

Évaluation de l'occupation spatio-temporelle des composants dans la pratique paysanne de l'association des cultures dans une région forestière de la République Démocratique du Congo

**Jean - Claude ESUKA ALFANI, Jean - Pierre MUKANDAMA NDOLANDOLA
et Muller LOFINDA LIFAKE***

*Université de Kisangani, Université de Kisangani, Institut Supérieur d'Etudes
Agronomiques de Bengamisa, RD Congo*

* Correspondance, courriel : mullerlofinda@gmail.com

Résumé

L'objectif de cette étude est, d'abord d'estimer l'occupation spatio-temporelle des composants, dans la pratique paysanne de l'association culturale, ensuite de déterminer la surface du champ non occupée après la récolte des cultures saisonnières et en fin de proposer un modèle d'aménagement paysager, assorti des itinéraires techniques permettant l'occupation rationnelle de l'espace et l'amélioration de la production globale de l'agrosystème. En vue d'estimer les superficies imputées aux différentes cultures associées, 60 champs des paysans ont été mis à contribution et la densité ainsi que les ratios de densité ont été calculés [29]. A la lumière des résultats obtenus, Il se dégage que la moyenne générale de la surface non occupée par l'ensemble de 60 champs-échantillons, après la récolte des cultures saisonnières, se chiffre à 48,7 % de la superficie du champ. Ainsi, en vue d'éviter la sous-occupation de l'espace pendant presque la moitié de l'année, après la récolte des cultures saisonnières ; nous proposons un modèle d'aménagement paysager alternatif, qui intègre l'application en même temps dans un champ ; des systèmes des cultures en lignes, en bandes, entremêlées (intercalaires mixtes), en relai et l'insertion dans l'itinéraire technique d'une plante de service en culture dérobée.

Mots-clés : *association des cultures, cultures saisonnières, aménagement paysager, itinéraire technique, plante de service.*

Abstract

Evaluation of Component temporal spatio occupation in the peasant practice of the association of cultures in a forested region of the Democratic Republic of Congo

The objective of this study was first to estimate the spatio-temporal occupation of the components, in the practice of the cultural association based on the system of cultures intermingled in a peasant environment of Bengamisa, in the Democratic Republic of Congo, then to determine the area of the unoccupied field after harvesting seasonal crops and finally to propose a landscape model, with technical itineraries allowing the rational occupation of space and the improvement of the overall production of the land. agrosystem. In order to estimate the areas imputed to the different associated crops, 60 farmers' fields were used and density and density ratios were calculated [29]. In the light of the results obtained, it emerges that the overall average

of the area not occupied by the set of 60 sample fields, after the harvest of seasonal crops, amounts to 48.7% of the area of the field. Thus, in order to avoid the under-occupation of space for almost half of the year, after harvesting seasonal crops; we propose an alternative landscaping model, which integrates the application at the same time into a field; systems of cultures in lines, in strips, intertwined (interleaved mixed), in relay and the insertion in the technical route of a plant of service in stolen culture.

Keywords : *crop association, seasonal crops, landscaping, technical route, service plant.*

1. Introduction

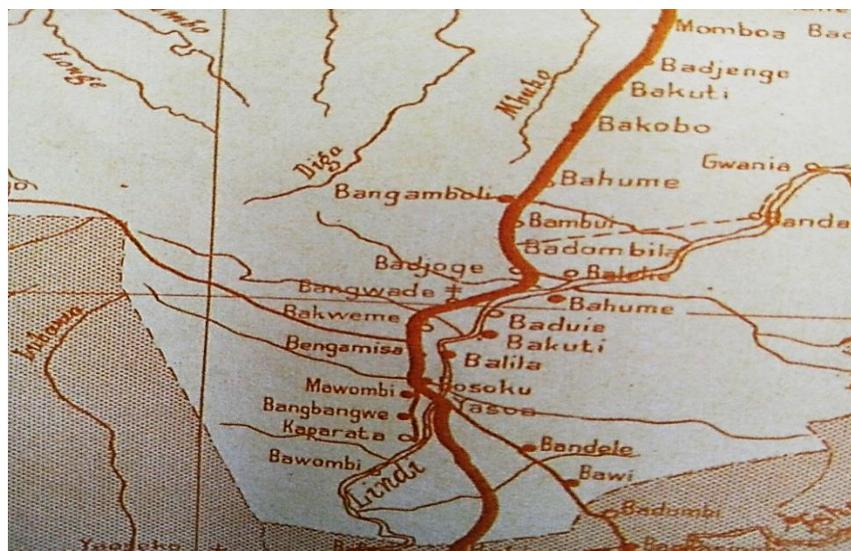
Il est de plus en plus reconnu de nos jours que l'utilisation d'une plus grande biodiversité cultivée offre de nombreux avantages sur le plan agronomique et permet de réduire les impacts négatifs des systèmes agricoles intensifs sur l'environnement [1 - 9]. [10] indiquent que les associations des cultures, semblent être une réponse adaptée aux contraintes du milieu. Mais ce système paraît très complexe, car les différents types d'associations existants, dépendent des conditions climatiques et des habitudes alimentaires des populations. Afin d'optimiser l'utilisation des situations extrêmement variées, une étude approfondie des interactions entre la plante et son milieu est indispensable [11 - 14]. En outre, de nombreuses études menées dans le cadre de l'association des cultures n'ont beaucoup plus concerné que l'association céréales-protéagineux et ne mettent en jeu que deux ou trois cultures [15 - 20]. Les études sur les associations des cultures faisant intervenir plusieurs cultures telles que pratiquées dans certaines régions en Afrique sont presque inexistantes. Cette pratique agricole, basée sur la diversité culturelle, occupe une place importante dans les systèmes des cultures en Afrique [21, 22] Les enquêtes ont montré que la fréquence des cultures associées dans ce milieu est plus élevée que celle des cultures pures [23]. Elles sont également pratiquées sur des superficies considérablement plus grandes que celles des cultures pures. Dans la région de Bengamisa en République Démocratique du Congo, les paysans pratiquent depuis des temps immémoriaux le système d'association des cultures.

Plusieurs cultures annuelles et saisonnières sont entremêlées dans le champ (mixed cropping), jusqu'à une dizaine, semées simultanément ou différemment, dans un arrangement spatial désordonné ; et récoltées au fur et à mesure de leur entrée à maturité. Ce sont les légumes qui sont premièrement récoltés (amarante, épinard, oseille, tomate, etc.) et ensuite le riz, le maïs, l'arachide, la patate douce, etc. Les vides, parfois énormes, laissés par ces cultures saisonnières, après leurs récoltes, ne sont malheureusement pas comblés dans la majorité de cas par les agriculteurs avec d'autres cultures, jusqu'à la récolte des plantes annuelles, principalement le manioc et le bananier plantain. Ceux des rares paysans qui décident de revenir sur le même champ pour la seconde fois avec des cultures saisonnières, généralement le maïs et le riz, au moment où les cultures annuelles sont encore sur pieds, se voient obligés de recéper intensément la culture de manioc en vue d'éviter l'ombrage sur ces nouvelles cultures. Le stress exercé sur la culture de manioc, par la diminution de sa capacité photosynthétique pendant une période de son cycle vital, ne peut être sans conséquence sur la production des racines tubéreuses. La sous-occupation de l'espace du champ dans le temps, occasionnée par cette pratique paysanne dans la région de Bengamisa, basée sur des mélanges plurispécifiques et pluri variétaux des plantes saisonnières et annuelles, dans un système des cultures intercalaires mixtes, peut constituer un facteur de sous production et de déforestation. L'objectif de cette étude est d'estimer les superficies des cultures associées dans l'espace et dans le temps, de déterminer la surface du champ non occupée après la récolte des cultures saisonnières et de proposer un modèle d'aménagement paysager assorti des itinéraires techniques permettant une occupation rationnelle de l'espace et l'amélioration de la production globale.

