

## Évaluation de la croissance végétative de *Azolla caroliniana* et *Azolla filiculoides* à l'aide du filtrat de la bouse de vache; Haut Sassandra, Daloa, Côte d'Ivoire

Kouassi Thiégba KOUAME, Noel GROGA\*, Tetchi Nicaise AKEDRIN,  
Doffou Selastique AKAFFOU et Yatty KOUADIO

Université Jean Lorougnon Guède, UFR Agroforesterie, Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole,  
BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

\* Correspondance, courriel : [groga7@yahoo.fr](mailto:groga7@yahoo.fr)

### Résumé

Ce travail porte sur l'évaluation de la croissance végétative d'*Azolla caroliniana* et *Azolla filiculoides* à l'aide du filtrat de la bouse de vache s'est déroulé à Daloa (Côte d'Ivoire). Pour se fait, de la bouse de vache a été prélevée et conditionnée sous forme de filtrat pour servir d'élément nutritif à la culture d'*Azolla filiculoides* et d'*Azolla caroliniana*. Le filtrat obtenu est constitué d'éléments nutritifs primaires (15gm/L de  $\text{NO}_3^-$ , 5.41gm/L de  $\text{NH}_4^+$ , 65gm/L de  $\text{PO}_4^{3-}$  et 166,59gm/L de K), d'éléments nutritifs secondaires (29,32gm/L de Ca, 12.14gm/L de Mg, 129.1gm/L de Na et 180.26gm/L de S) et d'Oligo-éléments (0.05gm/L de Cu, 3.52gm/L de Fe et 0.08gm/L de Mn). Ensuite, les fougères *Azolla* ont été récoltées après 15, 23 et 29 jours puis pesées et séchées à l'ombre pendant cinq jours avant d'être analysées. Les résultats montrent que la production d'*Azolla filiculoides* et *Azolla caroliniana* est influencée par la durée de culture car la production récoltée après 15 jours est différente de celle obtenue après 23 et 29 jours, pour chacune des *Azolla*, mais la longueur moyenne de leur racine est identique (2 cm). Par ailleurs, entre 23 et 29 jours, la production n'est pas différente. Toutefois, l'analyse de la composition physico-chimique d'*Azolla caroliniana* se révèle meilleure que celle d'*Azolla filiculoides* cultivée avec le même filtrat. La teneur en cendres (42,17 %), le taux d'humidité (11.87 %), la teneur en glucides (39,46 %) et la valeur énergétique (183,46 kcal/100g) d'*Azolla caroliniana* ont été plus importants que ceux d'*Azolla filiculoides*. Les espèces d'*Azolla* (*A. filiculoides* et *A. caroliniana*) sont cultivées pour leur richesse en éléments nutritifs et aussi leur capacité à être utilisées comme biofertilisant dans les cultures.

**Mots-clés :** *A. filiculoides*, *A. caroliniana*, Filtrat de bouse de vache, composition physico-chimique.

### Abstract

**Assessment of the vegetative growth of *Azolla caroliniana* and *Azolla filiculoides* with the help of the filtrate of the cow dung; Haut Sassandra, Daloa, Côte d'Ivoire**

This work is about the assessment of the vegetative growth of *Azolla caroliniana* and *Azolla filiculoides* with the help of the filtrate of the cow dung took place in Daloa (Côte d'Ivoire). For making itself, the dung of cow has been appropriated and has been conditioned as filtrate to act as nourishing element to the culture of *Azolla filiculoides* and *Azolla caroliniana*. The gotten filtrate is constituted of primary nourishing elements (15gm/L of  $\text{NO}_3^-$ , 5.41gm/L of  $\text{NH}_4^+$ , 65gm/L of  $\text{PO}_4^{3-}$  and 166,59gm/L of K), of secondary nourishing elements (29,32gm/L of That, 12.14gm/L of Mg, 129.1gm/L of Na and 180.26gm/L of S) and of trace elements (0.05gm/L

