

## Chapitre 10

---

# Impacts du karité sur les ressources du sol et la production d'une culture de maïs associée dans un parc agroforestier soudanien du Nord-Est du Bénin

CLERMONT-DAUPHIN C., SÉGUIE L., VELLUET C., DEGBÉ M.,  
COURNAC L. ET SEGHERI J.

**Résumé.** Les impacts des karités (*Vitellaria paradoxa*) sur les contenus du sol en eau, en nutriments et en carbone, ainsi que sur la production associée de maïs pluvial ont été évalués dans un parc agroforestier au Nord-Est du Bénin. Pour ce faire, les résultats des mesures sous houppier et hors houppier ont été comparés. Le rendement de la culture s'est révélé inférieur sous le houppier, malgré des conditions de fertilité et d'humidité du sol qui restaient favorables. Notre hypothèse est que cet effet négatif serait causé par la limitation par le houppier du rayonnement incident sur la culture. De plus, on a observé une contribution significative des arbres à l'enrichissement de la matière organique du sol sur l'ensemble du parc agroforestier. Cet effet positif de la présence des arbres pourrait se traduire par un impact bénéfique sur le rendement du maïs. Pour le vérifier, les rendements obtenus dans les conditions de cette étude devront être comparés aux résultats obtenus dans une situation témoin (sans arbres), toutes choses égales par ailleurs.

**Abstract.** The impacts of shea trees (*Vitellaria paradoxa*) on soil water, nutrients and carbon contents, and on the yield of the associated rainfed maize cultivation are assessed in a shea parkland in the North-East Benin. Measurements were made under and out of the tree crown covers. Maize yield was found lower under the crown cover than out, despite favourable conditions of soil fertility and moisture. Our assumption is that this difference may be due to the limitation by the crown cover of the incoming radiation toward the maize crop. In addition, the trees were found to have a significant contribution to the soil organic matter over the whole parkland. This favourable impact of the trees may have a positive effect on the associated maize yield at the parkland scale. To check this assumption, it will be necessary to compare our results on the maize yield to the one that will be obtained in a control situation (without trees), other things being equal.

## ►► Introduction

Depuis plusieurs siècles, les associations de karités (*Vitellaria paradoxa*) et de cultures annuelles sous forme de parcs agroforestiers dominent les surfaces cultivées de la bande soudanienne d'Afrique de l'Ouest. Ces arbres bénéficient de la protection des paysans en raison de l'intérêt économique local et international de leurs produits (Sallé *et al.*, 1991; Serpantié, 1996 et 2000). Ces parcs agroforestiers retiennent également de plus en plus l'attention de la recherche scientifique dans le but de préciser leurs performances écologiques et, en particulier, d'estimer les moyens d'obtenir durablement sur ces parcelles agroforestières des rendements plus élevés que les cultures pures, comme cela a été rapporté pour d'autres systèmes agroforestiers (Rao *et al.*, 1998; Ong et Leakey, 1999).

Quelques travaux concernent les systèmes à base de karités. Mais leurs résultats montrent des tendances parfois contradictoires en termes de performances agronomiques (Kater *et al.*, 1992; Kessler, 1992; Rao *et al.*, 1998; Boffa *et al.*, 2000; Bayala *et al.*, 2002; Bazié *et al.*, 2012). Il est donc nécessaire de mieux connaître les interactions entre les différentes composantes du système sol/arbre/culture annuelle, en considérant chaque ressource susceptible d'être impactée par la présence de l'arbre : l'eau, les nutriments et le rayonnement. Les impacts positifs ou négatifs des karités sur ces ressources peuvent être d'ampleur variable et dépendent des conditions pédoclimatiques et des exigences des cultures associées. La quantification de ces différents impacts est donc nécessaire pour optimiser la densité des arbres et leurs modes de gestion en fonction des meilleurs compromis entre les services et les disservices écosystémiques rendus par les arbres.

Le but de cette étude (financée dans le cadre du projet Safse IRD-Cirad) est d'évaluer les effets d'un peuplement de karités géré suivant les pratiques paysannes locales sur le stock de carbone et d'eau dans le sol, le statut nutritionnel de l'azote et le rendement du maïs, l'une des deux céréales (avec le sorgho) les plus couramment cultivées dans les parcs à karités de la région.

Deux hypothèses seront testées :

- la proximité des arbres favorise l'accumulation des ressources du sol (eau, carbone et nutriments);
- l'accumulation de ces ressources a un effet positif sur le rendement de la culture associée.

