

Evaluation de cinq espèces de légumineuses pour l'amélioration des jachères dans la zone nord de la Côte d'Ivoire, Korhogo

Amidou OUATTARA^{1*}, Marie - Paule HIEN², Kouamé Firmin KONAN³ et René AKANVOU⁴

¹ Université Péléforo GON COULIBALY, UFR, Sciences Biologiques, Département de Géosciences, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

² Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Laboratoire des Sciences du Sol de l'Eau et de Géomatériaux, 01 BPV 582 Abidjan 01, Abidjan, Côte d'Ivoire

³ Université Jean Lorougnon GUEDE, UFR Agroforesterie, Département de Pédologie et SIG, BP 89, Daloa, Côte d'Ivoire

⁴ Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Département des Statistiques, 01 BP 1740 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

(Reçu le 17 Mars 2021 ; Accepté le 28 juin 2021)

* Correspondance, courriel : ouattmed@yahoo.fr

Résumé

Le présent article porte sur l'évaluation des performances agronomiques de cinq espèces de légumineuses pour restauration des jachères dans le Nord de la Côte d'Ivoire. L'expérimentation conduite à travers un dispositif bloc complètement randomisé, a consisté à évaluer les performances de croissance de cinq espèces de légumineuses à travers leur taux de germination, la hauteur de croissance, la durée du cycle végétatif, la capacité de nodulation, le taux d'accumulation d'azote et la production de biomasse épiquée sèche. Les légumineuses concernées sont *Crotalaria retusa*, *Vigna radiata*, *Vigna unguiculata*, *Glycine max* et *Pueraria phaseoloides*. Cette étude a été conduite dans le dernier trimestre de l'année 2001 (fin saison pluvieuse-début saison sèche), à la station LATAHA (Korhogo) du Centre National de Recherche Agronomique. Il ressort du traitement des données opérées au moyen du logiciel GENSTAT 5, les observations suivantes : (i) toutes les plantes ont un cycle végétatif compris entre 3 et 15 mois, même après leur période végétative ; (ii) la mauvaise qualité des semences du *Pueraria phaseoloides* et la forte infestation du *Glycine max* par les ravageurs n'ont pas permis d'avoir assez de renseignements sur ces légumineuses ; (iii) toutes les espèces sont non spécifiques d'un type de rhizobium donné et la nodulation baisse fortement en période sèche ; (iv) *Vigna radiata*, *Vigna unguiculata* et *Glycine max* sont les espèces précoces, tandis que *Crotalaria retusa* et *Pueraria phaseoloides* sont les espèces tardives et (v) *Vigna radiata* est l'espèce à croissance rapide tandis que *Crotalaria retusa*, est l'espèce à forte production de biomasse épiquée sèche. Cette étude a permis de déceler les performances agronomiques des légumineuses cultivées. En outre, ces légumineuses peuvent être préconisées comme une voie pour la restauration biologique des sols de jachère pour une agriculture durable.

Mots-clés : jachère, légumineuse, restauration, Côte d'Ivoire, sol.

Abstract

Evaluation of five legume species for fallow land improvement in the northern zone of Côte d'Ivoire (Korhogo)

This paper focuses on the evaluation of the agronomic performance of five legume species for fallow land restoration in northern Côte d'Ivoire. The experiment, conducted through a completely randomized block design, consisted in evaluating the growth performance of five legume species through their germination rate, growth height, vegetative cycle duration, nodulation capacity, nitrogen accumulation rate and dry stemmed biomass production. The legumes involved are *Crotalaria retusa*, *Vigna radiata*, *Vigna unguiculata*, *Glycine max* and *Pueraria phaseoloides*. This study was conducted in the last quarter of 2001 (end of rainy season-beginning of dry season), at the LATAHA station (Korhogo) of the Centre National de Recherche Agronomique. Data processing using *GENSTAT 5* software revealed the following observations: (i) all plants have a vegetative cycle between 3 and 15 months, even after their vegetative period; (ii) the poor quality of the seeds of *Pueraria phaseoloides* and the high infestation of *Glycine max* by pests did not allow us to have enough information on these legumes; (iii) all species are non-specific to a given type of rhizobium and nodulation decreases sharply in dry periods; (iv) *Vigna radiata*, *Vigna unguiculata* and *Glycine max* are the early species, while *Crotalaria retusa* and *Pueraria phaseoloides* are the late species and (v) *Vigna radiata* is the fast growing species while *Crotalaria retusa*, is the species with high dry epigeous biomass production. This study has helped to detect the agronomic performance of the cultivated legumes. In addition, these legumes can be recommended as a way for biological restoration of fallow soils for sustainable agriculture.

Keywords : *fallow, legume, restoration, Ivory Coast, soil.*

1. Introduction

Le département de Korhogo, situé entre les latitudes 8°32' et 10°20' nord, et les longitudes 5°16' et 6°16' ouest, comprend des sols ferrallitiques faiblement structurés et peu fertiles [1, 2]. Selon [3, 4], sur l'ensemble des surfaces que compte ce département, 7,5 p.c. ont des propriétés physiques bonnes (sols profonds ou peu gravillonnaire), 43,7 p.c. ont des propriétés physiques médiocres à moyennes (sols gravillonnaires) et 48,8 p.c. ont des propriétés physiques médiocres (sols indurés et peu profonds). A ces conditions peu favorables se sont ajoutées, des pratiques culturales défectueuses. En effet, la majorité des agriculteurs du nord pratiquent comme bon nombre de centaines de millions d'agriculteurs des zones tropicales, une agriculture sur brûlis de jachère [5, 6]. La croissance démographique aidant et avec l'avènement de la modernisation agricole, on assiste également à une intensification de l'agriculture dans les zones denses autour de Korhogo. En effet, le manque de terre oblige certains paysans à cultiver le même sol depuis près de vingt (20) ans [7]. Dans de tels systèmes de culture intensive et prolongée, les baisses de fertilités des sols surexploités ne peuvent être compensées par l'apport de fertilisants chimiques [8]. Les effets négatifs imputables à de telles pratiques culturales sont la baisse du taux de matière organique [9], associée à la réduction du taux d'azote du sol [10]. Les producteurs doivent faire face non seulement à une baisse des rendements de culture, mais aussi à une pression parasitaire et adventice forte [11]. Face à la dégradation continue de l'écosystème foncier lié aux effets conjugués de l'érosion et des techniques culturales défectueuses, l'hypothèse de sa défense et de sa restauration naturelle même à long terme n'est plus de mise [12]. Il faut trouver des solutions qui combinent à la fois défense et restauration du sol pour une agriculture durable. Quelques expériences agronomiques prouvent que, des solutions fiables et à la portée des paysans peuvent être trouvées [2]. Le système *Mucuna*, légumineuse de couverture, utilisé en rotation