2. Matériel et méthodes

2-1. Milieu

Cette étude a été menée dans la région de Bengamisa, territoire de Banalia dans la Province de la Tshopo en République Démocratique du Congo. Le Secteur de Bamanga-Bengamisa, dont le chef-lieu porte le nom de Bengamisa est l'un des Secteurs du territoire de Banalia qui a été créé par l'autorité coloniale aux termes de l'Ordonnance n° 40/AIMO du 15 mars 1935. Le Secteur est limité au Nord par le Secteur Banalia Bangba, au Sud par le Secteur Lubuya- Bera, à l'Est, par le Territoire de Bafwasende, à l'Ouest le Territoire de Basoko et d'Isangi. La superficie du Secteur de Bamanga est de 5.832 km². Le Secteur de Bamanga-Bengamisa est habité par l'ethnie « Mba » communément appelée Manga. Elle s'étend de 18 km à 120 km sur l'axe routier Kisangani-Buta. Ce secteur comprend cinq groupements, à savoir : Abata, Bamanga/Bengamisa, Bangelema, Boumbwa et Yambuya. Les coordonnées géographiques du milieu d'étude sont les suivantes : 0°57' Latitude Nord et 24°11' Longitude Est avec une altitude moyenne de 450m [24]. Le climat est du type Af de KÖPPEN. Les températures moyennes mensuelles sont de l'ordre de 24°C et 25,5°C avec des faibles amplitudes. L'humidité de l'air est assez élevée. Les vents sont faibles et de direction variable. La lame d'eau annuelle varie entre 1600-1700 mm. Cette pluviosité accuse une double périodicité. Les maxima principal et secondaire se situent respectivement en octobre et en mai et correspondent aux deux saisons culturales observées dans ce milieu. La saison culturale A (mars-mai) et la saison culturale B (septembre-novembre) [25]. Les sols sont généralement lourds (50 à 70 % d'argile) de couleur rouge foncé, bien drainés et acides [26]. La végétation de la région de Bengamisa, est caractérisée par les unités suivantes : forêts primitives à *Gilbertiodendron dewevrei*, les forêts hétérogènes à caractère primitif dans lesquelles on reconnaît localement une dominance de *Cynometra hankei*, les forêts secondaires à *Musanga sp*, les jachères et recrus forestiers et les forêts rivulaires et marécageuses [27].



Carte géographique de la zone d'étude

2-2. Paramètres étudiés

En vue d'évaluer l'occupation spatio-temporelle des composants dans les associations des cultures, 60 champs des paysans dont 15 cultivés en forêt primaire au cours de la saison culturale A, 15 installés dans la jachère forestière en saison A, 15 localisés en forêt primaire au cours de la saison culturale B et les 15 autres implantés dans la jachère forestière pendant la saison culturale B ont été explorés ou fait l'objet de cette étude. Les différentes cultures associées ont été répertoriées et regroupées en cultures saisonnières et

annuelles. Il s'agit pour les cultures saisonnières de riz, du maïs, de l'aubergine, de patate douce, de tomate, de taro, de l'amarante, de l'aubergine amère, de patate feuillée, du piment, d'épinard, d'arachide, de courge et de l'igname alors que la catégorie des cultures annuelles était représentée par le manioc, le bananier et la canne à sucre. Les différentes mesures et observations ont porté sur : les superficies des champs à l'aide de GPS, l'identification des cultures associées ainsi que le comptage de nombre de pieds par la méthode de carré-échantillon. La surface de ce dernier était de 10m x 10m recommandée pour le cas des cultures mixtes [28]. Le calcul de la densité des cultures associées a été fait selon la **Formule** suivante :

$$DCA = \frac{N \times SC}{SPE} \quad (1)$$

où, *DCA* = Densité de cultures en association ; *N* = Nombre de pieds dans le carré-échantillon pour la culture considérée ; *SC* = Surface du champ (m²) ; *SPE* = Surface de la parcelle - échantillon (m²)

Le ratio de densité ou coefficient de densité spécifique est le rapport entre la densité simple de la culture associée et la densité de la culture pure. Il s'obtient selon la **Formule** [29] :

$$Rd = \frac{DCA}{DCP} \quad (2)$$

où, *Rd* = ratio de densité ou Coefficient de densité spécifique ; *DCA* = Densité de la Culture Associée ; *DCP* = Densité de la Culture Pure.

Les éléments ci-dessus ont permis de calculer la superficie imputée des cultures associées dans l'espace et dans le temps. La superficie imputée a été estimée à l'aide de la **Formule** suivante [28] :

$$Ai = A \frac{Ci}{C_i} \quad (3)$$

où :

A : l'aire du champ

i : un indice désignant le numéro d'ordre de la culture entrant dans la combinaison

C_i : la valeur numérique de la caractéristique de la culture *i* en plantation mixte

C_i : la valeur correspondante de la même caractéristique de la culture *i* en peuplement pur.

La caractéristique retenue pour calculer la superficie imputée est la densité de culture. Ainsi,

- *C_i* : représente la valeur numérique de la densité de la culture *i* en peuplement mixte
- *C_i* : représente la valeur numérique de la densité de la culture *i* en peuplement pur. La densité des cultures en peuplement pur a été obtenue par l'application des écartements appliqués dans la région pour la culture considérée.

L'évaluation dans le temps des surfaces occupées par les composants a été effectuée par la détermination des surfaces occupées par les cultures individuelles ainsi que par les groupes des cultures saisonnières et annuelles. Il a été ensuite calculé la surface du champ non occupée après la récolte des cultures saisonnières. En fin, pour faciliter la comparaison des résultats, nous avons estimé nécessaire de convertir la superficie imputée à la culture, en pourcentage de la surface totale du champ, selon la **Formule** :

$$Ai (\%) = Ai \times 100 / A \quad (4)$$

Où, *Ai* : représente la superficie imputée à la culture ; *A* : représente la superficie du champ.

3. Résultats

3-1. Résultats sur l'occupation spatio-temporelle des composants

Les résultats présentés dans les lignes qui suivent se rapportent à l'occupation spatio-temporelle des composants dans les différentes associations des cultures. L'occupation spatio-temporelle des composants représente les superficies imputées aux cultures associées observées dans les différents champs. Les valeurs moyennes des superficies imputées aux cultures individuelles ainsi que celles imputées aux groupes de cultures saisonnières et annuelles dans les champs cultivés dans les deux écosystèmes sous saisons culturales A et B sont illustrées dans la **Figure 1** ci-après.

