the physicochemical and functional characteristics of green algae meals. *Azolla filiculoides* and *Azolla caroliniana* were selected and cultivated on the filtrates of chicken droppings and cow mud for two weeks. These algae were then dried in the shade for three days and then ground into flour. Moisture, fat, ash, protein, and carbohydrate were determined by AOAC methods [8] and the calculated energy value. The functional properties evaluated are the water and oil absorption capacities, the foaming power, the foam stability and the bulk density. The results showed that the carbohydrate (34-39%) and ash (42-49%) contents of the algae (*Azolla filiculoides* and *Azolla caroliniana*) are better than those of other algae. On the other hand, protein (6%) and fat (0%) levels were lower. Chicken manure filtrate increased ashes while cow mud filtrate improved (40%) carbohydrate and energy (183 Kcal). Furthermore, the evaluation of the functional properties showed better properties (water and oil absorption capacities, foaming power, foam stability) for green algae. Algae (*Azolla filiculoides* and *Azolla caroliniana*) can therefore be recommended in the manufacture of food for infants and children as a dietary supplement and in the feeding of livestock. This would add value to these little-known green algae.

Index Terms— Algae, *Azolla filiculoides*, *Azolla caroliniana*, Chemical composition, Functional properties

Résumé

L'objectif de cette étude est d'évaluer les caractéristiques physicochimiques et fonctionnelles de farines d'algues vertes. Pour se faire, les algues *Azolla filiculoides* et *Azolla caroliniana* ont été sélectionnées et cultivées sur les filtrats de fiente de poulet et boue de vache pendant deux semaines. Ces algues ont été ensuite séchées à l'ombre pendant trois jours puis broyées en farine. Les teneurs en humidité, matières grasses, cendres, protéines, glucides ont été déterminées par les méthodes AOAC (1995) et la valeur énergétique calculée. Les propriétés fonctionnelles évaluées sont les capacités d'absorption d'eau et d'huile, le pouvoir moussant, la stabilité de mousse et la densité en bloc. Les résultats ont montré que les teneurs en glucides (34-39 %) et cendres (42-49 %) des algues (*Azolla filiculoides* et *Azolla caroliniana*) sont meilleures que celles des autres algues. Par contre, les taux de protéines (6%) et de matières grasses (0%) ont été plus faibles. Le filtrat de fiente de poulet a permis d'augmenter les cendres tandis que le filtrat de boue de vache a amélioré (40 %) les taux de glucides et la valeur énergétique (183 Kcal). Par ailleurs, l'évaluation des propriétés fonctionnelles a montré de meilleures propriétés (capacités d'absorption d'eau et d'huile, le pouvoir moussant, la stabilité de mousse) pour les algues vertes. Les algues (*Azolla filiculoides* et *Azolla caroliniana*) peuvent donc être recommandées dans la fabrication d'aliment pour nourrisson et enfants comme complément alimentaire et dans l'alimentation du bétail. Ce qui ajouterait ainsi de la valeur à ces algues vertes, peu connues.

Mots clés —Algues, *Azolla filiculoides*, *Azolla caroliniana*, Composition chimique, Propriétés fonctionnelles

Les Algues vertes (*Chlorophycées*) sont de formes très variées, uni- ou pluricellulaires. Leurs plastes sont colorés en vert par les chlorophylles a et b, auxquelles sont associés des carotènes et des xanthophylles. La photosynthèse permet la formation d'amidon, comme pour les plantes supérieures [1, 2, 3]. La plupart des algues vertes vivent en eau douce ou en milieux marins, mais certaines espèces peuvent également se développer sur terre. Elles jouent un rôle important dans l'oxygénation des eaux, favorisant ainsi la vie animale [3]. Ces algues vivent dans la zone des marées, jusqu'à 10 mètres de profondeur.

La production mondiale de macro-algues s'élevait à près de 25 millions de tonnes en 2013 dont 96 % de ce tonnage provient de la culture d'algues dans les pays d'Asie de l'Est et du Sud-est et le reste provient d'Amérique du Sud, d'Afrique, d'Europe puis d'Océanie. La culture de ces algues en Afrique représente 88% de la production mondiale et celle de la côte d'Ivoire sont comprises entre 10 000 et 20 000 cell/l soit 156 à 189 gC/m²/an dans les eaux marines côtières et au large [4].