avec un maïs de saison sèche par les paysans dans les montagnes du nord Honduras [13, 14], pourrait être envisagé. En effet, le système *Mucuna* répondrait aux exigences de production, de conservation du milieu et de comptabilité avec les contraintes techniques et économiques des petites agricultures [15, 16]. Il aurait un pouvoir fertilisant qui raccourcirait la durée de la jachère traditionnelle en le faisant passer d'une dizaine d'années à seulement un an [15]. A l'instar du *Mucuna*, d'autres espèces de légumineuses herbacées et arborées à croissance rapide, fixatrices d'azote, peuvent être utilisées pour l'amélioration des jachères [17]. Ces jachères artificielles sont de courte durée, étouffent efficacement les adventices [18], produisent plus de biomasses au cours de leur plein développement [19], accumulent assez d'azote, limitent l'érosion, permettent de maintenir la biodiversité et améliorent la productivité du sol [19, 20]. Différentes études indiquent, cependant, que le choix des légumineuses nécessite une bonne connaissance des caractéristiques physiologiques et morphologiques des espèces. Afin de favoriser leur adoption par les paysans, ces espèces doivent, en plus des avantages cités être utiles dans l'alimentation humaine ou animale. La présente étude a pour objectif général d'évaluer les performances agronomiques de cinq espèces de légumineuses pour la restauration des sols dans le nord ivoirien. De façon spécifique, il s'agira d'évaluer le taux de germination, la biomasse produite, l'accumulation en azote, la croissance des espèces utilisées.

2. Matériel et méthodes

2-1. Présentation du site d'expérimentation

L'étude a été conduite en sous-parcelles de culture sur les sols argilo-sableux du Point d'Expérimentation Système (P.E.S) de Tcholèlèvogo, de septembre à décembre 2001. Selon [7], le territoire villageois de Tcholèlèvogo (**Figure 1**), situé à 25 km de Korhogo sur l'axe Korhogo - Boudiali a été retenu parce qu'il est caractéristique du milieu recherché, aussi bien sur le plan pédologique (limite schiste-granite) que celui de la durée de restauration des sols avant leur remise en culture. Il se situe dans une zone peu dense, mais où le foncier est suffisamment limité pour motiver sa mise en culture continue. Le territoire regroupe des états différenciés de dégradation des sols (sols cultivés depuis 20 ans, jachère de courte et longue durée de restauration) et de deux types de sols très différenciés. Il s'agit :

- Sols gravillonnaires, sablo-argileux sur cuirasse (niveau entre 40 et 80 cm). Ils sont pauvres en potasse et déficients en phosphore, très riche en base. Le pH est basique et la teneur en azote moyenne. Le taux important de sable grossier dénote d'un sol d'origine granitique ;
- Sols argilo -sableux en surface (0-20 cm), argileux en dessous, épais non gravillonnaires. Ils sont très pauvres en bases. Le pH est acide et les sols déficients en phosphore, la teneur en azote est moyenne et celle de l'aluminium échangeable forte. Les sols présentent un taux de sable fins que l'on retrouve plutôt sur schiste.

Le terroir se compose de 20 familles agricoles qui cultivent 130 hectares en cultures attelées dont le 1/3 en Coton et le reste en riz pluvial, maïs et arachide. Un troupeau de 120 têtes de bovins s'y rencontre.

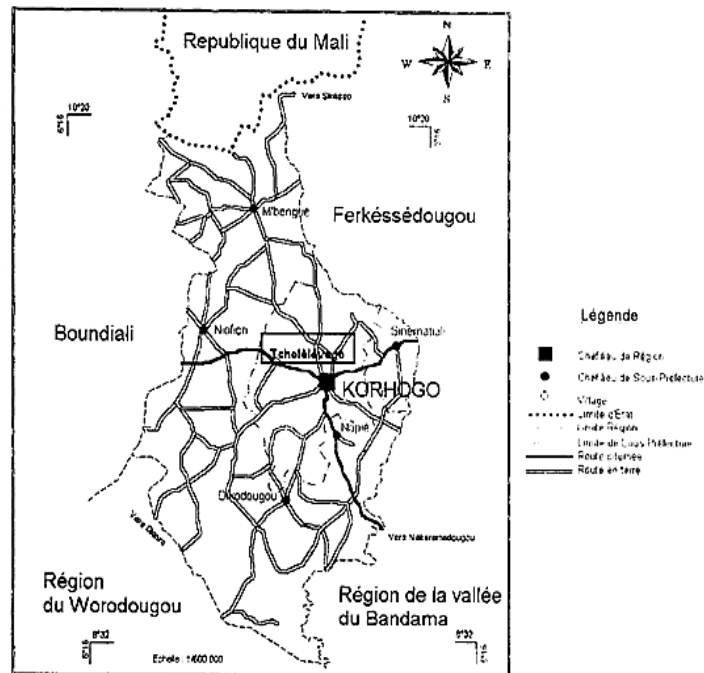


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

2-2. Matériel

2-2-1. Matériel végétal

Cinq (5) espèces de légumineuses dont *Crotalaria retusa*, *Vigna unguiculata*, *Pueraria phaseoloides*, *Glycine max* et *Vigna radiata* ont servi à l'étude. Parmi ces espèces trois (3) entrent dans l'alimentation humaine (*Vigna unguiculata*, *Glycine max*, *Vigna radiata*) et deux (2) dans l'alimentation animale en tant que plantes fourragères ou peuvent servir d'engrais vert (*Pueraria phaseoloides* et *Crotalaria retusa*). Toutes les semences de ces espèces ont été fournies par le Programme Système de Production du Centre National de Recherche Agronomique (C.N.R.A) de Korhogo.

2-2-2. Matériel de traitement

- Un four TERMOSI de type SR 2000, pour le séchage des fractions de végétaux ;
- Une balance électronique KERN de type 440-45, pour évaluer les masses de MS ;
- Du papier craft pour concevoir les enveloppes de conditionnement des échantillons ;
- Un ordinateur de bureau pour le traitement de texte ;
- Un engin roulant pour rallier les différents sites de travail

2-3. Méthodes

2-3-1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est totalement randomisé avec quatre (4) répétitions. Le nombre de traitement est l'ensemble des cinq (5) espèces de légumineuses définies comme suit :

LI = *Crotalaria retusa* ; LII = *Vigna unguiculata* (niébé) ; LIII = *Pueraria phaseoloides* ; LIV = *Glycine max* (soja blanc) ; LV = *Vigna radiata* (soja vert)

2-3-2. Dimensions et superficies du dispositif expérimental

Les dimensions parcellaires sont :

- ✓ Parcelle élémentaire : 19 m x 4,80 m = 91,20 m² ;
- ✓ Parcelle utile : 2,4 m x 1 m x 10 = 24,00 m² (2,4 m² / prélèvement) ;
- ✓ Bloc : 99 m x 4,8 m = 475,20 m² ;
- ✓ Essai : 99 m x 25,20 m = 2494,80 m².