of Cu, 3.52gm/L of Fe and 0.08gm/L of Min.). Then, the Azolla ferns have been harvested after 15, then weighed 23 and 29 days and dried to the shade during five days before being analyzed. The results show that the production of *Azolla filiculoides* and *Azolla caroliniana* is influenced by the length of culture because the production harvested after 15 days is different from the one gotten after 23 and 29 days, for each of the Azollas, but the middle length of their root is identical (2 cm). Otherwise, between 23 and 29 days, the production is not different. However, the analysis of the physico-chemical composition of *Azolla caroliniana* proves to be better than the one of *Azolla* cultivated *filiculoides* with the same filtrate. The content in ashes (42,17 %), the rate of humidity (11.87 %), the content in glucides (39,46 %) and the energizing value (183,46 kcal/100g) *Azolla caroliniana* was more important than those of *Azolla filiculoides*. The species of *Azolla* (*A. filiculoides* and *A. caroliniana*) are cultivated for their wealth in nourishing elements and also their capacity to be used like biofertilising in the cultures.

**Keywords :** *A. filiculoides*, *A. caroliniana*, Filtrate of cow dung, physicochemical composition.

## 1. Introduction

*Azolla* est une petite Fougère aquatique de la famille des *Azollaceae*, originaire des zones tempérées chaudes et tropicales. Cette fougère, renferme d'énormes qualités tant agronomiques qu'alimentaires car elle réalise une symbiose héréditaire avec *Anabaena- azollae*, une Cyanobactérie diazotrophe capable d'utiliser le diazote (N<sub>2</sub>). Cette association se caractérise par une productivité élevée des substances azotées et une forte teneur en protéines. Ces protéines lui confèrent des qualités aussi bien fertilisantes telles que l'engrais vert dans la riziculture [1, 2], qu'alimentaires pour les volailles, les porcs et surtout les poissons [3 - 5]. Faisant l'objet d'une exploitation empiriquement depuis de nombreux siècles en Chine et au Vietnam [3], sa production dans ces milieux est en baisse grandissante depuis les années 1980. L'une des raisons de la chute de la production est la rareté de l'espace appropriée, et de la maîtrise de sa production en moindre coût et disponible. Comparativement à la plupart des récoltes du fourrage vertes et Mycophytes aquatiques, *Azolla* contient une grande quantité de protéine (19-30 %). Sa composition en acide aminé essentielle (la lysine) est favorable pour la nutrition des animaux. De ce fait, *Azolla* peut être un supplément de la protéine précieux pour beaucoup d'espèces y compris les ruminants, la volaille, les cochons et les poissons [6 - 10]. Faisant l'objet d'une exploitation empiriquement depuis de nombreux siècles en Chine et au Vietnam [3], la production d'*Azolla* dans ces milieux est en baisse grandissante depuis les années 1980. L'une des raisons de la chute de cette production en Chine et au Vietnam est la rareté de l'espace appropriée à sa culture, traduisant ainsi son développement en deçà des attentes initiales [1]. En Afrique cette baisse serait due d'une part, à un manque de connaissance des propriétés ou de l'importance de l'*Azolla* et d'autre part à la non maîtrise de sa production en quantité, qualité et à moindre coût de ce végétal. L'objectif général de cette étude est de produire l'*Azolla* plus simplement avec de la matière disponible et renouvelable pour répondre à l'attente des utilisateurs, tout en augmentant sa quantité et sa qualité. Spécifiquement cette étude a porté sur les effets comparatifs du filtrat de la bouse de vache sur la croissance végétative d'*Azolla caroliniana* et d'*Azolla filiculoides* puis a proposé une méthode simple et efficace favorisant la production de fougère *Azolla* afin de permettre au monde agricole d'améliorer sa production.