Les algues sont employées par les hommes depuis la préhistoire. Elles sont la base de la chaîne alimentaire en mer et sont donc l'un des fondements de la vie. Les algues se nourrissent uniquement des éléments, ou corps simples, qu'elles puisent dans l'eau de mer. Au siècle dernier les algues ont nourri les peuples littoraux, elles leurs servaient aussi à fertiliser les sols pour les cultures et de combustible pour le chauffage [4]. C'est seulement depuis les années 70 qu'on trouve une valeur gastronomique aux algues. À eux seuls, les secteurs textile et alimentaire absorbent en moyenne 80 % de la production mondiale de ces extraits et la demande ne cesse de croître.

On découvre chaque jour un peu plus le rôle primordial joué par les minéraux et oligo-éléments pour la santé, que ce soit sur le plan cardio-vasculaire, le système immunitaire, et bien d'autres aspects de la pathologie, sachant que de nombreuses affections sont reliées à une insuffisance en certains minéraux [5]. L'agriculture industrielle intensive a appauvri les sols qui ne peuvent que produire des aliments pauvres en nutriments essentiels. Dénuées de toxicité et pauvres en graisse, toutes ces algues sont de plus en plus utilisées par les fabricants d'aliments allégés. Certaines espèces d'algues sont aussi appréciées pour leurs propriétés antiseptiques et antivirales. Enfin, leurs vertus antivirales laissent espérer la mise au point de médicaments notamment contre le VIH/sida. Ainsi, les fucanes d'algues brunes semblent présenter des propriétés anticoagulantes, anti-inflammatoires, antivirales voire anti tumorales [6]. En cosmétologie, les algues sont très utiles. Leurs extraits entrent dans la composition du dentifrice et du rouge à lèvres, sans oublier leur emploi en thalassothérapie et dans les bains moussants aux senteurs marines [7]. D'autres subs-

tances tirées des algues sont employées comme capsule d'enrobage de médicaments ou comme support pour la culture bactériologique [5]. Les applications industrielles des molécules d'algues sont vastes: on les retrouve dans les boîtes de Pétri des laboratoires de recherche, dans des produits cosmétiques (laits pour le corps, savons, shampoings, dentifrices, fixateurs de parfum...), dans des produits pharmaceutiques (enrobages de médicaments, des pansements gastriques...) et même dans des produits industriels divers tels que des adhésifs ou des peintures pour bâtiment. On découvre toujours de nouvelles applications à ces molécules et on découvre aussi de nouvelles molécules. submission. You can get a .pdf, .html, or .doc version at <http://computer.org/copyright.htm>. Authors are responsible for obtaining any security clearances.

For any questions about initial or final submission requirements, please

Cette salade de la mer, boudée des gastronomes, est devenue un additif incontournable pour la vie des êtres vivants grâce à ses nombreux vertus. Très peu de travaux scientifiques existent sur les espèces d'algues vertes, *Azolla filiculoides* et *Azolla caroliniana*.

La présente étude a donc pour objectif d'évaluer les propriétés physicochimiques et fonctionnelles des farines d'algues vertes, *Azolla filiculoides* et *Azolla caroliniana*, cultivées sur des filtrats de fiente de poulet et boue de vache. Ceci dans le but d'évaluer les perspectives de valorisation de ces algues.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Matériel biologique

Les algues vertes utilisées pendant l'expérimentation sont *Azolla caroliniana* et *Azolla filiculoides*. La fougère de Caroline, *Azolla caroliniana* est une petite fougère aquatique, flottante, pouvant se fixer sur la vase. La tige porte deux rangées de feuilles de petite taille, en forme d'écaille de 5 à 7 mm. Les feuilles qui se recouvrent partiellement sont translucides et gris blanc immergées, vert pâle avec une marge rosée à l'air libre. La face inférieure présente de fins poils papillaires et de longs rhizoïdes filiformes (Figure 1).

Azolla filiculoides dite parfois fougère d'eau comme d'autres azollas est une petite fougère aquatique flottante originaire des zones tempérées chaudes et tropicales, de la famille des Azollaceae (Figure 2).