2-3-3. Conduite de l'essai

La mise en place de l'essai s'est faite sur le bloc B10 des parcelles argilo-sableuses du P.E. S de Tcholèlèvogo (**Figure 2**). Avant le labour du 12/09/01, des échantillons de sol ont été prélevés pour des analyses physique et chimique. Le terrain, après labour et pulvérisage, a fait l'objet d'un piquetage conformément au dispositif expérimental. Un épandage homogène de 25 kg d'engrais phosphaté triple à 36UP₂O₅ a été appliqué au terrain avant semis.

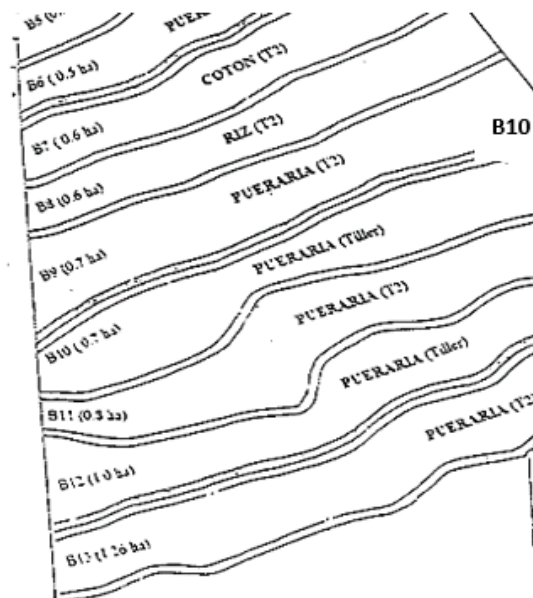


Figure 2 : Bloc B10 où a eu lieu l'expérimentation

2-3-4. Semis

Le semis s'est fait manuellement le 18/09/2001 en ligne au moyen de cordeaux. Trois (3) ou quatre (4) grains sont mis par poquet distant de 0,5 m. La distance entre deux (2) lignes est de 0,8 m. Un démariage a été effectué, une semaine après la levée, afin d'obtenir deux (2) plants par poquet. La sous-parcelle comprend sept (sept) lignes de trente-neuf (39) poquets chacune, soit cinq cent quarante-six (546) plants par sous-parcelle élémentaire pour chaque espèce. Ces sous-parcelles ont été maintenues propres par de fréquents sarclages manuels.

2-3-5. Evaluations des légumineuses

Des observations hebdomadaires d'ordre qualitatif et quantitatif étalées sur une période de trois (3) mois, ont porté sur un échantillonnage de plants par espèces de légumineuses. Il s'agit :

- ✓ Du taux de germination de chaque espèce ;
- ✓ La durée du cycle végétatif par espèce ;
- ✓ La capacité de nodulation par espèce ;
- ✓ La production hebdomadaire de biomasse aérienne sèche ;
- ✓ La croissance en hauteur ;
- ✓ Du taux d'accumulation d'azote

2-3-5-1. Taux de germination des légumineuses

C'est une appréciation des plantes ayant germés (sortis de terre) sur l'ensemble des poquets dans un intervalle de temps donnée (une semaine après semis). Elle est bonne si au moins 50 p.c. des plants sont sortis de terre, et mauvaise dans le cas contraire (inférieure à 50 p.c.). Une observation des différentes phases phénologiques sera effectuée sur les légumineuses afin d'identifier les écotypes qui résistent mieux à la période sèche.

2-3-5-2. Nombre de nodules

A l'aide d'essais destructifs précautionneux sur les légumineuses, on déterre les plants qu'on met dans un sachet de collecte. Ils sont sortis des sachets dans un endroit aménagé à cet effet. Avant leur fractionnement en tiges, feuilles, racines, on prend le soin de dénombrer tous les nodules du système racinaire. La moyenne du dénombrement des nodules sur six plants est consignée par sous-parcelle et par espèce.

2-3-5-3. Production de biomasse sèche

Les six (6) plants prélevés sont fractionnés en leurs différentes composantes à savoir feuilles, tiges, racines + nodules et plus tard les organes reproducteurs. Ces diverses parties sans une détermination préalable de leurs masses à l'état frais, sont mises dans des enveloppes pour être séchées à 70° C pendant quatre (4) jours dans un four THERMOSI de type SR 2000. Au terme de ces quatre (4) jours, la masse supposée constante de ces fractions séchées est déterminée à l'aide d'une balance KERN de type 440-45 dont la portée maximum est de 600 g. au terme de chaque pesée, la biomasse foliaire sèche est conditionnée dans des enveloppes pour être acheminée au laboratoire d'analyse eau, sol et plante de Bouaké en vue de déterminer sa teneur en azote. Quant aux tiges et racines, elles sont tout simplement abandonnées. Les diverses masses obtenues sont utilisées pour déterminer la fraction de biomasse allouée à chaque organe aérien de la plante par la formule définie dans [21] de la manière suivante:

$$\%Xi = \frac{\Delta m}{\Sigma \Delta T m} \quad (1)$$

Où %Xi = pourcentage de la fraction allouée à l'entité X (feuilles, tiges, organes reproducteurs),
 Δm = différence entre la masse m_1 mesurée au jour j_n et la masse m_2 mesurée au jour j_{n+1} ($m_n - m_{n+1}$),
 $\Sigma \Delta m$ = somme totale des différences de masse de biomasse épigée.

2-3-5-4. Croissance en hauteur des légumineuses

On évalue au champ au moyen d'une règle ou mètre ruban, la hauteur de six plants de la sous-parcelle. Cette hauteur se mesure du collet à la cime. La moyenne obtenue est retenue pour l'espèce de la sous-parcelle. La croissance des légumineuses en fonction du temps est décrite par une équation logistique qui a permis d'obtenir la meilleure estimation de la croissance des différentes espèces. Elle est définie selon [17], par :

$$F(x) = A + Mmax/[1 + exp(-B(X - M))] \quad (2)$$

Où $F(x)$ = la hauteur en fonction du temps (cm); A = la croissance minimum (cm); B = est un coefficient décrivant la forme de la fonction logistique. Il représente le taux de croissance relative (J'); M = est le point d'inflexion de la courbe logistique.