## 2. Matériel et méthodes

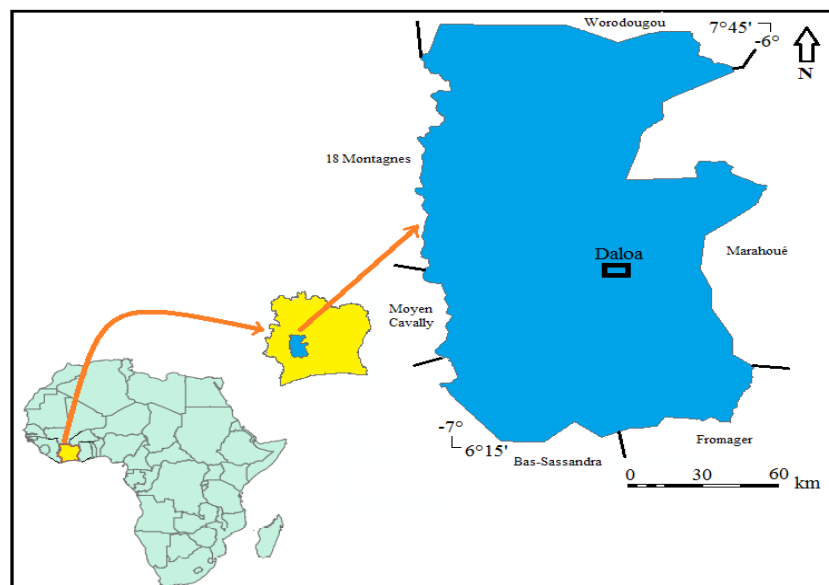
### 2-1. Matériel végétal

Les fougères utilisées pendant l'étude 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 7mm. 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 [11] (**Figure 2**). *Azolla filiculoides* est une petite fougère aquatique, flottante, pouvant se fixer sur la vase originaires des zones tempérées chaudes et tropicales. Elle est constituée d'une tige principale croissant à la surface de l'eau avec des feuilles alternes ainsi que des racines adventives se formant à intervalle réguliers. A l'aisselle de certaines feuilles, se développent des tiges secondaires ayant les mêmes caractéristiques que la tige principale. Elles portent à leur tour les tiges de troisième ordre (**Figure 3**).

## 2-2. Description du milieu d'étude

L'étude a été conduite sur le site expérimental de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa en Côte d'Ivoire compris entre 6°54' longitude Nord et 6°26' longitude Ouest (**Figure 1**). Ce site bénéficie d'un climat tropical humide. On y distingue quatre types de saisons. Une grande saison des pluies d'avril à mi-juillet, une petite saison sèche de mi-juillet à mi-septembre, une petite saison des pluies de mi-septembre à novembre et une grande saison sèche de décembre à mars [12]. Les températures moyennes annuelles oscillent entre de 24,65 et 27,75 °C. La pluviométrie annuelle qui était de 1868,5 mm en 1968, est passée à 1200 mm d'eau en 2008 soit une baisse de 40 % [13]. Le sol rencontré est de type ferrallitique fortement ou moyennement altérés [14]. La végétation appartient au secteur ombrophile du domaine guinéen caractérisé par la forêt dense humide à évolution régressive. La dégradation de cette forêt est accélérée par l'intensification des cultures de rente telles que : le cacaoyer, caféier, le palmier à huile et l'hévéa. De même les pratiques culturales extensives et itinérantes et l'exploitation non contrôlée des essences forestières ont notamment fait reculer les limites de cette forêt [15].



**Figure 1 : Carte de la zone de l'étude**

## 2-3. Collecte de données

La mise en culture de ces 2 espèces d'*Azolla* (*A. filiculoides* et *A. caroliniana*) a été réalisée dans six bacs de 1 m<sup>2</sup> de surface et de 30 cm de profondeur confectionnés à l'aide de planches et de contre plaqués puis recouverts de sachet plastique de couleur bleu [16] (**Figure 4**).



**Figure 2 :** *Azolla caroliniana*



**Figure 3 :** *Azolla filiculoides*

Un espace d'une superficie de 10 m<sup>2</sup> a été aménagé pour accueillir ces bacs. Les bacs ont été surélevés par des supports en occurrence les briques afin d'éviter d'éventuelles attaques de termites et de rongeurs.

#### 2-4. Préparation du filtrat de bouse de vache

La bouse de vache provient d'un troupeau situé à environ 2 km du champ d'expérimentation. Le prélèvement de la bouse de vache s'est fait en évitant au mieux tout ce qui n'est pas de l'excrément de vache. Une quantité de 1 Kg de la bouse de vache prélevée est mise dans un pot de 5 litres à laquelle 3 litres d'eau ordinaire (eau de robinet de la société de distribution d'eau de Côte d'Ivoire) a été apportée. Le contenu ainsi obtenu, a été laissé au repos durant un jour pour être filtrer ensuite avec un filet de maille 0.2 cm (**Figure 5**). Le liquide ainsi obtenu est le filtrat de vache.