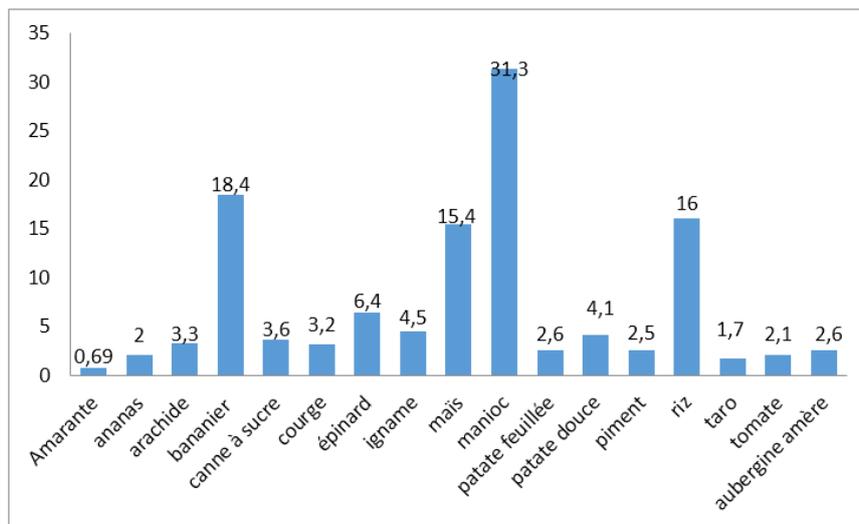


Figure 1 : Valeurs moyennes des superficies imputées aux différentes cultures associées

Les résultats de la **Figure** ci-dessus relatifs aux valeurs moyennes des superficies imputées aux différentes cultures associées dans les champs cultivés dans les deux écosystèmes sous différentes saisons culturales indiquent que seule la culture de manioc a enregistré une superficie moyenne imputée de l'ordre de 31,3 % par rapport à la superficie du champ. Les cultures de bananier, du maïs et du riz couvrent respectivement des surfaces moyennes de 18,4 %, 15,4 % et 16 %. Toutes les autres cultures sont faiblement représentées. La culture de l'arachide, l'unique légumineuse répertoriée dans les associations, ne couvre en moyenne que 3,3 % de la superficie du champ. La **Figure 2** montre les résultats des superficies imputées aux composants, regroupés en cultures saisonnières et annuelles dans les différents écosystèmes et saisons climatiques.

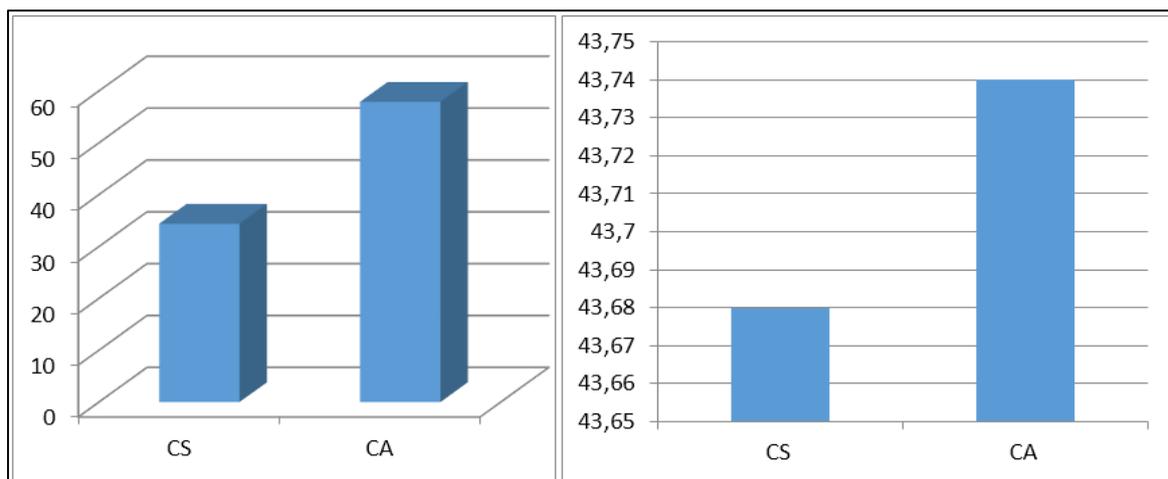


Figure 2a : *Superficies moyennes imputées aux cultures associées dans les champs cultivés en FP / SA (% SC)*

Figure 2b : *Superficies moyennes imputées aux cultures associées dans les champs dans les champs cultivés en JF/SA / SA (% SC)*

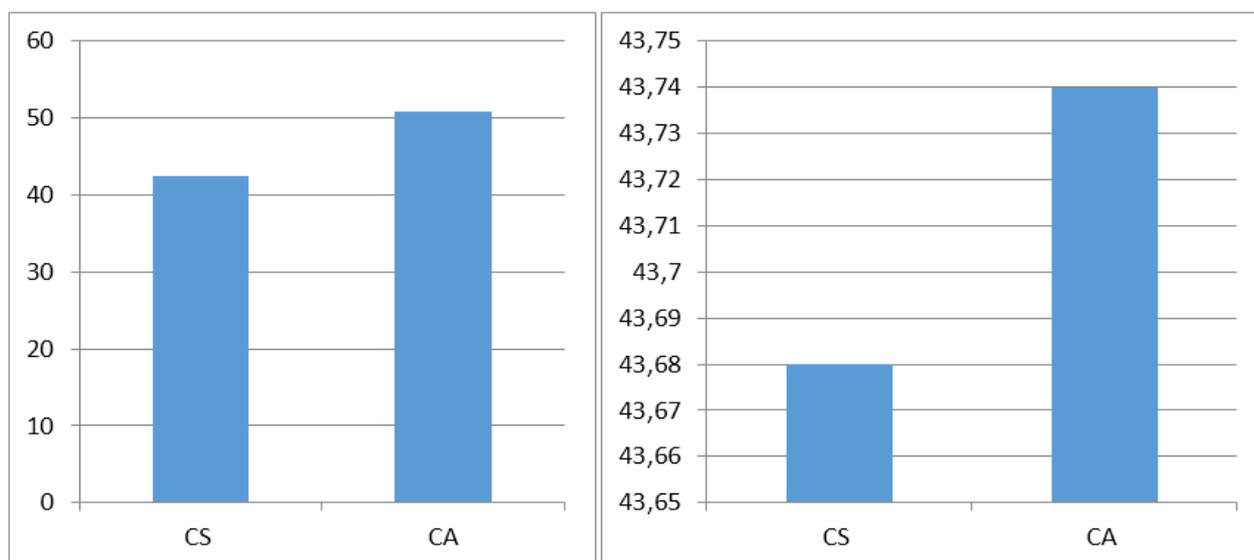


Figure 2c : *Superficies moyennes imputées aux cultures associées dans les champs cultivés en FP/SB (%SC)*

Figure 2d : *Superficies moyennes imputées aux cultures associées dans les champs cultivés en JF/SB (%SC)*

La Figure 2 montre les résultats des superficies imputées.

Légende : FP : forêt primaire, JF : jachère forestière, SA : saison culturale A, SB : saison culturale B, % SC : pourcentage de la superficie du champ.

Il ressort des résultats consignés dans les **Figures** ci-dessus, que les superficies imputées aux cultures saisonnières sont de l'ordre de 34,4 % et 43,68 % ; respectivement pour les champs de forêt et de jachère au cours de la saison A (**Figures 2a et 2b**) et de 42,36 % et 42,12 % pour les champs des mêmes écosystèmes pour la saison culturale B (**Figures 2c et 2d**). Ces mêmes résultats indiquent que les cultures annuelles ont occupé 57,9 % et 43,74 % de superficie, respectivement pour les champs de forêt et de jachère pendant la saison A (**Figures 2a et 2b**) et 50,9 % et 45,5 % de superficie dans les conditions des champs de forêt et de jachère sous saison culturale B (**Figures 2c et 2d**).

3-2. Résultats sur la proportion des champs non occupée après la récolte des cultures saisonnières

La récolte des cultures saisonnières laisse des vides dans les champs. Les résultats sur la proportion des champs inoccupée, consécutive à la récolte des cultures saisonnières dans les champs cultivés dans les deux écosystèmes au cours de deux saisons culturales sont présentés dans la **Figure 3** ci-dessous.