## ►► Matériels et méthodes

### Zone d'étude et dispositif expérimental

Le site d'étude est un parc à karités typique d'Afrique de l'Ouest. Il est situé dans le village de Gnogambi (1.801270°E - 9.741561°), commune de Djougou au nord-est du Bénin. Le sol de type ferrugineux à texture sablo-limoneuse dans l'horizon 0-30 cm est dominant dans la région. Le climat est de type soudano-guinéen, avec une pluviométrie moyenne de 1200 mm/an sur la période 1950-2005 (Seghieri *et al.*, 2009) concentrée en une seule saison des pluies d'avril à octobre. Le biotope d'origine du karité serait la

savane arborée ouverte et la forêt claire dans lesquelles l'essence est dominée au moins en hauteur par d'autres essences (Serpantié *et al.*, 1996). Le karité aurait été progressivement sélectionné au cours des soixante dernières années par les exploitants agricoles pour les produits (beurre) qu'ils en tirent. Aujourd'hui, les peuplements sont toujours maintenus à des densités telles qu'il n'y a pas de compétition pour les ressources avec les cultures associées. Dans le parc étudié, la distance entre arbres varie de 20 à 40 m. Les densités maximales ne dépassent donc pas 25 arbres/ha. Bien que le karité soit l'espèce majoritaire, on y retrouve aussi quelques pieds de néré (*Parkia biglobosa*) comme dans la plupart des parcs à karités. La circonférence du tronc de karité varie de 60 à 150 cm. En association avec le peuplement arboré, une culture annuelle vivrière pluviale mixte de maïs et de sorgho (en alternance dans chaque rang) est reconduite quasiment tous les ans. Après la récolte des céréales, les résidus de culture sont laissés sur place pour servir de fourrage pendant la saison sèche.

En 2014, le dispositif d'étude installé au début de la saison des pluies comprenait quatre pieds de karités. Cette taille d'échantillon a été retenue en référence par Bayala *et al.* (2016). Ils mettaient en évidence, avec un échantillon de même taille sur un parc à karités au Burkina Faso, un effet significatif de la distance à l'arbre sur les stocks de carbone des sols.

Les quatre arbres ont été classés en deux groupes en fonction de la circonférence des troncs :

- deux troncs étaient parmi les plus gros du parc (147 cm et 113 cm, circonférence mesurée à 1,30 m au-dessus du sol) ;
- deux troncs parmi les plus petits (80 cm et 66 cm).

Les observations ont été faites dans deux zones concentriques : sous le houppier à 3 m du tronc et hors houppier à 10 m du tronc.

## Observations et analyses effectuées

Les mesures et les observations effectuées dans ces deux zones ont porté sur les éléments chimiques, le stock du carbone dans le sol et son abondance en isotopes stables  $^{13}\text{C}$  et  $^{12}\text{C}$ , la succion en eau du sol, la teneur en azote d'un échantillon de pieds entiers de maïs au stade montaison, ainsi que sur le rendement grains et pailles du maïs et ses composantes à la récolte.

## Mesures des composantes chimiques du sol

Des échantillons composites du sol ont été prélevés sous le houppier et hors houppier à la tarière aux quatre points cardinaux de chaque zone concentrique et sur deux horizons (0-10 cm et 10-30 cm). Les analyses chimiques ont été effectuées par le Laboratoire mixte international, IESOL au Sénégal sur la plateforme Lama<sup>1</sup>. Le carbone et l'azote totaux ont été dosés par oxydation catalytique avec un analyseur élémentaire CHN (Flash EA1112 série, Thermofinnigan, France). Le phosphore total a été extrait par un mélange d'acide nitrique et chlorhydrique concentrés, le phosphore assimilable a été extrait au bicarbonate de sodium à pH = 8,5 (méthode

1. <http://lama.ird.sn/prestations/index.htm>.

Olsen), pour ces deux extractions, les ions phosphates libérés ont été dosés par colorimétrie (Dabin, 1967) à l'aide d'un analyseur en flux continu de type Technicon (Seal analytical, Royaume-Uni). Les bases échangeables ont été extraites à l'acétate d'ammonium et dosées par spectrophotométrie d'absorption atomique (Varian 220 FS).