**Figure 4 :** *Bacs de culture*



**Figure 5 :** *Extraction du filtrat liquide de la bouse de vache*

#### 2-5. Préparation du milieu de culture

A la réalisation, il a été donc nécessaire de déterminer la composition en éléments nutritifs de la bouse de vache afin d'évaluer la quantité de chaque fertilisant à apporter aux différents bacs. Le milieu de culture réalisé dans chacun des bacs, a contenu un volume de 75 litres d'eau ordinaire et cinq litres du filtrat de la bouse de vache. A ces éléments, une quantité de 100 g du matériel végétal (*Azolla caroliniana* ou *Azolla filiculoides*) frais a été associée. Chaque bac a été protégé par un filet. Trois bacs ont été utilisés pour chacune espèce de *Azolla*. Après un délai de Quinze (15) jours, vingt-trois (23) et vingt-neuf (29) après ensemencement, des récoltes d'*Azolla* ont été faites dans les différents milieux de culture pour des pesées.

#### 2-6. Collecte des données

Les données collectées au cours de cette étude portent sur la composition chimique du filtrat préparé, la masse de la fougère *Azolla* récoltée et sa composition chimique. Le filtrat de la bouse de vache et *Azolla* ont été

envoyés au laboratoire (LANADA et au CRO) pour être analysé. Concernant la masse d'*Azolla*, des récoltes de la totalité de chaque espèce se sont effectuées après 15, 23 et 29 jours de culture dans les différents bacs. Avant chacune des pesées, une exposition à l'ombre pendant 1/4 heure a été opérée pour chaque récolte en vue de l'élimination de l'eau contenue dans le matériel végétal. La pesée a été réalisée à l'aide d'une balance électronique de marque APX-1502 et de précision 0,01 g. Les productions exprimées en g /m<sup>2</sup> à la fin de 15, 23 et 29 jours ont été calculées suivant la **Formule** suivante :

$$Pi = \frac{M}{S} \tag{1}$$

*Pi* étant la production exprimée en g / m<sup>2</sup>, *M* la masse totale de *Azolla* récoltés par bac, en gramme et *S* la surface de culture en m<sup>2</sup>.

## 2-7. Analyses statistiques

Les données collectées ont été saisies sur le tableur Excel 2007 puis la collecte des productions d'*Azolla* par période ont été calculées pour chaque espèce. Les données des différents poids ainsi obtenues ont été soumises à une analyse de la variance (ANOVA) à un critère de classification (poids) grâce au logiciel STATICA version 7.1 et PAST version 2.17c. Les différentes moyennes ont été classées grâce au test de Student Newman-Keuls (SNK) utilisant la procédure GLM.

## 3. Résultats et discussion

### 3-1. Résultats

#### 3-1-1. Détermination des quantités de fertilisants organiques

Les valeurs de la teneur en éléments nutritifs de la bouse de vache utilisée sont consignées dans le **Tableau 1**. Les fumures d'origine animale utilisées sont constituées de bouse de vache. La composition d'échantillons de celle-ci en matière organique, en azote, en carbone organique, en phosphore et en potassium a été déterminée au laboratoire des Sciences du Sol de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA). La composition nutritionnelle de la bouse de vache présente assez de minéraux riches avec des pourcentages différents. Le filtrat de la bouse de vache contient des éléments primaires de l'engrais qui jouent un rôle majeur dans le développement des cultures agricoles. Ce sont l'azote sous ses différentes formes (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), le phosphore (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) et le potassium (K). Cependant, la quantité de K (166,59gm/L) est importante que P (65gm/L) et N dans la bouse de vache. Il contient aussi des nutriments secondaires tels que le calcium (Ca), le Magnésium (Mg), le Sodium (Na), le Soufre (S) et des Oligo-éléments comprenant des éléments tels que le Cuivre (Cu), le Fer (Fe) et le Manganèse (Mn).