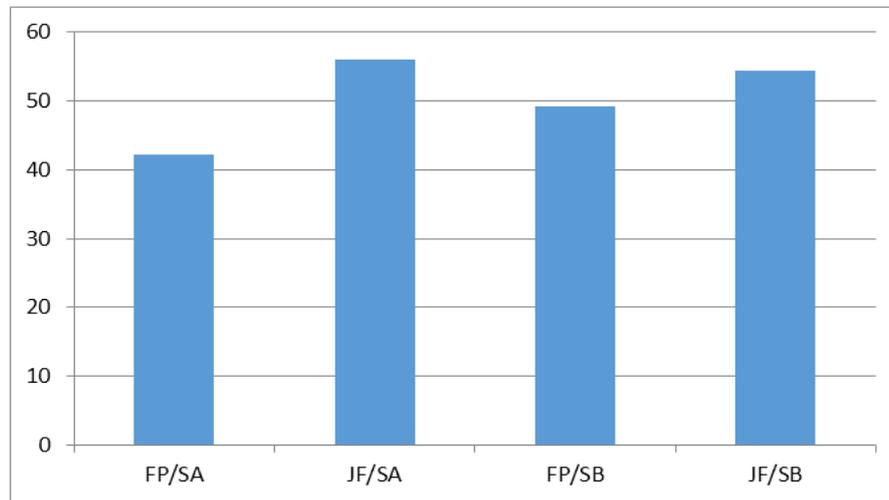


Figure 3 : *Superficies moyennes totales non occupées après la récolte des cultures saisonnières (en % SC) dans les différents écosystèmes et saisons culturales*

Légende : FP : forêt primaire JF : jachère forestière SA : saison culturale A SB : saison culturale B % SC : pourcentage de la superficie du champ

Il apparaît des résultats consignés dans la **Figure 5** ci-dessus, que la surface des champs non occupée après la récolte des cultures saisonnières, représentant la somme de la fraction du champ non occupée par les cultures, consécutive aux ratios de densité observés et de la partie occupée par les cultures saisonnières, se présente comme suit : 42,13 % pour les champs de forêt pendant la saison culturale A, 56,06 % pour les champs de jachère au cours de la saison culturale A, 49,13 % pour les champs de forêt sous saison B et 54,37 % pour les champs de jachère cultivés en saison B.

3-3. Résultats sur la conception d'un modèle d'aménagement paysager alternatif

C'est dans l'objectif d'éviter la sous-occupation de l'espace pendant presque la moitié de l'année, après la récolte des cultures saisonnières que proposé ici-bas : Un modèle d'aménagement paysager alternatif qui tend à concilier la logique paysanne avec des principes de productivité et de durabilité tels que décrits dans les lignes qui suivent.

3-3-1. Base de la logique paysanne

A chaque période de l'année, les paysans veulent avoir de la nourriture, du travail et du revenu. C'est cette logique qui oriente la plupart d'entre-eux à disposer chaque année de deux champs de cultures. Les produits provenant de la récolte des cultures saisonnières (amarante, épinard, tomate, oseille, aubergine, patate douce, arachide, riz, maïs, etc.) de la saison en cours du nouveau champ, fournissent aliments et condiments nécessaires que les paysans associent généralement aux produits des cultures annuelles (manioc, banane) du précédent champ de la saison écoulée, pour assurer en permanence l'alimentation de la famille.

3-3-2. Cadre conceptuel et stratégique du modèle d'aménagement paysager alternatif

Le modèle d'aménagement paysager, assorti des itinéraires techniques tentent d'allier: gestion rationnelle de l'espace-maintien de la fertilité du sol-amélioration de la production globale, dans le respect de la logique paysanne des mélanges plurispécifiques des cultures annuelles et saisonnières dans un système des cultures entremêlées (mixed cropping). Le cadre conceptuel et stratégique est illustré par la **Figure** suivante :

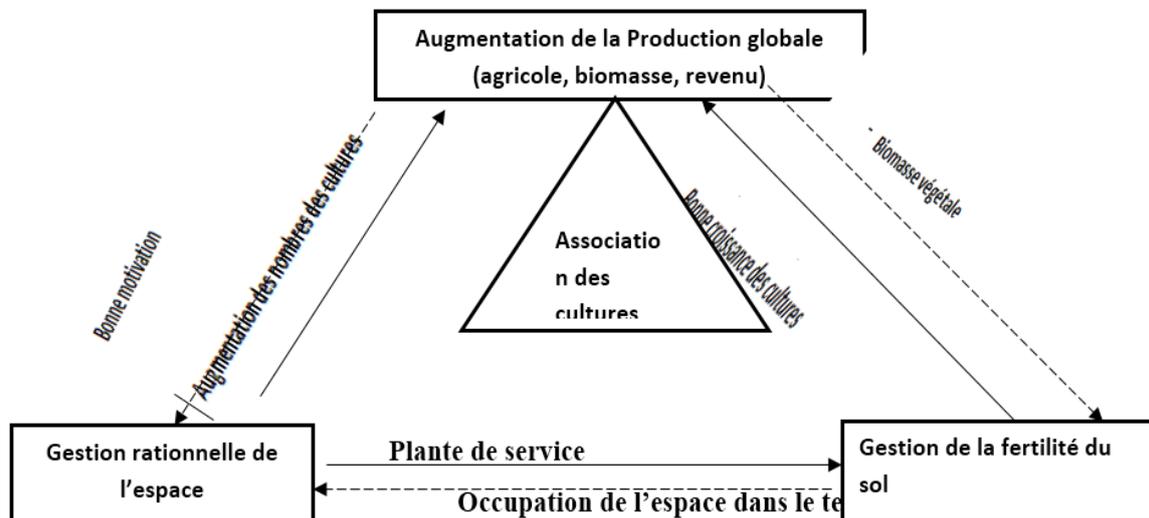


Figure 4 : Cadre conceptuel et stratégique du modèle d'aménagement paysager alternatif

Le cadre conceptuel et stratégique du modèle d'aménagement paysager alternatif schématisé par la **Figure 4** ci-dessus, est constitué d'une pyramide composée naturellement d'une base et d'un sommet. La base s'appuie sur deux leviers : la gestion rationnelle de l'espace et la gestion de la fertilité du sol, lesquels soutiennent un sommet qui représente l'augmentation de la production globale de l'agroécosystème.

3-3-3. Description du système proposé

Le modèle d'aménagement paysager proposé, intègre l'application en même temps sur un champ ; des systèmes des cultures en lignes, en bandes, entremêlées (intercalaires mixtes), en relai et l'insertion dans l'itinéraire technique d'une plante de service en culture dérobée tel que décrit ci-dessous :

- Les lignes simples et / ou jumelées seront occupées par des cultures annuelles : manioc, bananier plantain, ananas;
- Les bandes de 3 à 4 m seront occupées par des cultures saisonnières : riz, maïs, patate douce, arachide, tomate, amarante en intercalaires mixtes avec une attention particulière sur la présence des légumineuses vivrières;
- Une plante de service, de préférence une légumineuse ou autre, sera mise en place en culture dérobée entre les deux saisons culturales dans l'objectif d'entretenir la fertilité du sol ;
- Les cultures en relai interviendront après la récolte des cultures saisonnières de la saison culturale passée et éventuellement après la plante de service.