Figure 3: *Azolla filiculoides*



Figure 4 : Farine d' *Azolla filiculoides*

Taxonomie : *Azolla filiculoides*
Règne : Plante
Sous règne : Tracheobionta
Division : Pteridophyta
Classe : Filicopsida
Ordre : Hydropteridales
Famille : Azollaceae
Genre : *Azolla*



Figure 5 : *Azolla caroliniana*

Taxonomie : d' *Azolla caroliniana*
Règne : Plante
Sous règne : Tracheobionta
Division : Pteridophyta
Classe : Liliopsida
Ordre : Hydropteridales
Famille : Azollaceae
Genre : *Azolla*



Figure 6: Farine d'Azolla caroliniana
avec le filtrat de fiente de poulet



Figure 7 : Farine d'Azolla caroliniana
Avec le filtrat de boue de vache

IJSER

2.2 Composition du milieu de culture des algues

Les algues vertes sont isolées de bas fond de maraichers à Daloa (région du Haut Sassandra, Côte d'Ivoire). Leur repiquage régulier est réalisé dans des conditions d'asepsie et leur mise en culture dans un milieu entièrement minéral réduisant considérablement les risques de contamination bactérienne. Le milieu de culture des algues est composé 50 L d'eau et 1,5 L de filtrat de fiente de poulet, d'une part et 50 L d'eau et 1,5 L de boue de vache d'autre part. Ce mélange est mis en culture dans un bac de 1 m² de superficie.

2.3 Production de la farine d'algue

La souche d'algue est mise dans le bac contenant le milieu de culture. Au bout de 2 semaines les algues se multiplient. Les algues vertes ainsi obtenues sont séchées à l'ombre pendant 3 jours puis broyées pour obtenir la farine d'algue.

2.4 Caractérisation physicochimique des farines d'algues

Sur les farines obtenues, des caractéristiques physicochimiques telles que les taux d'humidité et de cendres, de protéines brutes, de matières grasses, de glucides et la valeur énergétique ont été déterminées. Les teneurs en eau, en cendres et en matières grasses ont été quantifiées selon la méthode AOAC [8]. Les protéines brutes ont été dosées selon la méthode de BIPEA [9]. Les glucides ont été déterminés par calcul selon la formule : Glucides totaux (%) = 100 - [cendres (%) + protéines (%) + lipides (%) + humidité (%)].

La valeur énergétique a été calculée en tenant compte des coefficients d'Atwater [10] selon l'expression suivante : Valeur énergétique (kcal/100 g) = [(% glucides x 4) + (% protéines x 4) + (% lipides x 9)]

2.5. propriétés fonctionnelles de la farine d'algues

2.5.1 capacité d'absorption en eau des échantillons de farine (cae)

Une quantité d'un (1) gramme de farine est pesée par échantillon et introduite dans un tube à centrifugeuse. Trois (3) essais, pour chaque type de farine, ont été réalisés. Les tubes contenant les farines ont été pesés et les masses sont notées (me). Ensuite, une quantité de dix (10) mL d'eau a été ajoutée dans chaque tube et le tout a été agité pendant 30 minutes. Enfin, la centrifugation a été faite pendant 25 minutes à 5000 trs/min grâce à une centrifugeuse JOUAN, (N° série 39707312, N° Réf. 11174301). Le surnageant de chaque tube est versé et les nouvelles masses notées (me').

La capacité d'absorption d'eau pour chaque échantillon est déterminée selon la formule suivante :

$$C A E = (me' - me) \times 100 / PE$$

avec me : Masse du tube contenant la farine avant centrifugation ; me' : Nouvelle masse du tube contenant la farine après centrifugation ; PE : Prise d'essai.

2.5.2 Capacité d'absorption en huile des échantillons de farine (CAH)

Pour chaque échantillon, une quantité de 0,5 g de farine est pesée et introduite dans un tube à centrifugeuse. Trois (3) essais, pour chaque type de farine, ont été réalisés. Les tubes contenant les farines ont été pesés et les masses notées (me). Ensuite, une quantité de 6 mL d'huile de tournesol a été ajoutée dans chaque tube et le tout a été agité pendant 30 minutes. Enfin, la centrifugation a été faite pendant 25 minutes à 5000 trs/min grâce à une centrifugeuse JOUAN, (N° série 39707312, N° Réf. 11174301). Le surnageant de chaque tube est versé. Les tubes sont séchés à l'étuve (à 50 °C) et les nouvelles masses sont notées (me''). La capacité d'absorption en huile pour chaque échantillon est déterminée selon la formule:

$$C A H = (me'' - me) \times 100 / PE$$

Avec me : Masse du tube contenant la farine avant centrifugation ; me'' : Nouvelle masse du tube contenant la farine après centrifugation et étuvage ; PE : Prise d'essai.

2.5.3 Densité en bloc des échantillons de farine (DB)

Pour chaque échantillon, une quantité de quinze (15) grammes de farine est pesée (m) et introduite dans une éprouvette graduée (en plastique). La farine de chaque éprouvette est tassée et le volume est lu (v). La densité en bloc est déterminée selon la formule suivante:

$$DB = m/v$$

avec m : Masse (g) de la farine introduite dans l'éprouvette ; v : Volume occupé (cm³) par la farine dans l'éprouvette.