**Tableau 1** : Teneur en éléments nutritifs (%) de la bouse de vache utilisée

ELEMENTS NUTRITIVES	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	Ca (mg/L)	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)
VALEURS	180,26	15	0,27	5,41	65,0	29,32	0,08	0,05	3,52

ELEMENTS NUTRITIFS	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Ph	T °C	Cond (ms/cm)	Salinité (%L)	TDS (mg/L)
VALEURS	1667,59	12,14	0,08	129,1	8,09	27,47	10,39	5,85	6441

### 3-1-2. Quantité d'*Azolla* produite en fonction du temps

Le **Tableau 2** présente les valeurs moyennes de la production des différentes espèces d'*Azolla* enregistrées en fonction du temps. De la fougère *Azolla* a été produite le long de la durée de l'expérience ; ce qui a traduit que le milieu a contenu des éléments nutritifs favorables à la croissance végétative de ces 2 types d'espèces. Cependant, le poids enregistré a été différent d'une espèce d'*Azolla* à une autre. En 29 jours après ensemencement *Azolla filiculoides* a produit une quantité de  $2529,75 \pm 1,82$  g contrairement à *A. caroliniana* qui a enregistré une valeur de  $2762,89 \pm 512,53$  g durant cette même période. Nous observons que *A. caroliniana* retrouvent facilement au substrat de bouse de vache les éléments nutritifs nécessaires. En tenant compte des délais de récoltes (15, 23 et 29 jours), l'analyse statistique a montré que les différentes valeurs de la production de *Azolla* enregistrées ne pas différentes.

**Tableau 2 :** Valeurs moyennes de la production (en g/m<sup>2</sup>) d'*Azolla* récoltée en fonction du temps

Temps (en Jours)	15	23	29
<i>Azolla filiculoides</i>	$1770,48 \pm 123,17^a$	$3692,17 \pm 266,33^b$	$4300,23 \pm 124,99^b$
<i>Azolla caroliniana</i>	$1876,45 \pm 21,10^a$	$4167,74 \pm 135,52^b$	$4639,34 \pm 533,63^b$
Paramètres du test	F = 0,29 P < 0.001	F = 0,08 P < 0.001	F = 0,36 P < 0.001

Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres alphabétiques en exposant ne sont pas statistiquement différentes.

### 3-1-3. La longueur moyenne des racines d'*Azolla* obtenue avec le filtrat de la bouse de vache

Le **Tableau 3** présente la longueur moyenne des fougères *Azolla* (*Azolla caroliniana* et *Azolla filiculoides*) cultivées avec le filtrat de la bouse de vache. La longueur des racines obtenues sont statistiquement identiques (P = 0,93). Les racines de ces deux fougères peuvent aller à une profondeur de 2 cm dans le milieu de culture.

**Tableau 3 :** Longueur moyenne des fougères *Azolla* (*Azolla caroliniana* et *Azolla filiculoides*) cultivées avec le filtrat de la bouse de vache

Traitement avec le filtrat de la bouse de vache	Longueurs Moyennes (cm)
<i>Azolla caroliniana</i>	$2,02 \pm 0,33^a$
<i>Azolla filiculoides</i>	$2,00 \pm 0,39^a$
P-value	0,93

### 3-1-4. Composition chimique d'*Azolla* produite avec le filtrat de la bouse de vache

Le **Tableau 4** présente la composition chimique des fougères *Azolla* (*Azolla caroliniana* et *Azolla filiculoides*). La composition chimique de ces deux fougères est statistiquement différente sauf la teneur en protéine (P = 0,95). Le taux d'humidité, la teneur en cendres, la teneur en glucides et la valeur énergétique sont significativement différents (p < 0,05) avec des proportions très peu variable. Cependant, à l'exception la teneur en cendres, la composition chimique de l'*Azolla caroliniana* est plus importante que ceux contenus dans l'*Azolla filiculoides* (**Tableau 4**). On note également que, les deux *Azolla* (*Azolla caroliniana* et *Azolla filiculoides*) sont pauvres en matières grasses (P = 0).