L'arrangement spatial des cultures décrit ci-dessus est présenté par la **Figure 5** ci-après :

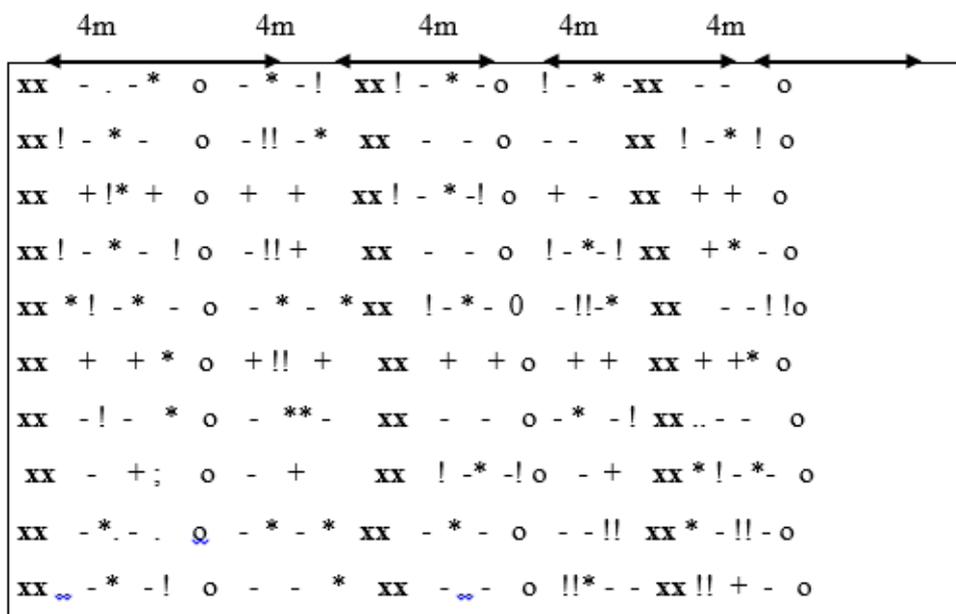


Figure 5 : Arrangement spatial des cultures dans le champ

Légende : xx : lignes jumelées de manioc ; o : ligne du bananier plantain ; - + . !!* : Bandes des cultures

4. Discussion

Les résultats se rapportant aux valeurs moyennes des superficies imputées individuellement aux différentes cultures associées dans les champs cultivés dans les deux écosystèmes sous différentes saisons culturales indiquent que seule la culture de manioc a enregistré une superficie moyenne imputée de l'ordre de 31,3 % (**Tableau 1**) par rapport à la superficie du champ. Les cultures de bananier, du maïs et du riz ont couvert respectivement des surfaces moyennes de 18,4 %, 15,4 % et 16 %. Toutes les autres cultures sont faiblement représentées. Il apparaît donc de ces résultats qu'aucune culture n'occupe à elle seule plus de 50 % de la superficie du champ. Ceci peut-être probablement dû au nombre de cultures intervenant dans les différentes associations, jusqu' à une dizaine dans certaines conditions. Il s'agit donc des associations très complexes avec un indice cultural élevé [30]. La culture de l'arachide pour sa part, l'unique légumineuse répertoriée dans les associations, bien que le niébé et le soja peuvent se retrouver sporadiquement dans certains champs ; ne couvre en moyenne que 3,3 % de la superficie du champ. Ces résultats montrent une faible importance des légumineuses dans le système de cultures de ce milieu. Et pourtant ailleurs, en France par exemple, les agriculteurs connaissent l'intérêt des légumineuses [31]. Elles sont fixatrices d'azote atmosphérique et leurs tissus sont riches en protéines [32, 33]. Elles jouent un rôle agronomique et environnemental important. Elles constituent une attractivité pour une multitude d'animaux, dont les insectes et sont également considérées comme source de nourriture et d'habitat [34]. [3] dans leurs études sur les associations des cultures avaient trouvé que 97 % des associations comportaient au moins une espèce de légumineuses à graines ou fourragère. Par contre, [35] précisent pour leur part que les légumineuses présentent plusieurs atouts :

- sur le plan de l'alimentation humaine et animale, elles constituent une source de protéines végétales de bonne valeur nutritionnelle, avec des protéines aux caractéristiques complémentaires de celles des céréales ;
- sur le plan agronomique, la capacité à fixer l'azote de l'air en symbiose avec des bactéries du sol leur confère un fort potentiel d'insertion dans les systèmes de culture à bas niveaux d'intrants et à faible niveau d'émission de gaz à effet de serre ;

- Enfin, dans les systèmes de culture basés sur la biodiversité, elles jouent un rôle de cultures de diversification, permettant une rupture des cycles des bio-agresseurs, le développement des populations d'auxiliaires de défense des cultures, une réduction des intrants pour les autres cultures de la succession, l'amélioration de leur efficacité, et l'accroissement de la qualité des mosaïques paysagères.

[36] affirment pour leur part que les cultures associées avec des légumineuses permettent d'obtenir des matières premières riches en protéines à partir de l'azote provenant de la fixation atmosphérique. Enfin, du fait de la fixation biologique de l'azote atmosphérique, les associations végétales à base des légumineuses permettent globalement une meilleure efficacité de l'utilisation de l'azote, tout en maintenant un niveau de productivité important pour des niveaux d'engrais azotés plus faibles (par rapport à des cultures pures fertilisées) [37]. Concernant les superficies moyennes totales imputées aux cultures, les résultats obtenus montrent que les surfaces moyennes totales occupées par les cultures, sont relativement élevées dans les champs de forêt par rapport à ceux de jachère, avec respectivement 92,3 % (*Figure 2a*) et 87,42 % (*Figure 2b*) pour la saison culturale A. Cette tendance des résultats est également observée au cours de la saison culturale B où les surfaces moyennes totales occupées par les cultures sont de l'ordre de 93,26 % et de 87,62 % respectivement pour les champs de forêt (*Figure 2c*) et de jachère (*Figure 2d*). La superficie imputée étant le produit de la surface du champ et des ratios de densité, ces résultats indiquent que les paysans de cette région, partant de leurs savoirs endogènes, orientent la densité des cultures en fonction de la caractéristique de l'écosystème et de la saison. Les cultures saisonnières et annuelles, il y a lieu de noter globalement que les cultures saisonnières ont occupé en moyenne pour l'ensemble des champs-échantillons dans les deux écosystèmes et sous toutes les saisons culturales une superficie imputée équivalente à 40,6 % de la superficie de champs ; contre 49,5 % de superficie de champs occupée par les cultures annuelles dans les mêmes conditions (*Figures 2a, 2b, 2c et 2d*). Ces résultats indiquent donc un écart de superficie de 8,6 % au bénéfice des cultures annuelles. Toutefois, les superficies des cultures saisonnières sont restées élevées. En effet, il est bien reconnu que les sols des écosystèmes des forêts bénéficient d'une grande quantité des biomasses végétales, lesquelles en se décomposant, fournissent aux sols bien d'éléments nutritifs, comparativement à une jachère.