2.5.4 Pouvoir moussant (PM) et stabilité de la mousse (SM)

Une quantité de trois (3) grammes de farine est pesée par échantillon et introduite dans un bécher. Ensuite, 100 mL d'eau y sont ajoutés et le tout est agité pendant quelques minutes. La solution obtenue est filtrée. Après avoir quantifié le filtrat, le liquide est agité dans une éprouvette graduée pour faire mousser et la hauteur de la mousse est notée. Le pouvoir moussant est déterminé selon la formule suivante:

$$PM = ((V2 - V1) / V1) \times 100$$

avec V1 : Volume du filtrat avant moussage ; V2 : Volume du filtrat après moussage.

Après avoir agité les éprouvettes contenant les différentes solutions, les éprouvettes sont abandonnées à température ambiante pendant 30 minutes et une nouvelle lecture du niveau de la mousse est faite. La stabilité de la mousse est déterminée selon la formule:

$$SM = (Vf / (V2 - V1)) \times 100$$

Avec Vf : Volume final de la mousse après repos de 30 minutes ; V1 : Volume du filtrat avant moussage ; V2 : Volume du filtrat après moussage.

2.6 Traitements statistiques des données

Les données recueillies à l'issue de la caractérisation physicochimique et fonctionnelle des échantillons de farines ont été soumises à des analyses statistiques. Ainsi, une analyse de variance multidimensionnelle a été réalisée aux fins d'apprécier l'existence de différence entre les échantillons étudiés. Par ailleurs, des analyses de variance ont été également effectuées sur ces données. Des tests de comparaison multiples (Tukey HSD) ont été conduits lorsque la différence a été révélée comme significative ($p < 0,05$) aux fins de séparer les différents échantillons. En addition, une analyse en composantes principales a été effectuée pour visualiser les différents échantillons dans un espace bidimensionnel. Ces traitements statistiques ont été réalisés grâce au logiciel STATISTICA 7.1.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Propriétés physicochimique d'algues vertes

Le filtrat de fiente de poulet améliore les taux de matière sèche et de cendres des algues, tandis que le filtrat de boue de vache améliore les teneurs en glucides et les valeurs énergétiques ces algues. Pour chacun des filtrats on note que la teneur en protéine est constante (6,25-6,50%) alors que celle de la matière grasse est nulle (Tableau II).

L'*Azolla filiculoides* est plus riche en glucide (36,08-39,46%) et en valeur énergétique (183,84Kcal/100g). Quant à l'*Azolla caroliniana*, elle renferme des teneurs en matière sèche (89-91%) et de cendre (49,61%) les plus élevées. Selon les tests statistiques, les teneurs en protéines issues de chaque filtrat restent constantes (6,25-6,50%). Par ailleurs, les taux d'extractions des matières grasses furent nuls (0%) pour chaque farine (Tableau III).

Les teneurs en matière sèche des deux algues vertes *Azolla filiculoides* et *Azolla caroliniana* de la présente étude sont identiques à celle de rapporté par [11]. Les taux de glucides et cendres sont largement supérieur à ceux des *Azolla pinnata* autres algues vertes d'*Azolla filiculoides* et *Azolla caroliniana*. En revanche, les teneurs en protéines et en matière grasses sont inférieures à celle des autres algues vertes (Tableau IV).

Farines	Paramètres chimiques et biologiques					
	H (% MS)	MG (% MS)	C (% MS)	P (% MS)	G (% MS)	V.E (kcal/100g)
Azolla filiculoides (filtrat boue de vache)	11,87±0,19b	0b	42,17±0,76b	6,50±0,18a	39,46±0,53b	183,84±1,70b
Azolla coroliniana (filtrat boue de vache)	9,64±0,22a	0b	49,61±0,43a	6,58±0,48a	34,17±0,10a	163,00±1,61a

Tableau II: Influence du milieu de culture sur la composition chimique de la farine issue d'Azolla filiculoides

H : taux d'humidité, MG : teneur en matières grasses, C : teneur en cendres, P : teneur en protéines, G : teneur en glucides totaux, VE : valeur énergétique ; Les valeurs avec des lettres alphabétiques différentes dans la même colonne sont significativement différentes (p <0,05);

Tableau III : Effet de la boue de vache sur la composition chimique des farines d'Azolla filiculoides et d'Azolla caroliniana