**Tableau 4 :** Effet de la bouse de vache sur la composition chimique d'*Azolla filiculoides* (cultivé sur le filtrat bouse de vache) et d'*Azolla caroliniana* (cultivé sur filtrat bouse de vache)

Espèces	% H	% MG	% C	% P	% G	VE (kcal/100g)
<i>Azolla filiculoides</i>	9,64 ± 0,2 <sup>a</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	49,61 ± 0,44 <sup>a</sup>	6,58 ± 2,48 <sup>a</sup>	34,17 ± 1,00 <sup>a</sup>	163 ± 1,15 <sup>a</sup>
<i>Azolla caroliniana</i>	11,87 ± 0,19 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	42,17 ± 0,23 <sup>b</sup>	6,50 ± 0,19 <sup>a</sup>	39,46 ± 1,53 <sup>b</sup>	183,46 ± 1,44 <sup>b</sup>
	P < 0,001	P = 0	P < 0,001	P = 0,95	P = 0,007	P < 0,001

H : taux d'humidité, MG : teneur en matières grasses, C : teneur en cendres, P : teneur en protéines, G : teneur en glucides, VE : valeur énergétique.

Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres alphabétiques en exposant ne sont pas statistiquement différentes.

### 3-2. Discussion

La production de l'*Azolla Filiculoides* et l'*Azolla Caroliniana* c'est fait grâce à l'apport du filtrat de la bouse de vache uniquement sans sol. La préparation de ce filtrat à faciliter la mise à la disposition de l'*Azolla* les éléments nutritifs pour sa croissance dans le milieu de culture. Ces éléments nutritifs sont:  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $PO_4^{3-}$  et K qui sont des éléments importants pour le développement de la plante [17]. Ce filtrat de bouse a permis en 15 à 29 jours une production importante de la fougère *Azolla* : (1770,48 à 4300,23 g d'*Azolla filiculoides* et 1876.45 à 4639,34 g *Azolla caroliniana*). Selon [18, 19], en plus de la bouse dans le milieu, il faudra ajouter le sol et du superphosphate pour la culture de *Azolla*. Le superphosphate selon [20], constitue un élément limitant dans la culture d'*Azolla*. En effet, *Azolla* pour sa production a besoin d'élément nutritif pour sa croissance. La présence du filtrat de la bouse de vache dans la culture de *Azolla* permet de mettre à la disposition de la fougère beaucoup plus d'éléments minéraux nutritifs (P, Mn, Fe, Na) qui sont favorables à la bonne alimentation de *Azolla*. La présence d'éléments nutritifs (l'azote, phosphore), dans la bouse de vache ont permis au végétal (*Azolla filiculoides* et *Azolla caroliniana*) de s'en servir pour se nourrir, ce qui a favorisé une croissance importante de ces végétaux. Ces résultats sont confirmés par [15] selon laquelle les carences en éléments (P, K, Ca, Mg et Mn) et les microéléments (Fe, Mo, Co) entraînent les diminutions des croissances d'*Azolla*.

La durée de culture ou l'intervalle de temps mis pour la culture de la fougère *Azolla* (*A Filiculoides* et *A. Caroliniana*) est important pour sa production. La récolte d'*Azolla* peut se faire entre 15 et 23 jours, ce qui est conforme aux travaux de [11]. Au-delà de 23 jours, l'espace de culture en fonction de la quantité d'*Azolla* inoculée s'avère réduit. Cette réduction entrainerait une diminution de la prolifération ou la mort de certain car la densité est très forte. Selon [22] la densité influence négativement la biomasse. Les milieux de cultures utilisés dans la présente étude sont composés de filtrat de boue de vache et d'eau de robinet. La composition physico-chimique d'*Azolla Caroliniana* se révèle plus améliorée que celle d'*Azolla Filiculoides*. Les variabilités constatées dans la composition physico-chimique de ces fougères sont liées d'une part aux conditions de culture et d'autre part à la nature des espèces [23 - 26]. En effet, les hauteurs suivantes [27 - 29] dans de nombreux travaux, ont montré l'influence déterminant des conditions environnementales sur la composition biochimique des algues. Selon les travaux de [30], les principaux facteurs affectants la composition chimique de certains végétaux d'eau sont la composition du milieu de culture, la température, l'intensité lumineuse.