Les mesures isotopiques ont été réalisées sur deux horizons (0-10 cm et 10-30 cm) exprimées sous la forme d'un rapport de l'isotope lourd ( $^{13}\text{C}$ ) sur l'isotope léger ( $^{12}\text{C}$ ). La signature  $^{13}\text{C}$  de chaque échantillon de sol a été calculée comme la différence entre ce rapport (Réch) et celui d'un standard international (Rref) et exprimé en pour mille (‰) :

$$^{13}\text{C} (\text{‰}) = (\text{Réch} - \text{Rref}) / \text{Rref} \times 1000$$

La signature  $^{13}\text{C}$  du sol a été utilisée comme indicateur de la contribution respective de l'arbre et de la culture annuelle au stock de carbone présent dans le sol. Cet indicateur s'appuie sur le fait que l'arbre ayant un fonctionnement photosynthétique en  $\text{C}_3$  a une signature  $^{13}\text{C}$  plus basse que les céréales qui ont une photosynthèse en  $\text{C}_4$ . En faisant l'hypothèse que la signature ne varie pas significativement avec la maturation de la matière organique, les proportions de carbone de chaque origine ont été calculées comme proposé par Balesdent *et al.* (1988) :

$$C_T = ( ^{13}\text{C}_t - ^{13}\text{C}_C ) / ( ^{13}\text{C}_T - ^{13}\text{C}_C );$$

$$C_C = ( ^{13}\text{C}_t - ^{13}\text{C}_T ) / ( ^{13}\text{C}_C - ^{13}\text{C}_T ).$$

$C_T$  et  $C_C$  sont respectivement les proportions de carbone du sol provenant de l'arbre (T) et de la culture (C);  $^{13}\text{C}_T$  signature isotopique de la biomasse de l'arbre;  $^{13}\text{C}_C$  signature isotopique de la biomasse de la culture;  $^{13}\text{C}_t$  signature isotopique du C du sol. Ces données ont été déterminées au laboratoire de biochimie et physiologie moléculaire des plantes de l'Inra à Montpellier.

## Mesure de la dynamique de l'eau dans le sol

Les succions en eau du sol sous le houppier et hors houppier ont été déterminées à partir d'un suivi tensiométrique entrepris d'avril 2014 à août 2015 au voisinage d'un des plus gros karités du champ (KG1). Deux forages de 4,5 m de profondeur et 6,5 cm de diamètre ont été réalisés (à l'aide d'une foreuse Stenuick pneumatique avec marteau fond de trou). Le premier forage est situé au voisinage du tronc, le second en dehors du houppier. Dans chaque forage, des tensiomètres automatiques (Campbell 229 Heat dissipation matric water potential sensor) ont été implantés à 10 profondeurs : 0,25; 0,50; 0,75; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4 m. Les données tensiométriques permettent de suivre les phases d'humectation-dessèchement du profil et de calculer les gradients de charge verticaux indicateurs de la direction ascendante ou descendante des flux hydriques. À proximité des profils tensiométriques, deux tubes d'accès de sonde à neutrons ont été implantés afin de mesurer les profils de la teneur en eau du sol. Un suivi neutronique a été réalisé de juin à fin octobre 2014.

## Mesures sur la culture de maïs

Le rendement en grains et en pailles du maïs et ses composantes à la récolte ont été mesurés sur une surface de 2 × 3 m sous le houppier et hors houppier (A et C). Les poids de grains et de pailles ont été obtenus après séchage au soleil.

Les teneurs en azote (N) ont été mesurées sur un échantillon de pieds entiers de maïs au stade montaison déplantés sur une placette de 2 × 3 m au niveau de chaque zone (A et C). Ces analyses ont également été réalisées sur la plateforme Lama par la méthode Kjeldahl pour l'azote, par absorption atomique pour les cations et par colorimétrie au Technicon après extraction à l'eau régale pour le phosphore total.

Les résultats ont permis de calculer l'indice de nutrition azotée de la culture au stade montaison. L'indice de nutrition azotée (INN) est le rapport de la teneur en azote mesurée sur la teneur en azote minimale nécessaire pour une croissance maximale. La nutrition azotée de la plante varie comme la valeur de l'INN. Une valeur INN = 1 indique que la nutrition azotée de la plante est optimale, alors qu'une valeur inférieure à 1 indique que la nutrition azotée est limitante pour la croissance de la culture. La teneur en azote minimale nécessaire pour une croissance optimale a été calculée à partir de l'équation proposée par Lemaire et Gastal (1997) en l'absence de facteur limitant :

$$N\% = 5,06 (W)^{-0,106}$$

où N est la teneur en azote de l'échantillon et W (en grammes) la biomasse végétative moyenne d'un pied à la date d'analyse.