La chute de litières est une phase importante dans le cycle d'éléments nutritifs qui assure la productivité des écosystèmes naturels et cultivés [38]. En outre, [39] considèrent le sol comme un facteur important dans l'association des cultures : sur un sol pauvre, conditions de nutrition marginales, la production se fait à petite densité, contrairement à un sol riche où la densité sera grande car le développement de la plante y sera maximal. Au Cameroun, les paysans augmentent fortement l'indice d'occupation spatiale total ainsi que les densités de l'arachide et du maïs avec la fertilité du sol (40). De même, la saison culturale B étant considérée dans ce milieu comme la période la plus pluvieuse de l'année avec une moyenne saisonnière des précipitations de 605,6 mm, contre une moyenne saisonnière de 498,8 mm pour la saison A, les paysans préfèrent capitaliser cet avantage pour emblaver des superficies relativement élevées et augmenter la densité des cultures [25]. [41] indique que dans le système à cultures multiples, les paysans augmentent le nombre et la densité des espèces du climat tempéré/sahélien ($P = 500$ mm) au climat équatorial ($P = 2000$ mm) en fonction de la fertilité des sols et de la géomorphologie. Par rapport à la proportion de champ non occupée après la récolte des cultures saisonnières, Il se dégage que la moyenne générale de la surface non occupée par l'ensemble de 60 champs-échantillons se chiffre à 48,7 %. Cette superficie provient d'une part de la superficie des cultures saisonnières et d'autre part de la portion du champ restée vide consécutivement aux ratios de densité des cultures et au coefficient de densité équivalente. En effet, il a été observé dans l'étude réalisée par [29] sur l'intérêt des associations culturales maïs-légumineuses dans l'ouest du Cameroun que le coefficient de densité équivalente était de 1,32 alors que pour l'association maïs-soja le coefficient était de 1,25. [30] dans l'étude des systèmes de cultures associées dans la région de Colima

(Mexique) avaient trouvé pour les associations étudiées des valeurs des coefficients de densité équivalente supérieures à 1. Toutes les associations étudiées par ces deux chercheurs, caractérisées par des coefficients de densité équivalente supérieurs à 1 sont intenses alors que les associations de la région de Bengamisa, notre milieu d'étude, sont caractérisées par une faible occupation spatiale suite à des faibles ratios de densité. Leur coefficient de densité est souvent inférieur à 1. Il s'agit donc des associations moins intenses qui occupent mal la surface du champ. A la lumière des résultats relatifs à la proportion de champs non occupée après la récolte des cultures saisonnières, il y a lieu de faire remarquer que la pratique des associations de cultures de ce milieu, basée sur des mélanges plurispécifiques et pluri variétaux des plantes saisonnières et annuelles, dans un système des cultures intercalaires mixtes, récoltées de façon échelonnée, au fur et à mesure de leur entrée en maturité, occasionne une sous-occupation de l'espace du champ dans le temps et peut constituer un facteur de sous production et de déforestation. C'est pourquoi, il a été nécessaire de concevoir un modèle d'aménagement paysager qui puisse aider à gérer rationnellement l'espace dans le temps, à maintenir ou au besoin à améliorer la fertilité du sol, à augmenter la production annuelle globale du système et à contribuer à la réduction de la déforestation en respectant la logique paysanne. La logique paysanne sera respectée dans ce sens que le système proposé s'inscrit dans le cadre des mélanges de plusieurs cultures annuelles et saisonnières sur un même terrain en système intercalaire mixte, qualifiés de diversification spécifique parcellaire [42, 43]. La gestion rationnelle de l'espace dans le temps permettra d'occuper les vides laissés par la récolte des cultures saisonnières de la première saison culturale A ou B, d'abord par une culture de service et ensuite par des nouvelles cultures saisonnières de la seconde saison culturale B ou A.

En outre, le maintien ou l'amélioration de la fertilité du sol sera assuré par une bonne gestion des résidus des récoltes et par la présence d'une plante de service entre les deux saisons culturales (juin, juillet, août). Les plantes de services sont définies comme des co-cultures non récoltées, produisant un service à une culture principale ou à la rotation. Les services attendus sont une meilleure maîtrise des adventices, et une meilleure gestion de la fertilisation azotée [32, 44]. Le système proposé offre également la possibilité d'intégrer la rotation des cultures dans l'itinéraire entre les deux saisons culturales, particulièrement pour les cultures saisonnières. L'augmentation de la production annuelle globale, partant de la quantité et qualité des produits agricoles, de la biomasse végétale que des revenus économiques des paysans, sera obtenue par le fait que dans un même champ on bénéficiera au cours d'une année, en plus de la production des cultures annuelles, de deux productions des cultures saisonnières mais également par la présence des légumineuses [45 - 48]. Ainsi, le climat de la région de Bengamisa constitue justement un atout. Il comprend deux périodes pluvieuses pendant l'année, séparées par des périodes subsèches où il pleut moins abondamment. Les deux périodes pluvieuses sont donc considérées comme des saisons culturales : la saison culturale A et la saison culturale B. La saison culturale A s'étend du mois de mars au mois de mai tandis que la saison culturale B intervient du mois de septembre au mois de novembre. En fin, le système contribuera à la réduction de la déforestation, par le fait que ce type d'aménagement paysager aide l'agriculteur à revenir sur un même terrain pour la seconde saison culturale avec des cultures telles que le riz, le maïs, l'arachide, le niébé, la patate douce, etc. et beaucoup d'autres légumes (amarante, épinard, tomate, aubergine, oseille, etc.). Ces activités agricoles occupent l'agriculteur et ne lui donnent pas beaucoup de possibilités pour entamer les travaux d'ouverture d'un nouveau champ.

5. Conclusion

En vue d'estimer les superficies des cultures associées, 60 champs des paysans ont été mis à contribution. Les différentes mesures et observations ont porté sur les superficies des champs, l'identification des cultures associées ainsi que le comptage de nombre de pieds par la méthode de carré-échantillon. Ces éléments ont permis de calculer les superficies imputées [3, 4] aux cultures associées dans l'espace et dans le temps. A la

lumière des résultats obtenus, Il apparaît qu'aucune culture n'a occupé à elle seule plus de 50 % de la superficie du champ. Seule la culture de manioc a enregistré une superficie moyenne imputée de l'ordre de 31,3 %. L'unique légumineuse répertoriée dans les associations, bien que le niébé et le soja pouvait se retrouver sporadiquement dans certains champs ; ne couvre en moyenne que 3,3 % de la superficie du champ. Ces résultats semblent montrer une faible importance des légumineuses dans le système de cultures de ce milieu. Concernant les superficies moyennes totales imputées aux cultures, les résultats obtenus montrent qu'elles sont relativement élevées dans les champs de forêt par rapport à ceux de jachère, avec respectivement 92,3 % et 87,42 % pour la saison culturale A. Cette tendance des résultats est également observée au cours de la saison culturale B où les surfaces moyennes totales occupées par les cultures sont de l'ordre de 93,26 % et de 87,62 % respectivement pour les champs de forêt et de jachère. Au sujet des superficies imputées aux cultures saisonnières et annuelles, il y a lieu de noter globalement que les cultures saisonnières ont occupé en moyenne pour l'ensemble des champs-échantillons dans les deux écosystèmes et sous toutes les saisons culturales une superficie imputée équivalente à 40,6 % de la superficie de champs ; contre 49,5 % de superficie de champs occupée par les cultures annuelles dans les mêmes conditions. Par rapport à la proportion de champs non occupée après la récolte des cultures saisonnières, Il se dégage que la moyenne générale de la surface non occupée par l'ensemble de 60 champs-échantillons se chiffre à 48,7 %. Il découle donc de ces résultats que la pratique des associations de cultures de ce milieu, basée sur des mélanges plurispécifiques et pluri variétaux des plantes saisonnières et annuelles, dans un système des cultures intercalaires mixtes, récoltées de façon échelonnée, au fur et à mesure de leur entrée en maturité, occasionne une sous-occupation de l'espace du champ dans le temps et peut constituer un facteur de sous production et de déforestation. Ainsi, en vue d'éviter la sous-occupation de l'espace pendant presque la moitié de l'année, après la récolte des cultures saisonnières ; nous proposons un modèle d'aménagement paysager alternatif, assorti des itinéraires techniques qui allient : gestion rationnelle de l'espace-gestion de la fertilité du sol-amélioration de la production globale ; dans le respect de la logique paysanne des mélanges plurispécifiques des cultures annuelles et saisonnières dans un système des cultures entremêlées (mixed cropping). Le modèle d'aménagement paysager proposé, intègre l'application en même temps dans un champ ; des systèmes des cultures en lignes, en bandes, entremêlées (intercalaires mixtes), en relai et l'insertion dans l'itinéraire technique d'une plante de service en culture dérobée.