#### 4. Conclusion

Le filtrat produit à partir de la bouse de vache contient des éléments nutritifs primaires ( $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $PO_4^{3-}$  et  $K$ ), secondaires ( $Ca$ ,  $Mg$ ,  $Na$  et  $S$ ) et d'Oligo-éléments ( $Cu$ ,  $Fe$  et  $Mn$ ) qui sont utiles au bon développement de la fougère *Azolla*. Ce filtrat de bouse a permis en 15 et 29 jours d'obtenir une quantité importante de fougère *Azolla* : (1770,48 à 4300,23 g d'*Azolla filiculoides* et 1876.45 à 4639,34 g *Azolla caroliniana*). La production d'*Azolla filiculoides* et *Azolla caroliniana* peut se faire avec la bouse de vache qui est une matière disponible et renouvelable dans les pays tropicaux et sahariens. La quantité et composition biochimique d'*Azolla* produit à partir du filtrat est très importante pour qu'elle soit utilisée comme fertilisant dans les cultures agricoles et aussi comme aliment des animaux dans l'élevage.

#### Références

- [1] - C. VAN HOVE and A. LEJEUNE, Does *Azolla* have any future in agriculture? In: *Biological Nitrogen Fixation Associated with Rice Production*, (1996) 83 - 94
- [2] - M. S. SERAG, A. ELHAKHEEM, M. BADWAY and M. A. MOUSA, On the Ecology of *Azolla filiculoides* Lam. in Damietta District, Egypt. *Limnologia*, 30 (2000) 73 - 81
- [3] - FAO, La multiplication de l'*Azolla* et son utilisation dans l'agriculture. *Bulletin pédologique* 41, FAO, ROME, (1978) 68 p.
- [4] - Collectif. Proceedings of the Workshop on *Azolla* Use "AZOLLA UTILIZATION" Fuzhou, Fujian, China, (1985) 296 p.
- [5] - M. P. HILL and C. J. CILLIERS, *Azolla filiculoides* Lamarck (Pteridophyta : Azollaceae), its status in South Africa and control. *Hydrobiologia*, 415 (1999) 203 - 206
- [6] - M. R. HASAN and R. CHAKRABARTI, Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture: A review. *FAO Fisheries and Aquaculture technical paper*, FAO, Rome, Italy, (2009) 531
- [7] - A. DHAWAN, V. PHULIA and M. D. ANSAL, *Indian J. Ecol.* Incorporation of an aquatic fern (*Azolla*) in fish diet - effect on water quality and fish yield, 37 (2) (2010) 122 - 126
- [8] - R. B. RAI, K. DHAMA, T. DAMODARAN, A. HAMID, R. SWETA, S. BALVIR and P. BHATT, Evaluation of *Azolla* (*Azolla pinnata*) as a poultry feed and its role in poverty alleviation among landless people in northern plains of India. *Vet. Pract.*, 13 (2) (2012) 250 - 254
- [9] - T. SUJATHA, D. UDHAYAKUMARI, A. KUNDU, S. JEYAKUMAR, J. SUNDAR and M. S. KUNDU, *Animal Science Reporter*. Utilization of raw *Azolla* as a natural feed additive for sustainable production in Nicobari fowl., 7 (4) (2013) 146 - 152
- [10] - T. SUJATHA, A. KUNDU, S. JEYAKUMAR and M. S. KUNDU, *Tamilnadu J. Vet. Anim. Sci.* *Azolla* supplementation: feed cost benefit in duck ration in Andaman Islands., 9 (2) (2013) 130 - 136
- [11] - M. DIOMANDE, N. GROGA et K. B. KOUAME, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Effet des filtrats de fiente de poulet et boue de vache sur les propriétés physicochimiques et fonctionnelles de la farine d'algues vertes (*Azolla filiculoides* et *Azolla caroliniana*), Vol 8, N° 10 (2017) 1535 - 1548
- [12] - A. H. N'GUESSAN, K. F. N'GUESSAN, K. P. KOUASSI, N. N. KOUAME et P. W. N'GUESSAN, Dynamique des populations du foreur des tiges du cacaoyer, *Eulophonotus myrmeleon*. Felder (Lépidoptère : Cossidae) dans la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire, (2014) 9 p.
- [13] - R. LIGBAN, L. D. GONE, B. KAMAGATE, M. B. SALEY et J. BIEMI, *Processus hydrogéochimique et origine des sources naturelles dans le degré carré de Daloa*, (2009) 17 p.