## Analyses statistiques

Les caractéristiques chimiques des sols ont été évaluées par analyse de variance (Anova) intégrant les effets de trois facteurs : localisation dans l'horizon 0-10 ou 10-30 cm ; la circonférence du tronc, petit ou gros ; la distance du sol analysé au tronc du karité, 3 ou 10 m. Les interactions de ces facteurs pris deux à deux ont été également analysées.

Les rendements et les composantes du rendement du maïs ont été analysés par des analyses de variance intégrant les effets des facteurs « distance au tronc de l'arbre » et « circonférence du tronc » de l'arbre. Ces analyses ont été effectuées avec le logiciel Statistica.

## ►► Résultats et discussions

### Complexité des effets de l'arbre sur les caractéristiques physico-chimiques du sol

L'horizon 0-30 cm de sol se caractérise par une texture sablo-limoneuse (14 % de limon, 18 % de sable, 58 % de sable grossier et 9 % d'argile), une densité apparente de 1,76, un pH moyen de 5, ainsi qu'une CEC (capacité d'échange cationique) moyenne de 10 méq/100g. Les analyses de variances réalisées sur les caractéristiques chimiques du sol des horizons 0-10 et 10-30 montrent :

– un effet significatif de l'horizon de sol (0-10 ou 10-30 cm) sur les teneurs en N, C et P totaux, ainsi que sur P Olsen et la CEC. L'horizon 0-10 cm est généralement plus riche en matière organique et en éléments minéraux que l'horizon 10-30 cm (tab. 10.1). Ces résultats sont cohérents avec le fait que la matière organique est

**Tableau 10.1.** Analyse des variances (Anova) des effets des facteurs Horizon de sol, Circonférence du tronc de karité et leur interactions sur les caractéristiques chimiques des sols collectés au niveau de 4 arbres, et deux distances à l'arbre 3 m (A) et 10 m (C).

Horizon	Sources de variation	n	N total (%)	C total (%)	K (még %)	Mg (még %)	Ca (még %)	P Olsen (mg/kg)	P total (mg/kg)	<sup>13</sup> C
1. Horizon de sol	0-10 cm	8	0,15	1,93	0,60	1,34	3,28	31	235	-18,73
	10-30 cm	8	0,10	1,37	0,40	1,08	2,60	18	194	-18,53
	Probabilité		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	NS	< 0,05	< 0,05	NS
2. Distance	3 m du tronc (sous houppier)	8	0,12	1,65	0,50	1,20	3,17	27	210	-18,69
	6 m du tronc (en dehors)	8	0,13	1,65	0,48	1,27	2,70	22	216	-18,57
	Probabilité		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
3. Circonférence de l'arbre	Gros arbres (113 et 147 cm de circonférence du tronc)	8	0,13	1,65	0,63	1,28	3,25	25,75	204	-18,53
	Petits arbres (66 et 80 cm)	8	0,13	1,65	0,36	1,14	2,64	23,75	221	-18,71
	Probabilité		NS	NS	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS
Interactions (1×2, 1×3, 2×3)	Probabilité		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	2×3 (< 0,05)

Les prélèvements des échantillons de sol ont été effectués au début de la saison des pluies 2014 dans une parcelle d'agriculteur de Djougou, Nord du Bénin.

apportée essentiellement en surface et que le travail du sol à la houe reste très superficiel et n'entraîne donc pas un enfouissement important des matières organiques. Ces résultats sont conformes à ceux de Bayala *et al.* (2006) sur ces systèmes agroforestiers ; – un effet non significatif de la distance du prélèvement au tronc de l'arbre.

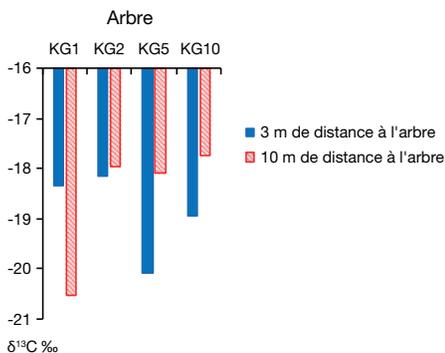
La signature  $\delta^{13}\text{C}$  des litières d'arbres s'élève en moyenne à  $-29\text{‰}$ , celle du maïs à  $-12\text{‰}$ . Le fumier des bovins présents sur les parcelles a une signature  $^{13}\text{C}$  de  $-19\text{‰}$ , donc intermédiaire. Le  $\delta^{13}\text{C}$  des sols s'élève en moyenne à  $-18\text{‰}$  et ne varie pas significativement en fonction de la distance à l'arbre (tab. 10.1). La contribution de la litière de l'arbre au stock de carbone du sol dans l'horizon 0-10 cm s'élève en moyenne à 40 % du stock total. L'hypothèse selon laquelle l'arbre favorise l'accumulation de carbone dans le sol semble donc se confirmer.