H : taux d'humidité, MG : teneur en matières grasses, C : teneur en cendres, P :

Farines	Paramètres chimiques et biologiques					
	H (% MS)	MG (% MS)	C (% MS)	P (% MS)	G (% MS)	V.E (kcal/100g)
Azolla filiculoides (filtrat fiente de poulet)	9,14± 0,17a	0a	48,52± 0,76a	6,26± 0,14a	36,08± 0,56a	169,36±2,38a
Azolla filiculoides (filtrat boue de vache)	11,87±0,19b	0a	42,17±0,23b	6,50±0,18a	39,46±0,53b	183,84±1,70b

teneur en protéines, G : teneur en glucides totaux, VE : valeur énergétique ; Les valeurs avec des lettres alphabétiques différentes dans la même colonne sont significativement différentes (p <0,05);

Tableau IV: Propriétés physicochimiques comparées de cinq farines d'algues vertes (*Azolla caroliniana*, *Azolla filiculoides*, *Azolla pinnata*, *Spirulina maxima* et *Scenedesmus musabundans*)

Propriétés Physico-chimiques	Farines issues d'algues vertes				
	<i>Azolla caroliniana</i> (Présente étude)	<i>Azolla filiculoides</i> (Présente étude)	<i>Azolla pinnata</i> [11]	<i>Spirulina maxima</i> [12]	<i>Scenedesmus musabundans</i> [13]
Matière sèche(%)	89-91	89-91	89	ND	ND
Protéines (% MS)	6	6	24	60	9-39
Glucides totaux (% MS)	34	36-39	30	16	4-26
Matières grasses (% MS)	0	0	3	6	9-36
Cendres (% MS)	49	42-48	16	6	ND

ND: valeur non déterminée

3.2 Propriétés fonctionnelles

Le filtrat de fiente de poulet améliore la capacité d'absorption en eau d'*Azolla filiculoides*. Quant à la boue de vache elle améliore la capacité d'absorption en huile de farines (*Azolla filiculoides*). D'après les études statis-

tiques certaines propriétés fonctionnelles des deux (2) types de farines provenant d'*Azolla filiculoides* sont communes. Il s'agit des pouvoirs moussants, stabilités moussantes ainsi que les densités blocs (Tableau V).

L'*Azolla filiculoides* possède la meilleure capacité d'absorption en eau (CAE) tandis que l'*Azolla caroliniana* la meilleure capacité d'absorption en huile (CAH), le pouvoir moussant (PM) et la stabilité moussante (SM) sont les plus élevés lorsque ces deux algues sont produites sur du filtrat de boue de vache. La densité en bloc (DB) demeure constante pour les deux algues (Tableau VI).

La majorité des propriétés fonctionnelles (CAE, CAH, PM et SM) des farines d'algues d'*Azolla filiculoides* et d'*Azolla caroliniana* de la présente étude ont été largement supérieures à celles des farines de poisson et chenille rapporté par [14]. Seules les densités en bloc (DB) des farines d'algues ont été plus faibles

que celles de poisson et chenille. (Tableau VII).

Tableau V : Influence du milieu de culture sur les propriétés fonctionnelles des farines issues d'*Azolla filiculoides*

Farines	Propriétés fonctionnelles				
	CAE(%)	CAH(%)	PM(%)	SM(%)	DB (g/ cm3)
Azolla filiculoides (Filtrat de fiente de poulet)	640±127,95a	387,8±35,17a	10,97±1,20a	10,50±0,54a	0,150±0,00 3a
Azolla filiculoides (Filtrat de boue de vache)	471,1±84,11b	401,1±36,11b	11,27±1,53a	11,68±0,91a	0,135±0,006a

CAE: capacité d'absorption en eau, CAH : capacité d'absorption en huile, PM : pouvoir moussant, SM : stabilité de la mousse, DB : densité en bloc. ; Les valeurs avec des lettres alphabétiques différentes dans la même colonne sont significativement différentes ($p < 0,05$);