La dérivée première de cette fonction permet d'obtenir le taux de croissance maximum au point d'inflexion dans [17] et est défini par :

$$Hmax \times \frac{B}{4} \quad (3)$$

Pour chaque espèce les paramètres A , B , $Hmax$ et M ont été déterminés en utilisant le logiciel statistique GENSTAT version 5.

3. Résultats

3-1. Taux de germination des légumineuses

Excepté *Pueraria pheoloides*, le taux de germination des différentes espèces de légumineuses est élevé dans leur ensemble. Il a une valeur moyenne de 70 p.c. contre 0 p.c. pour *Pueraria phaseoloides* à 23 jours après semis. Pour cette même espèce, le taux de germination à 30 jours après semis n'a guère excède 15 p.c. (**Tableau 1**). Cette mauvaise germination est probablement attribuable à la mauvaise qualité de ses semences. En général, les légumineuses à grosses graines ont eu un bon taux de germination, c'est le cas de *Glycine max* et *Vigna unguiculata* où à 23 Jours après semis, le taux de germination était de 80 p.c. et avoisine une moyenne de 90 p.c. 30 jours après semis. Ce taux était de 80 p.c. chez les espèces comme *Crotalaria reyusa* et *Vigna radiata*. Les déperditions enregistrées sont dues à des fontes de semis et à des insectes qui ont détruit des plants à la levée. Ce bon taux est à mettre à l'actif de la qualité des semences mises à notre disposition et qui n'ont subi aucun test de germination préalable.

Tableau 1 : Taux de germination des légumineuses à 23 et 30 jours après semis

J.A.S*	<i>Crotalaria retusa.</i>	<i>Vigna. unguiculata</i>	<i>Pueraria. phaseoloides</i>	<i>Glycine max.</i>	<i>Vigna. radiata</i>
23	70	80	0	80	70
30	80	95	15	85	80

* Jours Après semis

3-2. Durée du cycle végétatif

Les données relatives aux observations phénologiques montrent que *Vigna unguiculata*, *Vigna radiata* et *Glycine max* ont un cycle végétatif similaire de 43 jours (**Tableau 2**). A cette période, on observe chez ces espèces la floraison. Ces espèces peuvent être considérées comme étant précoces comparées à *Crotalaria retusa* et *Pueraria phaseoloides* pour lesquelles la floraison apparaît au moins 72 jours après semis pour la première cité et beaucoup plus tard pour la seconde. Toutefois, les espèces précoces ne sont pas parvenues au terme de leur cycle de végétatif à cause de la sécheresse qui a précipité leur assèchement. Par contre, *Crotalaria retusa* et *Pueraria phaseoloides* sont restées vertes toute cette période même après le cycle de reproduction de la première. Hormis, *Pueraria phaseoloides*, toutes les espèces ont enregistré leur reproduction à plus de deux mois après semis. Pour *Pueraria phaseoloides* aucun organe reproducteur n'a été observé au cours des 86 jours après la levée. *Pueraria phaseoloides* et *Crotalaria retusa* apparaissent comme des espèces vivaces. La sécheresse a été le principal facteur limitant à l'épanouissement des différentes espèces cultivées. Les espèces précoces ont été le plus impacté, tandis que les espèces vivaces ont plus ou moins survécu. Le cycle normal des espèces alimentaires serait de trois voire quatre mois, tandis que les espèces vivaces peuvent atteindre douze mois avec un feuillage vert et résister aux conditions rudes de la saison sèche dans le septentrion ivoirien. Pour la présente étude, hormis *Crotalaria retusa*, aucune espèce n'a atteint la maturité physiologique comme notifier dans le tableau par nd (non déterminé).

Tableau 2 : Observation des différentes phases phénologiques effectuées au niveau des légumineuses depuis le semis du 18/09/01

Les phases du cycle.	Levée	Floraison	Fructification	Maturité
Traitements	JAS*	JAS	JAS	JAS
<i>Crotalaria retusa</i>	07	72	93	150
<i>Vigna unguiculata</i>	07	43	70	nd
<i>Pueraria phaseoloides</i>	15	Nd ⁺	nd	nd
<i>Glycine max</i>	09	43	63	nd
<i>Vigna radiata</i>	07	43	56	Nd

Levée = lorsque les lignes de semis sont bien visibles parce que les matérialisées par les plantules ;
 Floraison = lorsque 50 p.c des plants présents portent des fleurs ; Fructification = lorsque 50 p.c des plants présents portent des fruits (gousses) ; Maturité = lorsque 50 p.c des plants présents ont atteint leur maturité physiologique ; + = non déterminé ; * = jours après semis

3-3. Croissance en hauteur des légumineuses

Les paramètres décrivant les courbes logistiques de croissance en hauteur des légumineuses figurent dans le **Tableau 3**. Ces valeurs très caractéristiques, ont permis d'obtenir une meilleure description des données mesurées aux champs. Les espèces *Vigna radiata* et *Glycine max* ont une croissance initiale rapide avec un taux de croissance relative de 0,129 j⁻¹ et 0,117 j⁻¹ comparées à *Crotalaria retusa* et *Pueraria phaseoloides* qui ont une croissance initiale lente avec respectivement un taux de croissance relative de 0,031 j⁻¹ et 0,022 j⁻¹. *Pueraria phaseoloides* n'étant pas une espèce à port érigé, mais à port rampant, les valeurs calculées

de ces paramètres paraissent superflues. De plus, GENSTAT5 n'a pu estimer les erreurs standards liées à ces paramètres. Les espèces telles *Vigna unguiculata* et *Pueraria phaseoloides* sont à port rampant, même si en début de cycle, leur port semble érigé. L'expression de leur hauteur relative de croissance l'atteste par des valeurs faibles respectivement 0,095 j⁻¹ et 0,022 j⁻¹). Les autres espèces telles *Vigna radiata*, *Glycine max* et *Crotalaria retusa* sont à port érigé. A l'observation terrain, *Crotalaria retusa* est l'espèce qui a enregistré la plus haute taille sur l'ensemble du cycle cultural avec près de 76 cm, même si sa croissance à l'origine semble faible avec un taux relative de croissance de 0,03 j⁻¹.