Références

- [1] - J. ENJALBERT, L. LITRICO, E. FOURNIER, S. MEDIENE, A. GAUFFRETEAU, G. BORG, G. CORRE-HELLOU, L. GOLDRINGER, M. HANACHI, E.P. JOURNET, E. JUSTES, J. B. MOREL, C. NAUDIN, H. SANGUIN, M. VALENTIN-MORISON, V. VERRET et L. BEDOUSSAC, Mélanges variétaux et mélanges plurispécifiques—atouts et contraintes, *Innovations agronomiques*, 75 (2019) 49 - 71
- [2] - B. KAMMOUN, L. BEDOUSSAC, E. P. JOURNET et E. JUSTES, Etude de l'effet variétal sur les interactions interspécifiques pour optimiser les performances des cultures associées de blé dur-pois d'hiver et blé dur-fêverole d'hiver, *séminaires ingénieries écologiques*, (2013)
- [3] - V. VERRET, E. PELZER, L. BEDOUSSAC et M. H. JEUFFROY, Traque aux innovations d'agriculteurs pour la conception d'associations d'espèces incluant des légumineuses. *Innovations Agronomiques*, INRA, 2019, 74, (2019) 143 - 154, hal-02154620
- [4] - D. LOKOSSOU, A. AFFOKPON, A. ADJANOHOON, C. B. S. DAN et G. A. MENSAH, Evaluation des variables de croissance et de développement du bananier plantain en systèmes de culture associée au Sud-Bénin *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, Numéro spécial, Agriculture & Forêt - Novembre 2012 BRAB en ligne (on line) sur le site web <http://www.slire.net> ISSN sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line), 1840 - 7099 (2012) 10 - 17

- [5] - E. JUSTES, L. BEDOUSSAC et L. PRIEUR, Est-il possible d'améliorer le rendement et la teneur en protéines du blé en Agriculture Biologique au moyen de cultures intermédiaires ou de cultures associées ? *Innovations agronomiques*, Vol. 4, (2009) 165 - 176
- [6] - G. CORRE-HELLOU, A. BARANGER, L. BEDOUSSAC, N. LASSAGNE, M. CANNACCIUOLO, J. FUSTE, E. PELZER et G. PIVE, *Interactions entre facteurs biotiques et fonctionnement des associations végétales, innovations Agronomiques*, 40 (2014) 25 - 42
- [7] - M. VALENTIN-MORISON, C. DAVID, S. CADOUX, M. LORIN, F. CELOTTE et ANNICK BASSET, *Association d'une culture de rente et espèces compagne permettant la fourniture de services écosystémiques. Innovations Agronomiques*, 40 (2014) 93 - 112
- [8] - M. DURU M, O. THEROND, G. MARTIN, R. MARTIN-CLOUAIRE, M. A. MAGNE, E. JUSTES, E. P. JOURNET, J. N. PLAS AUBERTOT, S. SAVARY, J. E. BERGEZ et J. P. SARTHOU, How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35 (2015) 1259 - 1281
- [9] - S. GABA, F. LESOURRET, S. BOUDSOCQ, J. ENJALBERT, P. HINSINGER et E. P. JOURNET, Multiple cropping systems as drivers for providing multiple ecosystem services: from concepts to design. *Agron. Sustain. Dev.*, 35 (2015) 1 - 17
- [10] - PLAS FONTS VAN DER, « Biodiversity and Ecosystem Functioning in Naturally Assembled Communities ». *Biological Reviews*, (2019)
- [11] - B. T. KANG, Emploi des engrais dans les systèmes des cultures multiples : gestion de la fumure dans les systèmes des cultures multiples non irriguées, Rome, (1986) 35 - 45
- [12] - E. MALEZIEUX, Mixing plants species in cropping systems: concepts, tools and models. A review, 2009 dans *Agronomy for sustainable development* 29, (2009) 43 - 62. Disponible sur http://fr.wikipedia.org/wiki/cultures_associes
- [13] - S. TRAORE, M. BAGAYOKO, B. S. COULIBALY B. S. et A. COULIBALY, Amélioration de la gestion de la fertilité des sols et celle des cultures dans les zones sahéliennes de l'Afrique de l'Ouest : une solution sine qua none pour l'augmentation de la productivité et de la durabilité des systèmes de culture à base de maïs, (2014) 25 p.
- [14] - F. BUSIERE, L. DUFOUR, A. FOUERE, P. LABBE, H. OZIER-La FONTAINE et R. TOURNEBIZE, *Fonctionnement des plantes sous contraintes tropicales*, INERA, BIS, (2000) 24 - 32
- [15] - V. SCHMIT, *Etude de l'influence de la symbiose légumineuse rhizobium dans le cadre de l'association Sorghum bicolor (L), Moench vigna unguiculata (L), Walp Bull. tech. Agro Gembloux*, 18 (4) (1983) 233 - 235
- [16] - T. A. T. WAHAU et D. A. MILLER, Relative yields total and yield component of intercropping sorghum and soya beans, *Agron.*, 70 (1978) 517 - 529. France, (1989) 190 p. + 4 annexes
- [17] - A. SCHOENY, E. LEMARCHAND, B. TIVOLI, S. JUMEL, F. ROUAULT, Effect and underlying mechanisms of pea-cereal intercropping on the epidemic development of ascochyta blight. *European Journal of Plant Pathology*, 126 (2010) 317 - 331
- [18] - R. BOJOVIC, V. POPOVIC, S. JANKOVIC, V. RAJICIC, J. IKANOVIC, M. REMIKOVIC and D. SIMIC, Effect of genotype on morphological and quality features of sugar beet. *Agriculture & Forestry*, Podgorica, Vol. 65, Issue 2 (2019) 29 - 38
- [19] - M. BOYEUX et A. MEGNARD, *Cultures associées : l'union fait la force. France Agricole*, 3488, (2013) 37 - 42
- [20] - K. M. N'GORAN, K. E. KASSIN, G. P. ZHOULI, M. F. P. NGBESSO et G. R. YORO, *Performances agronomiques des associations culturales igname-légumineuses alimentaires dans le centre-ouest de la côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences*, 43 (2011) 2915 - 2923
- [21] - J. M. KAFARA, Pratiques paysannes d'association de cultures dans les systèmes cotonniers des savanes Centrafricaines, Actes de colloque, 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun, HAL Id : hal 00131034, Archives ouvertes.fr/submitted on 14 feb 2007, (2002) 12 p.