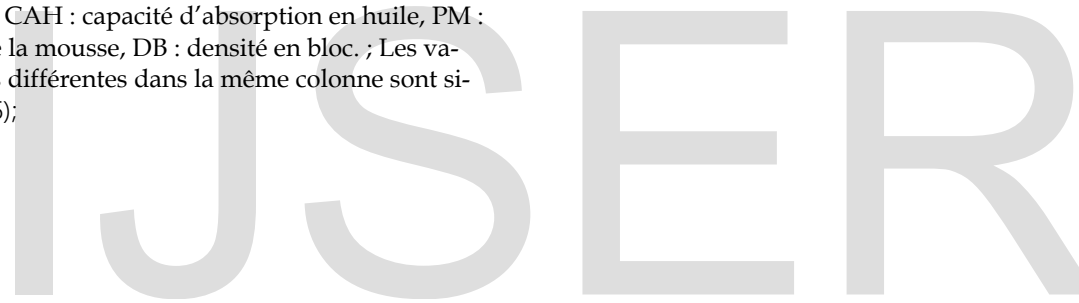


Tableau VI: Effet de la boue de vache sur les propriétés fonctionnelles des farines d'Azolla filiculoides et d'Azolla caroliniana.

Farines	Propriétés fonctionnelles				
	CAE (%)	CAH (%)	PM (%)	SM (%)	DB (g/cm ³)
Azolla filiculoides (filtrat boue de vache)	471,1±84,11a	401,1±26,22a	11,25±1,53a	11,68±0,54a	0,135±0,001a
Azolla coroliniana (Filtrat de boue de vache)	428,7±51,45b	559,4±36,11b	17,85±7,91b	18,07±6,96b	0,133±0,003a

CAE : capacité d'absorption en eau, CAH : capacité d'absorption en huile, PM : pouvoir moussant, SM : stabilité de la mousse,

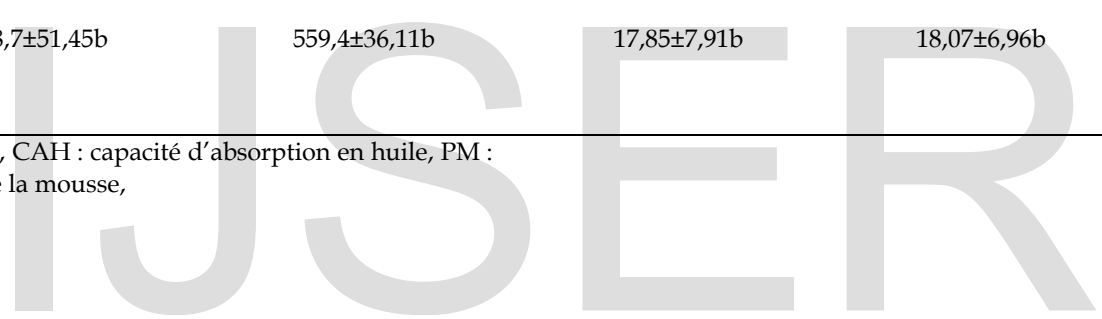


Tableau VII : Propriétés fonctionnelles comparées des farines d'algues (*Azolla coroliniana*, *Azolla filiculoides*), de poisson (*Thunnus albaceres*) et de chenille (*Imbrasia oyemensis*).

Propriétés Fonctionnelles	Différentes farines			
	Azolla coroliniana (Présente étude)	Azolla filiculoides (Présente étude)	Poisson thon, Thunnus albaceres [14]	Chenille, Imbrasia oyemensis [14]
CAE (%)	428	471-640	94	159
CAH (%)	559	400	82	113
PM (%)	17	10-11	4,6	2,21
SM (%)	11-18	10-11	0	2,3
DB (g/cm ³)	0,13	0,13	0,61	0,54

DB : densité en bloc ; Les valeurs avec des lettres alphabétiques différentes dans la même colonne sont significativement différentes ($p < 0,05$); CAE : capacité d'absorption en eau, CAH : capacité d'absorption en huile, PM : pouvoir moussant, SM : stabilité de la mousse, DB : densité en bloc.

4 DISCUSSION

Les variabilités constatées dans la composition physico-chimique des algues vertes sont liés d'une part aux conditions de culture et à la nature des espèces d'algues. En effet, de nombreux travaux réalisés sur les algues d'eau douce ou marines, ont montré l'influence déterminant des conditions environnementales sur la composition biochimique des algues [15,16,17]. Les principaux facteurs pouvant affectés la composition chimique des algues lors de la composition du milieu de culture sont : la température et l'intensité lumineuse selon les travaux de [13]. Les milieux de cultures utilisés dans la présente