Tableau 3 : Paramètre caractéristiques des courbes logistiques de croissances des légumineuses

Paramètres spécifiques	<i>Crotalaria retusa</i>	<i>Vigna unguiculata</i>	<i>Pueraria phaseoloides</i>	<i>Glycine max</i>	<i>Vigna radiata</i>
Hmax (cm.)	76,50 (40,10)	15,84 (1,43)	24,18	14,54 (2,44)	24,55 (1,39)
B (j ⁻¹)	0.03 (0,02)	0.095 (0,01)	0,022	0.117 (0,04)	0.129 (0,01)
Mx (j)	52,70(11,00)	22,48 (2,12)	35,63	29,55 (3,03)	34,46 (1,10)
Hmax x B/4 (cm.j ⁻¹)	0,593 (0,20)	0,376 (0,01)	1,324	0,425 (0,02)	0,792 (0,01)

Mx = point d'inflexion de la courbe ; Hmax = hauteur maximale ; B = croissance relative ;
 Hmax x B/4 = taux de croissance maximum ; () = erreur standard

L'évolution de la taille des légumineuses (**Figure 3**) montre une phase linéaire au cours de laquelle le taux de croissance est maximal et une phase terminale indiquant que la hauteur maximum est atteinte. La croissance linéaire est matérialisée par les valeurs de Hmax x B/4 qui expriment l'augmentation de taille en cm.j⁻¹ pour chaque espèce. A quatre-vingt-six (86) jours après semis, *Crotalaria retusa* est l'espèce la plus haute avec 54 cm, les autres espèces ayant moins de 30 cm. Au regard des différentes courbes, *Crotalaria retusa* et *Pueraria phaseoloides* semble n'avoir pas atteint leur hauteur maximale. Ce qui n'est pas le cas pour *Vigna unguiculata*, *Vigna radiata* et *Glycine max*. Pour ces trois espèces, l'allure sigmoïde de leur croissance apparait clairement en trois phases :

- ✓ Une phase initiale de croissance lente à allure exponentielle ;
- ✓ Une phase active au cours de laquelle la croissance est linéaire ;
- ✓ Une phase terminale ou la croissance stagne à la hauteur maximale de croissance (Hmax).

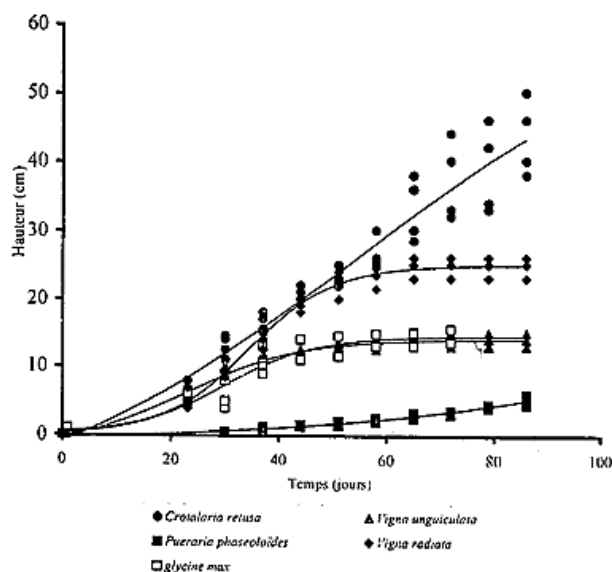


Figure 3 : Courbes logistiques de la croissance en hauteur des légumineuses ; (les nuages de points représentent les données mesurées au champ)

3-4. Productions de biomasse aérienne et foliaire sèches des légumineuses

Le **Tableau 4** montre l'évolution hebdomadaire en kg /ha de la production trimestrielle de biomasse foliaire et de biomasse érigée sèche des légumineuses. Cette production en biomasse peut être décrite à l'aide d'une fonction logistique de façon similaire à la hauteur. Nos observations montrent que *Crotalaria retusa* a produit la plus forte biomasse avec respectivement 448,75 kg /ha en biomasse foliaire sèche et 799,75 kg/ha en biomasse érigée sèche. La production de biomasse enregistrée pour *Pueraria phaseoloides* et *Glycine max* est très faible. Sur la base de l'importance de la production en biomasse, on peut établir la classification suivante par ordre décroissant : *Crotalaria retusa* - *vigna unguiculata* - *vigna radiata* - *Glycine max* - *Pueraria phaseoloides*. On note également que la production de biomasse chez *Glycine max* s'estompe au-delà de 72 jours après semis (nd = non déterminé). En effet, à cette période l'espèce était absente à cause de son assèchement mais aussi à cause de sa forte attaque par les ravageurs (lièvre). La biomasse aérienne de toutes les espèces est supérieure à la biomasse foliaire, car la biomasse aérienne est l'ensemble tige, feuille et organes reproducteurs. *Glycine max* et *Pueraria phaseoloides* ont enregistré les plus faibles biomasses aussi bien aérienne que foliaire (respectivement 8-17 et 9- 10 Kg/ ha à la même période), alors que les *Vigna radiata* et *Vigna unguiculata* ont eu à peu près les mêmes quantités de biomasses produites (respectivement 107-230 et 108- 240 Kg/ ha).

Tableau 4 : Production hebdomadaire en kg/ha de biomasse aérienne et foliaire sèche des légumineuses sur dix (10) prélèvements

(J.A.S)*		23	30	37	44	51	58	65	72	79	86
Traitements											
<i>Crortalaria retusa</i>	bf (kg/ha)	2,20	8,19	25,50	61,98	97,08	160,87	286,48	313,67	383,56	448,75
	ba (kg/ha)	2,80	10,54	35,08	91,04	145,25	234,85	444,44	498,10	645,27	799,75
<i>Vigna unguiculata</i>	bf(kg/ha)	8,44	30,14	72,90	126,87	193,02	218,39	258,44	216,64	206,48	108,83
	ba (kg/ha)	10,21	35,60	86,56	128,98	265,58	319,73	356,96	391,85	412,75	240,35
<i>Pueraria phaseoloides</i>	bf(kg/ha)	nd	3,53	12,15	15,89	15,17	9,96	12,71	9,29	16,77	14,02
	ba (kg/ha)	nd	3,83	13,02	17,33	16,46	10,85	13,92	10,39	19,65	16,06
<i>Glycine max</i>	bf(kg/ha)	3,46	15,19	19,94	15,21	21,25	18,33	19,92	8,50	nd	nd
	ba(kg/ha)	4,67	19,42	25,21	26,00	32,04	26,33	39,33	17,29	nd	nd
<i>Vigna radiata</i>	bf(kg/ha)	3,92	15,25	42,71	63,98	124,83	182,67	216,31	248,08	159,81	107,25
	ba (kg/ha)	4,89	18,19	52,35	80,96	162,04	263,27	327,67	425,19	278,23	230,14

bf = biomasse foliaire: nd = non déterminé ba = biomasse aérienne 18
 * = jours après semis

La distribution de la biomasse se fait entre les parties souterraine et aérienne. Au niveau de la partie aérienne, la fraction de biomasse allouée aux différents organes du végétal est fonction du temps (**Figure 4**). Durant le cycle de développement végétatif, la fraction de matière allouée aux feuilles décroît progressivement de l'émergence à la floraison.