- [14] - K. P. DIE, *Renforcement de l'alimentation en eau potable de la ville de Daloa à partir du barrage de Buyo en Côte d'Ivoire*, mémoire de fin de formation, (2006) 77 p.
- [15] - A. SANGARE, E. KOFFI, F. AKAMOU et C. A. FALL, *Etat des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture*. Second rapport, (2009) 65 p.
- [16] - G. TRAN, *Azolla. Feedipedia*, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO, (2015)
- [17] - THAYYIL, PRADEEPKUMAR, "Fertigation - the Key Component of Precision Farming" N° March, (2017)
- [18] - C. KATHIRVELAN, S. BANUPRIYA and M. R. PURUSHOTHAMAN, *International Journal of Science, Environment and Technology*. *Azolla* an alternate and sustainable feed for livestock, 4 (4) (2015) 1153 - 1157
- [19] - K. GIRIDHAR and D. RAJENDRAN, Cultivation and usage of azolla as supplemental feed for dairy cattle. In : Value addition of feed and fodder for dairy cattle, NIANP, June 27-July 6, (2013) 32 - 34
- [20] - K. R. REDDY, R. G. WETZEL and R. H. KADLEC, Biogeochemistry of phosphorus in wetlands. In: J.T. Sims and A.N. Sharpley, editors, *Phosphorus: Agriculture and the environment*. Agron. Monogr. 46. ASA, CSSA, and SSSA, Madison WI, (2005) 263 - 316
- [21] - J. H. BECKING, *International rice Research Institute*. Environmental requirements of Azolla for use in tropical rice production, Nitrogen and Rice. Los Banos, Laguna, Philippines, (1979) 345 - 374
- [22] - S. GODBOUT, P. ENG, J. PALACIOS, F. PELLETIER et J-P. LAROUCHE, *Combustion de la biomasse agricole : caractérisation des effluents gazeux et particulaires, revue de normes et élaboration d'un protocole de mesure*. Rapport final, Projet IRDA, Québec, (2010) 63 p.
- [23] - P. J. HARRISON, P. A. THOMPSON and G. S. CALDERWOOD, Effects of nutrient and light limitation on the biochemical composition of phytoplankton. *J. applied Phycol*, 2 (1990) 45 - 56
- [24] - S. M. RENAUD, D. L. PARRY, L. V. THINH, C. KUO, A. PADOVAN and N. SAMMY, Effect of light intensity on the proximate biochemical and fatty acid composition of *Isochrysis* sp. And *Nannochloropsis oculata* for use in tropical aquaculture. / *applied Phycol*, 3 (1991) 43 - 53
- [25] - P. A. THOMPSON, M-X. GUO and P. J. HARRISON, Effects of variation in temperature. I. On the biochemical composition of eight species of marine phytoplankton. *J. Phycol*, 28 (1992) 481 - 488
- [26] - E. AIDAR, S. M. F. GIANESELLA-GALVAO, T. C. S. SIGAUD, C. S. ASANO, T. H. LIANG, K. R. V. REZENDE, M. K. OISHI, F. J. ARANHA, G. M. MILANI and M. A. L. SANDES, Effects of light quality on growth, biochemical composition and photosynthesis production in *Cyclotella caspia* Grunow and *Tetraselmis gracilis* (Kylin) Butcher. *J. of Experimental Marine Biology and Ecology*, 180 (1994) 175 - 187
- [27] - M. BELKOURA, A. BENIDER et A. DAUTA, Influence de la température, de l'intensité lumineuse et du stade de croissance sur la composition biochimique de *Chlorella sorokiniana* Shihira & Krauss. *Annls Limnol*, 33 (1) (1997) 3 - 11
- [28] - C. J. ZHU, Y. K. LEE and T. M. CHAO, Effects of temperature and growth phase on lipid and biochemical composition of *Isochrysis galbana* TK1. *J. applied Phycol*, 9 (1997) 451 - 457
- [29] - M. A. VARGAS, R. J. MORENO, H. OLIVARES, J. A. DEL CAMPO, J. RIVAS and M. G. GUERRERO, Biochemical composition and fatty acid content of filamentous nitrogen-fixing cyanobacteria. / *Phycol*, 34 (1998) 812 - 817
- [30] - M. TAHIRI, A. BENIDER, M. BELKOURA et A. DAUTA, Caractérisation biochimique de l'algue verte *Scenedesmu sabundans* : influence des conditions de culture, *Annls Limnol*, 36 (1) (2000) 3 - 12