- [22] - W. C. BEETS, Multiple cropping and tropical farming systems gowerwew view press, (1982) 156 p.
- [23] - S. V. R. SHETTY, B. KEITA, A COULIBALY et I. KASSAMBARA, *Cultures associées, au mali ; progrès de la recherche agronomique. In les cultures associées aux séminaires sur les cultures associées au Mali Bamako*, (1987) 15 - 17
- [24] - M. LOFINDA, Potentialités de l'aménagement paysager dans la lutte biologique contre *Pentalonia nigronervosa* Coquerel du Bananier dans la région de Bengamisa, en République Démocratique du Congo, relations plantes-vecteurs-auxiliaires, Thèse de Doctorat, Université de Kisangani, (2015) 247 p.
- [25] - D. LOKOMBE, *Caractéristiques dendrométriques et stratégies d'aménagement de la forêt dense humide à Gilbertiodendron dewevrei en région de Bengamisa*. Thèse doctorat, IFA-YANGAMBI, (2004) 223 p.
- [26] - A. ESUKA et M. KAHINDO, Influence des différents types d'amendements humifères sur l'acidité actuelle du sol à Bengamisa, Zaïre, Ann. Fac. Sc. UNIKIS, 9 (1993) 139 - 146
- [27] - VAN WAMBEKE A, *Notice explicative de la carte des sols et de la végétation du Congo-Belge et du Rwanda-urundi*, Publication INEAC BRUXELLES, (1958) 47 p.
- [28] - FAO : *Estimation des superficies cultivées et des rendements dans les statistiques agricoles*, Etude FAO, Développement Economique, (1982)
- [29] - P. SALEZ, *Compréhension et amélioration de systèmes de cultures associées céréale-légumineuse au Cameroun*, Thèse de doctorat-ingénieur, ENSAM, Montpellier
- [30] - M. FORNAGE, S. LEMUS, A. CONESA et A. BOUCHIER, Etude de systèmes de cultures associées dans la région de Colima (Mexique) dans leurs relations avec les sociétés rurales, Les cahiers de la Recherche Développement, N° 11 (août 1986) 7 - 16 p.
- [31] - P. THIEBEAU, E. LO-PELZER, K. KLUMPP, M. CORSON, C. HENAULT, J. BLOOR, E. DE CHEZELLES, J. F. SOUSSANA, J. M. LETT, M. H. JEUFFROY, Conduite des légumineuses pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle de la culture et de l'exploitation agricole. *Innovations Agronomiques*, 11 (2010) 45 - 58
- [32] - G. DUC, C. MIGNOLET, B. CARROUEE, C. HUYGHE, Importance économique passée et présente des légumineuses : rôle historique dans les assolements et facteurs d'évolution. *Innovations Agronomiques*, 11 (2010) 1 - 24
- [33] - F. VERTES, M. H. JEUFFROY, E. JUSTES, P. THIEBEAU, M. CORSON, Connaître et maximiser les bénéfices environnementaux liés à l'azote chez les légumineuses, à l'échelle de la culture, de la rotation, et de l'exploitation. *Innovations Agronomiques*, 11 (2010) 25 - 44
- [34] - A. DECOURTYE, C. BOUQUET, Une gestion des couverts herbacés favorable aux abeilles et à la petite faune de plaine. *Fourrages*, 202 (2010) 117 - 124
- [35] - A. S. VOISIN, J. GUEGUEN, C. HUYGHE, M. H. JEUFFROY, M. B. MAGRINI, J. M. MEYNARD, C. MOUGEL, S. PELLERIN et E. PELZER, Les légumineuses dans l'Europe du XXI ème siècle: Quelle place dans les systèmes agricoles et alimentaires actuels et futurs ? Quels nouveaux défis pour la recherche ? *Innovations Agronomiques*, 30 (2013)
- [36] - M. CLERC, M. KLAISS, M. MESSMER, C. ARNCKEN, H. DIERAUER, D. HEGGLIN et D. BÖHLER, Amélioration de l'approvisionnement en protéines indigènes avec des cultures associées, production végétale, *recherche agronomique Suisse*, 6 (11 - 12) (2015) 508 - 515
- [37] - E. PELZER, M. BAZOT, D. MAKOWSKI, G. CORRE-HELLOU, C. NAUDIN, M. AL RIFAÏ, E. BARANGER, L. BEDOUSSAC, V. BIARNES, P. BOUCHENY, B. CARROUEE, D. DORVILLEZ, D. FOISSY, B. GAILLARD, L. GUICHARD, M. C. MANSARD, B. OMON, L. PRIEUR, M. YVERGNIAUX, E. JUSTES et M.-H. JEUFFROY, Pea-wheat intercrops in lowinput conditions combine high economic performances and low environmental impacts. *European Journal of Agronomy*, 40 (2012) 39 - 53

- [38] - J. EBUY, J. P. MATE, J. P. MUKANDAMA et P. QUENTIN, Chute des litières et fertilité des sols sous plantations forestières dans le bassin du Congo : cas de la station I.N.E.R.A/Yangambi en R.D.C, *Journal of Animal and Plant Sciences*, Vol. 31, Issue 1 (2016) 4843 - 4860
- [39] - M. R. CIVAVA, M. MALICE et J. P. BAUDOUIN, Amélioration des agrosystèmes intégrant le haricot commun (*Phaseolus Vulgaris* L.) au Sud Kivu montagneux, (2016) 69 - 92 p.
- [40] - S. VALET, Les associations culturales traditionnelles améliorées : Une alternative écologique à l'intensification agricole face au changement climatique, démographique et à la « mondialisation ». « Efficacité de la gestion de l'eau et de la fertilité des sols en milieux semi arides. » Enfi-IRD- francophonie. Réseau E-GCES de l'AUF. Conférence ISCO Marrakech, (mai 2006) 14 - 19
- [41] - S. VALET, Les cultures associées traditionnelles multistratifiées : une technique biophysique empirique d'exploitation écologique et de protection de l'environnement (Montagnes de l'Ouest Cameroun), (2010)
- [42] - C. CHATEIL, I. GOLDRINGER, L. TARALLO, C. KERBIRIOU, I. LE VIOL, J.-F. PONGE, S. SALMON, S. GACHET, E. PORCHER, Crop genetic diversity benefits farmland biodiversity in cultivated fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 171 (2013) 25 - 32
- [43] - F. DUBS, A. VERGNES, E. MIRLICOURTOIS, I. LE VIOL, C. KERBIRIOU, J. GOULNIK, S. BELGHALI, L. BENTZE, S. BAROT, E. PORCHER, Weak and variable effects of wheat variety mixtures on aboveground arthropods under low-input farming. *Basic Appl. Ecol.*, 33 (2018) 66 - 78
- [44] - C. AMOSSE, M. H. JEUFFROY, C. DAVID, Relay intercropping of legume cover crops in organic winter wheat: Effects on performance and resource availability. *Field Crops Research*, 145 (2013) 78 - 87
- [45] - P. THIEBEAU, I. BADENHAUSSER, H. MEISS, V. BRETAGNOLLE, P. CARRERE, J. CHAGUE, A. DECOURTYE, T. MALEPLATE, S. MEDIENE, P. LECOMPTE, S. PLANTUREUX et F. VERTES, Contribution des légumineuses à la biodiversité des paysages ruraux. *Innovations Agronomiques*, 11 (2010) 187 - 204
- [46] - E. PELZER, L. BEDOUSSAC, G. CORRE-HELLOU, M. H. JEUFFROY, M. H. METIVIER et C. NAUDIN, Association de cultures annuelles combinant une légumineuse et une céréale : Retour d'expériences d'agriculteurs et analyses, *Innovations agronomiques*, 40 (2014) 73 - 91
- [47] - L. BEDOUSSAC, E.-P. JOURNET, H. HAUGGAARD-NIELSEN, C. NAUDIN, G. CORRE-HELLOU, E. S. JENSEN, L. PRIEUR, E. JUSTES, Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cerealgrain legume intercrops in organic farming. *A review. Agronomy for sustainable development*, 35 (3) (2015) 911 - 935
- [48] - AGROTRANSFERT, Caractérisation des associations de cultures protéagineux-céréales, Ressources et territoires, e-favreliere0agro-transfert.org France, (2016) 23 p.