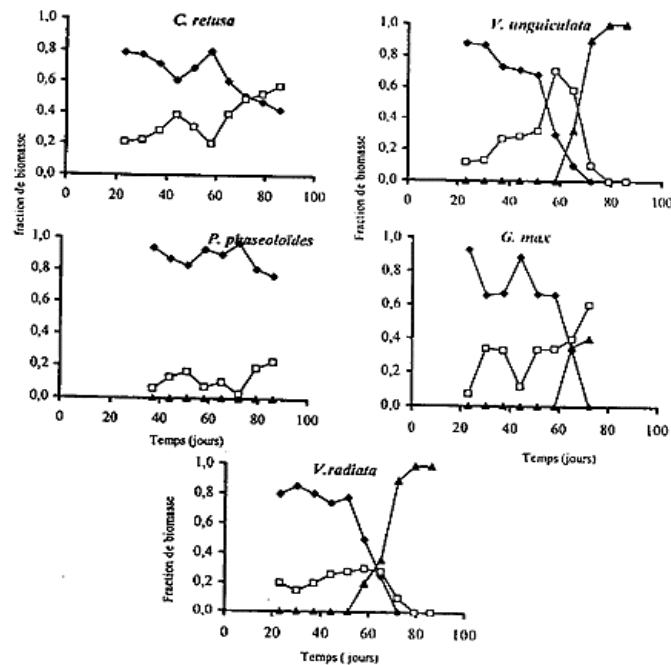


Figure 4 : Fraction de biomasse allouée aux différents organes du végétal au cours du développement

Les graphes montrent, que l'investissement de la plante en biomasse dans les tiges, est faible à l'émergence, et augmente inversement à l'investissement faite dans la biomasse foliaire. On note toutefois une baisse d'investissement dans les tiges au moment de la floraison. Pendant le cycle de production, l'investissement

se fait essentiellement dans les organes reproducteurs jusqu'à la maturité des fruits. Chez les espèces comme *Glycine max*, *Vigna radiata* et *Vigna unguiculata*, les fractions de matières allouées aux feuilles, tiges et organes reproducteurs apparaissent clairement sur les graphes. Ce qui n'est pas le cas pour *Pueraria phaseoloides* qui n'a pas produits d'organes reproducteurs durant l'expérimentation. Chez *Crotalaria retusa*, les fractions de matière allouées aux fleurs et aux feuilles sont confondues parce que ces types d'organes n'ont pas été séparés.

3-5. Nodulation des légumineuses

L'intérêt de la culture des légumineuses réside dans leur capacité à fixer l'azote atmosphérique. Cette fixation découle d'une interaction hautement spécifique entre rhizobium et légumineuse dans les nodules formés au niveau du système racinaire. Malgré l'inconvénient de l'essai destructif destiné au dénombrement des nodules du système racinaire de chaque espèce (extraction des plants par déterrage à la daba), elle permet tout de même de constater que les nodules sont très hétérogènes. Le nombre moyen de nodules sur l'ensemble des prélèvements est faible n'excédant pas trois (4) nodules /pied. La nodulation s'observe en général sur tout le système racinaire avec une nette prédominance autour du collet. La dynamique de cet azote semble intimement liée à celle de l'investissement en biomasse allouée aux divers organes du végétal au cours de son cycle végétatif. En effet, on observe une tendance à la hausse du nombre de nodules pendant la phase active de croissance et surtout en période humide. Cette nodulation semble diminuer pendant le cycle de reproduction et surtout pendant la période sèche.

4. Discussion

4-1. Levée et croissance des légumineuses

Les résultats de cette étude ont permis de noter que toutes les espèces cultivées ont eu un bon taux de levée, sauf *Pueraria phaseoloides*. Pour cette espèce, la mauvaise qualité des semences est sujet à caution. A l'effet d'améliorer davantage ce taux, il serait intéressant de procéder à des tests de germination préalables ou à la réalisation de pépinière. Par ailleurs, des différences spécifiques dans la croissance et le développement des espèces ont été notées. Parmi les espèces étudiées, *Pueraria phaseoloides* n'a pas produit de semences la première année de sa mise en culture. Cette observation est conforme aux résultats trouvés par [7] et qui lui a permis de qualifier *Pueraria phaseoloides* d'espèce non polluante. Elle peut être utilisée comme plante de couverture en association culturale en vue d'étouffer les adventices, limiter l'évapotranspiration, sans risque d'infestation des parcelles. Le taux de croissance relative des espèces montre que, *Pueraria phaseoloides* constitue avec *Crotalaria retusa* des espèces vivaces ayant une croissance initiale lente. Ces deux espèces peuvent être utiles dans une association culturale avec les céréales au regard de leur lent établissement. Elles seront très peu compétitives vis-à-vis des céréales. Cependant, en culture pure, leur développement pourrait être entamé par la pression des adventices. Sur cette même base, les espèces à croissance initiale rapide telles que *Vigna radiata*, *Glycine max* *Vigna unguiculata*, peuvent dans une association culturale avec les céréales mener une lutte biologique aux adventices et aux céréales. Et ce, conformément aux résultats de [22], qui a révélé dans ces études que les légumineuses permettent de lutter contre la pression des adventices. A l'effet de minimiser la compétition éventuelle avec les céréales, leur installation doit être différée. En culture pure par contre, de telles espèces pourront fortement entamer la pression des adventices. Selon [23], l'utilisation des espèces comme *Mucuna* et *Pueraria*, en agriculture de conservation, permet de limiter la pression des adventices sur la culture à venir.