étude sont composés de filtrat de fiente de poulet et de boue de vache. Ces deux milieux ont permis d'obtenir des teneurs élevées en glucides totaux et en cendres comparativement aux types de farines. En effet, les travaux de [11] montraient que la farine issue de *Azolla pinnata* (une algue) avait une teneur en glucide totaux de 30% et une teneur en cendre de 16%. La farine de l'algue *Spirulina maxima* a également enregistré un taux en glucide totaux de 16% contre un faible taux de 6% de cendre [12]. Quant aux travaux de [13], ils ont montré que les teneurs en glucides totaux des farines d'algue de *Scenedes musabundans* étaient rangées entre 4 et 26%. Les différences observées au niveau des teneurs de farines d'algue pouvaient s'expliquer par la nature de l'algue, son milieu de culture, mais aussi de la technique utilisé. Ces farines étant riche en glucides et en cendres pourraient être utilisées en agronomie et nutritionnelle. Contrairement aux études menées par ces mêmes auteurs, nos farines issues des deux (2) algues ont enregistré des taux de protéines très faibles 6% contre 24% [11] ; 60% [12] et 9-39% [13]. La présente étude confirme également que les farines d'algues testées sont pauvres en matières grasses. Cependant l'étude menée par [13] montrait que ces farines d'algues de *Scenedes musabundans* avaient des taux de matières grasses qui variaient de 9 à 36%. Ces résultats expliquent encore que la composition chimique des farines d'algues serait liée à plusieurs facteurs intrinsèques et extrinsèques.

Nos résultats ont aussi montré que les farines d'algues vertes provenant d'*Azolla filiculoides* et d'*Azolla caroliniana* présentent en général de meilleures propriétés fonctionnelles comparé à celles des poissons et chenilles. Les capacités d'absorption en eau de ces farines d'algues vertes sont deux à trois fois supérieures à celles des champignons (260 à 390 %), alors que leurs capacités d'absorption en huile sont similaires à celles des champignons selon les travaux de [18]. Les valeurs importantes de la capacité d'absorption en eau et la capacité d'absorption en huile indiquent que les farines d'algues sont hydrophiles et présentent de forte palatabilité. Ces farines favoriseraient un plaisir alimentaire en raison de leurs textures agréables au palais Selon [19]. Le pouvoir moussant et la stabilité moussante des algues sont plus élevés que celles de poisson et chenille. Le pouvoir moussant d'une farine est lié à la nature et à la structure des protéines de cette farine alors que la stabilité de la mousse est liée à la capacité de la protéine à faire face aux contraintes gravitationnelles et mécaniques [20]. La mousse est par ailleurs utilisée pour améliorer la texture, la consistance et l'apparence des aliments selon l'étude de [21]. Les densités en bloc (DB) ou masse volumique apparente sont très importantes pour les emballages en industrie alimentaire [22]. Les densités en bloc

des algues de la présente étude (0,1g/cm³) sont inférieurs à celles de poisson, chenille, mais et blé (0,60g/cm³). Ces résultats montrent que ces farines d'algues ne seraient pas de bon agent épaississant [23].

5 CONCLUSION

Cette étude a permis d'évaluer les caractéristiques physicochimiques et fonctionnelles de farines d'algues. Les résultats ont montré que les teneurs en glucides et cendres d'*Azolla filiculoides* et d'*Azolla caroliniana* sont meilleures que celles d'autres algues cités dans la littérature. Par contre, les taux de protéines et de matières grasses ont été plus faibles. Le filtrat de fiente de poulet a permis d'augmenter les cendres tandis que le filtrat de boue de vache a amélioré les taux de glucides totaux et la valeur énergétique.

Par ailleurs, l'évaluation des propriétés fonctionnelles a montré de meilleures propriétés fonctionnelles (capacité d'absorption en eau et en huile ; pouvoir moussant et stabilité de mousse) pour les algues vertes. Les farines de ces algues *Azolla filiculoides* et *Azolla caroliniana* peuvent donc être recommandées dans la fabrication d'aliment pour nourrisson et enfants et dans l'alimentation du bétail ajoutant ainsi de la valeur à ces algues vertes.

En perspective, des études de toxicités et facteurs nutritionnels sont nécessaires pour mieux valoriser ces farines d'algues en Côte d'Ivoire.