4-2. Production de biomasse et accumulation d'azote des légumineuses

Le mauvais rendement de *Pueraria phaseoloides* dans cette étude contraste fortement avec celle menée sur l'espèce au Burkina Faso. En effet, ces études ont montré que la production en biomasse épigée sèche de *Pueraria phaseoloides* au bout d'un trimestre peut atteindre 2,9 t/ha en première année ou 8,9 t/ha en deuxième année de culture [24]. Cette grande variabilité de la production de biomasse pourrait indiquer que cette espèce a un faible rendement en première année de culture. Sa faible production semble également liée à la zone écologique de sa culture [21]. Cette grande quantité de biomasse produite, serait un atout de pression importante contre les adventices, en plus de limiter l'érosion des sols et l'évapotranspiration. Dans la présente étude, le rendement trimestriel de l'espèce n'a guère excédé 20 kg/ha. On peut attribuer cette contre-performance à la mauvaise qualité des semences utilisées d'une part et d'autre part à sa culture tardive (orée de la saison sèche. Par ailleurs, le faible rendement de *Glycine max* est imputable à son attaque par des ravageurs. La production de biomasse chez les autres espèces est appréciable, malgré les effets négatifs de la sécheresse qui a écourté leur cycle et leur bon développement. Les espèces vivaces telles *Pueraria phaseoloides* et *Crotalaria retusa* pourraient être installées en période de soudure à l'effet réduire la dégradation des sols. L'intérêt de la culture des légumineuses réside dans leur capacité à fixer l'azote atmosphérique. Cet azote s'accumule dans la biomasse fait que les espèces fourragères peuvent servir d'engrais vert par enfouissement. Mais pour parvenir à une bonne restauration du sol, l'enfouissement doit être précoce [8], c'est à dire avant le cycle de reproduction. Selon [10], à ce stade du cycle, les légumineuses ne fournissent plus de l'azote au sol, mais en prélèvent. D'autres facteurs tels que la toxicité aluminique, les Nématodes et surtout la période sèche entament également cette fixation symbiotique [25, 26]. Pour cette étude, bien qu'une évaluation de l'efficacité biologique des légumineuses par des analyses d'échantillons foliaires ait été prévue, cette étude n'a pu être réalisée faute de moyen. En conséquence, la teneur potentielle de ces espèces en azote et leur contribution à l'amélioration chimique de la jachère n'ont pu être déterminées. Néanmoins, l'importance des légumineuses dans les systèmes culturaux a fait l'objet de nombreuses études. Ces études montrent par exemple que les légumineuses comme précédent culturaux apportent l'équivalent de 20 à 120 unités par hectare d'engrais azoté [10].

Des études réalisées au Nigeria, auraient montré un effet résiduel positif de 36 kg d'azote par hectare sur un précédent cultural niébé [10]. Ce qui laisse dire que ces plantes jouent à peu près le rôle de fumure minérale et de ce fait, peuvent permettre un emploi parcimonieux des intrants chimiques. Les recherches multi locales des années 80, avaient montré que les assolements arachide -coton, arachide et maïs - coton auraient donné respectivement au centre et au nord de la côte d'Ivoire, un surplus de 213 kg /ha de coton graine et 291 kg /ha de coton graine par rapport à un précédent cultural maïs. Ces grains représentent des économies potentielles respectives de 33 kg d'Urée et de 40 kg durée [25]. Ces types d'assolement, incluant les légumineuses à grains sont fréquents dans les systèmes culturaux au Nord. Cependant l'arrière effet de ces plantes est vaguement perçu par les agriculteurs. L'objectif principal de leur culture est la consommation. Ces légumineuses occupent une seconde place après le coton et les céréales. Les superficies représentent le 1/3 de celles consacrées aux céréales. Cela ne permet pas un assolement à grande échelle avec les seules céréales [7] L'on peut dire que leur impact agronomique actuel sur le système est très limité. L'idéal serait l'émergence d'un assolement fondé sur le triptyque coton -légumineuses -céréales. Ainsi le coton, les légumineuses et les céréales reviendraient sur eux - même sur une période de trois ans, soit un assolement triennal. Ceci pourrait contribuer à la régénération des sols. La régénération est d'autant plus rapide et bonne que la couverture du sol est assurée toute l'année (en particulier en saison sèche), et que cette couverture soit homogène et épaisse. C'est la notion d'« ECRAN TOTAL » déjà mise en évidence au Brésil par le C. I.R. A. D. avec l'utilisation des légumineuses fourragères comme *Mucuna* et *Pueraria* [7]. Ces légumineuses par leur couverture, peuvent accélérer la régénération physique, chimique et biologique des sols dans les environnements écologiques mêmes les plus difficiles [27]. La rotation maïs /*Pueraria phaseoloides* par exemple a permis de maintenir sur les sols gravillonnaires très dégradés et envahis par l'adventice *Striga harmonica* un rendement autour de trois t/ha [7].

5. Conclusion

La présente étude a mis en évidence les performances agronomiques des espèces cultivées et susceptibles d'être utilisées dans les systèmes de productions. En effet, les légumineuses ont eu un bon taux de levée et une bonne croissance dans l'ensemble, excepté *Pueraria phaseoloides*, ce qui peut favoriser leur introduction dans le septentrion ivoirien. Les espèces telles que *Glycine max* et *Vigna radiata* au regard de leur rapide établissement, peuvent en culture pure entamer la pression des adventices. Par contre, les espèces vivaces à croissance initiale lente telles que *Crotalaria retusa* et *pueraria phaseoloides* seront intéressantes dans les associations culturales et en agriculture de conservation. La production de matière organique sèche, a été appréciable pour toutes les espèces, hormis *Glycine max* et *pueraria phaseoloides*. Cette matière sèche par sa décomposition va améliorer la structure et la chimie des sols. Toutefois, pour accroître le taux de fixation en azote de ces espèces, il faut envisager leur inoculation par des rhizobiums. Ces différents atouts des légumineuses, montrent l'intérêt des systèmes de culture incluant ces plantes, pour répondre aux défis multiples posés par la conception d'une agriculture durable dans des environnements écologiques difficiles.

Références

- [1] - A. W. KONÉ, Qualité des sols en zone de savane humide de Côte d'Ivoire : Utilisation des légumineuses herbacées comme alternative pour une valorisation des terres marginales et une agriculture durable. Thèse de Doctorat unique N° 46, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan (2009) 225 p.
- [2] - FAO, Agroecology profile 'Integrating diverse grain legume for increased land productivity on small farms in Malawi'. Rome. [Cited 4 October 2016], (2016) <http://www.fao.org/agroecology/knowledge/practices/en/>
- [3] - J. P. DELSOL et N. BILLE, Evaluation de l'occupation des terres, de l'occupation des sols et potentialités pédologiques. Situation régionale et départementale. DCGTX (1983) 200 p.
- [4] - E. S. MONYO & R. K. VARSHNEY, Seven seasons of learning and engaging smallholder farmers in the drought-prone areas of sub-Saharan Africa and South Asia through Tropical Legumes, (2016) Patancheru, India, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics 2007 - 2014
- [5] - K. COULIBALY, Analyse des facteurs de variabilité des performances agronomiques et économiques des cultures et de l'évolution de la fertilité des sols dans les systèmes culturaux intégrant les légumineuses en milieu soudanien du Burkina Faso : approche expérimentale chez et par les paysans. Thèse de doctorat : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), (2012) 165 p.
- [6] - C. FLORET, R. PONTANIER et G. SERPENTIER, La jachère en Afrique tropicale. Dossier MAB16, UNESCO, Paris, France, (1993) 86 p.
- [7] - H. CHARPENTIER, Fixation de l'agriculture dans le nord de la Côte d'Ivoire, six (6) années d'expérimentations sur le territoire villageois de Tcholélevogo de (1989 - 1995), Doc. provisoire, (1997) 158 p.
- [8] - W. MARINUS, E. RONNER, G.W. VAN DE VEN, F.K. KANAMPIU, S. ADJEI-NSIAH, & K.E. GILLER, What role for legumes in sustainable intensification? - Case studies in Western Kenya and Northern Ghana for PROIntensAfrica. (2016) [Cited 7 October 2016], www.N2Africa.org
- [9] - V. HIEN, P. M. SEDOGO et F. LOMPO, Etudes des effets de jachère de courte durée sur la production et l'évolution des sols dans différents systèmes d cultures du Burkina Fasso. // C. Floret et G. Serpentier (dir), la jachère en Afrique de l'Ouest, Editions de l'Orstom. Paris (France). Colloques et séminaires, (1993) 171 - 178
- [10] - J. B. AUNE et A. BATIONO, Agricultural intensification in the Sahel - the ladder approach. Agricultural Systems, 98(2) (2008) 119 - 125
- [11] - I. NDABALYSHE, Place des légumineuses dans les systèmes de cultures au nord de la Côte d'Ivoire (1997), Rapport d'enquête, 24 p.

- [12] - A. W. KONÉ, E. F. EDOUKOU, TONDOH, J. E. GONNETY, J. T. P. K. T. ANGUI et D. MASSE, Comparative study of earthworm communities, microbial biomass, and plant nutrient availability under 1-year *Cajanus cajan* (L.) Millsp and *Lablab purpureus* (L.) Sweet cultivations versus natural regrowths in a guinea savanna zone. *Biol. Fertil. Soils*, 48, (2012c) 337 - 347
- [13] - G. LOUARN, G. CORRE-HELLOU, J. FUSTEC, E. LÔ-PELZER, B. JULIER, I. LITRICO, P. HINSINGER, C. LECOMTE, Déterminants écologiques et physiologiques de la productivité et de la stabilité des associations graminées légumineuses *Innovations Agronomiques*, INRAE, 11, (2010) 79 - 99. fhal-01173245f
- [14] - D. BUCKLES, A. ETEKA, O. OSINAME, M. GALIBA et G. GALIANO, Plantes de couvertures en Afrique de l'Ouest, Une contribution à une agriculture durable, <http://www.idrc.ca/books/focus.html>, (1998), 28 p. ISBN 0-88936-852-X
- [15] - M. C. S. BANTILAN, D. KUMARA CHARYULA, P. GUAR, D. MOSES SHYAM, & J. S. DAVIS, Short duration chickpea technology: Enabling legumes revolution in Andhra Pradesh India. *Research Report* No. 23, (2014) Patancheru, India, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, (www.icrisat.org/what-we-do/mip/SPIA/pdf)
- [16] - A. SMITH, S. S. SNAPP, J. DIMES, C. GWENAMBIRA & R. CHIKOWO, Doubled-up legume rotations improve soil fertility and maintain productivity under variable conditions in maize-based cropping systems in Malawi *Agricultural Systems*, 145, (2016), 139 - 149
- [17] - R. AKANVOU, M. BECKERS, M. CHANO, D. E. JOHNSON, H. GBAKA-TCHÉTCHÉ and A. TOURÉ, Follow residue management effects on upland rice in three agro-ecological zones of West Africa. *Biol. Fertil. Soils* 31, (2000), 501 - 507
- [18] - Z. SEDGA, M. BECKER, F. LOMPO et V. HIEN, Gestion améliorée des jachères par l'utilisation de légumine www.idrc.ca/fr/ev-31929-201-1-DOTOPIC.html
- [19] - E. ROOSE, Capacité des jachères à restaurer la fertilité des sols pauvres en région Soudano-Sahélienne d'Afrique de l'Occidentale. // C. Flore et G. Serpentier (dir), la jachère en Afrique de l'Ouest Edition de l'ORSTOM. Paris (France), colloques, séminaires (1993) 233 - 244
- [20] - M. BECKER, D. E. JOHNSON E. A. HEINRICHS, K. AFUN and A. RUSSELL-SMITH, Effect of cropping intensification on biotic and abiotic constraints in upland rice Sect. 7. In: Cheneau-Loquay A. and Leplaideur A. (eds), Quel avenir pour les rizicultures en Afrique de l'Ouest? Theme 2 : La confrontation des logiques du haut et du bas. REGARDS, Maison des Suds, Talence, France, (1995) 1 - 3
- [21] - R. AKANVOU. Quantitative understating of the performance of upland rice - cover légumes cropping systems in west Africa PhD thesis Wageningen university - ISBN (2001) 149 p.
- [22] - L. S. KOUTIKA, C. NOLTE, M. YEMEFACK, R. NDANGO, D. FOLEFOC & S. WEISE, Leguminous fallows improve soil quality in south-central Cameroon as evidenced by the particulate organic matter status *Geoderma*, 125 (2005) 343 - 354
- [23] - E. F. EDOUKOU, A. W. KONÉ et J. E. TONDOH, *Chromolaena odorata* (Asteraceae) et de légumineuses ont-elles les mêmes potentialités agronomiques in étude et gestion des sols volume 20, 2, (2013) 95 - 106
- [24] - N. KOUAMÉ, N. J. KOUASSI, K. AYOLIÉ, K. B. YAO et K. J. YATTY, Influence de l'association culturale sur la capacité de nodulation de trois espèces de légumineuses : Arachide, Niébé et Soja vert (2020) *Journal of Applied Biosciences* 145, ISSN 1997-5902, 14930 - 14937
- [25] - B. A. LIKOKO, K. MUREFU, A. G. LIKOKO ET N. B. POSHO, Effets des biomasses des légumineuses ligneuses sur la croissance et le rendement du maïs en couloirs sur un ferralsole de Yangambi RD Congo, *Journal of Applied Biosciences* 131, (2018) 13382 - 1339
- [26] - D. J. GAGE, Infection and invasion of roots by symbiotic, nitrogen-fixing rhizobia during nodulation of temperate legumes *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 68, (2004) 280 - 300
- [27] - H. D. THURSTON, M. SMITH, G. ABAVI Y S. KEARRLS, Topado sistemas de siembra con cobertura, CATIE y CIIFAD, Cornell University. Ithaca. N.Y, (1994)