RÉFÉRENCES

- [1] Lamouroux J. V. F., 1813. _ Essai sur les genres de la famille des Thalassio-phytes non articulées. In: Dufour, C. (Eds.), Annales du Muséum d'Histoire naturelle, Paris.
- [2] Kützing F.T., 1843. Phycologia generalisoder anatomie, physiologie undsystemkunde der tange. In: Brockhaus.
- [3] Reviere, B., 2002. Biologie et phylogénie des algues, tome 1 : cours. In: Belin (Eds.). France, Paris, Belin Sup. Sciences, 351p.
- [4] Radmer, R.J., & Parker, B.C., 1994. Commercial application of algae: opportunities and constraints. Journal of Applied Phycology. 6, 93-98.
- [5] Bouquet A. L., 2008. - Limitation du développement des macro-algues en marais salé. In: Pillet, F. (Eds.). France, Le Château d'Oléron, Publ. Centre Régional d'Expérimentation et d'Application Aquacole, 72 p.
- [6] Queiroz K. C. S., Medeiros V. P., Queiroz L. S., Abreu L. R. D., Rocha H. A.

- O., Ferreira C. V., Juca M. B., Aoyama, H. & Leite E.L., 2008. Inhibition of reverse transcriptase activity of HIV by polysaccharides of brown-algae. *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 62 :303-307
- [7] Dabouineau L., 2004.- Un autre regard sur les algues marines. 118 : 1-4.
- [8] AOAC. (1995). Official methods of Analysis of AOAC AOAC International, 16th Ed. International Arlington, VA,
- [9] BIPEA, (1976). Recueil des méthodes d'analyse des communautés européennes. Bureau Interprofessionnel d'Études Analytiques, Gennevilliers. France.
- [10] FAO. (2003). Food energy - methods of analysis and conversion factors, Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome, 2003.
- [11] Paudel Dev R., Pramila Dhakal, Kailash P. Timsina and Ananta Dahal, 2015- *Azolla* as an economic substitute to soybean based feed for poultry, *Int J Appl Sci Biotechnol*, Vol 3 (4): 619-625.
- [12] IOPR, 2009. - Colloque international "Spiruline et développement", 28-30 avril 2008 à Toliara, Madagascar. Mém. Institut océanogr. Paul Ricard, 184 pp.
- [13] M. Tahiri¹, A. Benider¹, M. Belkoura¹ ' A. Dauta, 2000- Caractérisation biochimique de l'algue verte *Scenedesmus abundans* : influence des conditions de culture, *Annls Limnol*. 36 (1) 3-12.
- [14] Diomande M. Koko, C. A. And. Kouame B. K 2017. -Propriétés physicochimiques et fonctionnelles des farines de chenilles (*Imbrasia oyemensis*) et de poisson (*Thunnus salbacares*), *International Journal of Innovation and Scientific Research* , 31 : 117-127
- [15] Morris I., Glover E. & Yentsch C.S. 1974. - Products of photosynthesis by marine phytoplankton : the effect of environmental factors on the relative rates of protein and carbohydrate synthesis. *Mar. Biology.*, 27: 1-9.
- [16] Thompson P.A., Guo M-x. & Harrison P.J. 1992. — Effects of variation in temperature. I. On the biochemical composition of eight species of marine phytoplankton. *J. Phycol*, 28 : 481-488.
- [17] Vargas M.A., Moreno R.J., Olivares H., Del Campo J.A., Rivas J. & Guerrero M.G. 1998. — Biochemical composition and fatty acid content of filamentous nitrogen-fixing cyanobacteria. /. *Phycol*, 34: 812-817.
- [18] M.O. Aremu, S.K. Basu, S.D. Gyar, A. Goyal, P.K. Bhowmik, S. D. Banik, 2009- 'Proximate composition and functional properties of Mushroom flours from *Ganoderma* spp., *mphalolus olearius* (DS) Sing. and *Hebeloma mesophaeum* (pers.) Quél. used in Nasarawa State, igeria," *Mal. J. Nutr*, Vol. 15, no.

2, pp. 233-241,

- [19] J.E. Kinsella, 1976- "Functional properties of proteins in food, a Survey,"
Crit. Rev. Food Sci. Nutr., Vol. 7, pp. 219-222,
- [20] Fennema, 1996. - Food chemistry, 3rd Ed. Marcel Dekker. Inc. New york,
Basel.
- [21] Akubor and Chukwu J. K 1999. - "Proximate composition and selected
functional properties of fermented and unfermented African oil bean
(Pentacle thramacrophylla) seed flour," Plant Food Human. Natritional.
54: 227-238.
- [22] Zayas J. F., 1997- Water holding capacity of proteins, In: functionality of
proteins in food, Berlin: Springer, pp. 76-125.
- [23] Padmashree T. S Vijayalakshmi L. and S. Puttaraj S. 1987.-"Effect of tradi-
tional processing on the functional properties of cowpea (vignacatjang)
flour," Journal food science and technology. 24: 221-224,

IJSER

IJSER