Les analyses de variance montrent cependant une interaction significative des facteurs « circonférence du tronc » et « distance au tronc de l'arbre » :

– pour les petits arbres, la signature  $\delta^{13}\text{C}$  du sol devient moins négative quand on s'éloigne de l'arbre, indiquant ainsi une contribution de l'arbre au stock de carbone du sol plus importante sous le houppier qu'en-dehors (fig. 10.1b) ;

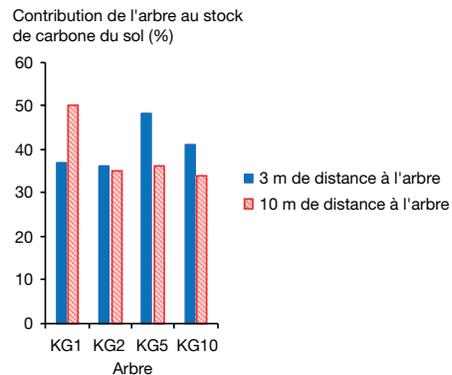
– pour les gros arbres, l'effet de la distance au tronc s'inverse ou s'annule (fig. 10.1a). En effet, la matière organique du sol sous le houppier paraît avoir la même signature que celle de la moyenne du parc. Sur un des deux pieds où cette mesure est effectuée, elle montre même, de manière apparemment paradoxale, une contribution de l'arbre moins importante sous son houppier que quand on s'en éloigne.

Nos résultats sont cohérents avec ceux de Picasso (1984) qui indique un effet favorable des grands arbres à des distances de plus de 15 m de leur tronc, en lien avec une dispersion aléatoire de leur litière. D'autres causes peuvent être évoquées pour expliquer les différences entre les petits et les gros arbres, mais elles restent à vérifier. Par exemple, l'hétérogénéité de la fertilisation organique à l'intérieur du parc agroforestier en est une, avec notamment la répartition du fumier du bétail, car les animaux se réfugient préférentiellement à l'ombre des gros arbres en saison sèche.



**Figure 10.1a.** Abondance naturelle en  $^{13}\text{C}$  ( $\delta^{13}\text{C}$  exprimé en ‰) de la couche 0-10 cm de sol.

Distances de 3 m et 10 m de 4 arbres de karité selon leur circonférence : KG1, 147 cm ; KG2, 113 cm ; KG5, 80 cm ; KG10, 66 cm.



**Figure 10.1b.** Contribution de l'arbre au stock de carbone du sol (en %).

Ici, la possibilité d'une répartition hétérogène de la matière organique stable du sol antérieure à la mise en culture et masquant un éventuel effet de la distance aux deux grands arbres échantillonnés est à tester également. Enfin, des variations micro-topographiques définissant des points d'accumulation préférentielle de la litière des arbres pourraient favoriser des contributions localement élevées de la biomasse arborée au carbone du sol à une certaine distance du tronc. Ces différentes hypothèses demandent à être testées dans des travaux ultérieurs.

## Effet des arbres sur les flux d'eau

### En saison des pluies

À proximité du seul arbre instrumenté, les mesures tensiométriques au cours de chaque saison des pluies de 2014 et 2015 indiquent une humidification plus tardive en profondeur (1,5 m et plus) et une teneur en eau moyenne moins élevée sous le houppier qu'en dehors du houppier (fig. 10.2).

Trois hypothèses sont avancées :

– **la nature du sous-sol.** L'analyse visuelle des échantillons indique dans l'horizon 2 à 4 m de profondeur un sol un peu moins argileux sous le houppier qu'en dehors du houppier, il est semblable plus en profondeur. Les mesures d'humidité neutronique (non présentées ici) montrent de manière homogène que jusqu'à 9 m de profondeur, le sol est moins humide sous le houppier qu'en dehors du houppier. Il ne semble donc pas possible d'attribuer les différences d'humidité observées à des différences pédologiques, même faibles ;

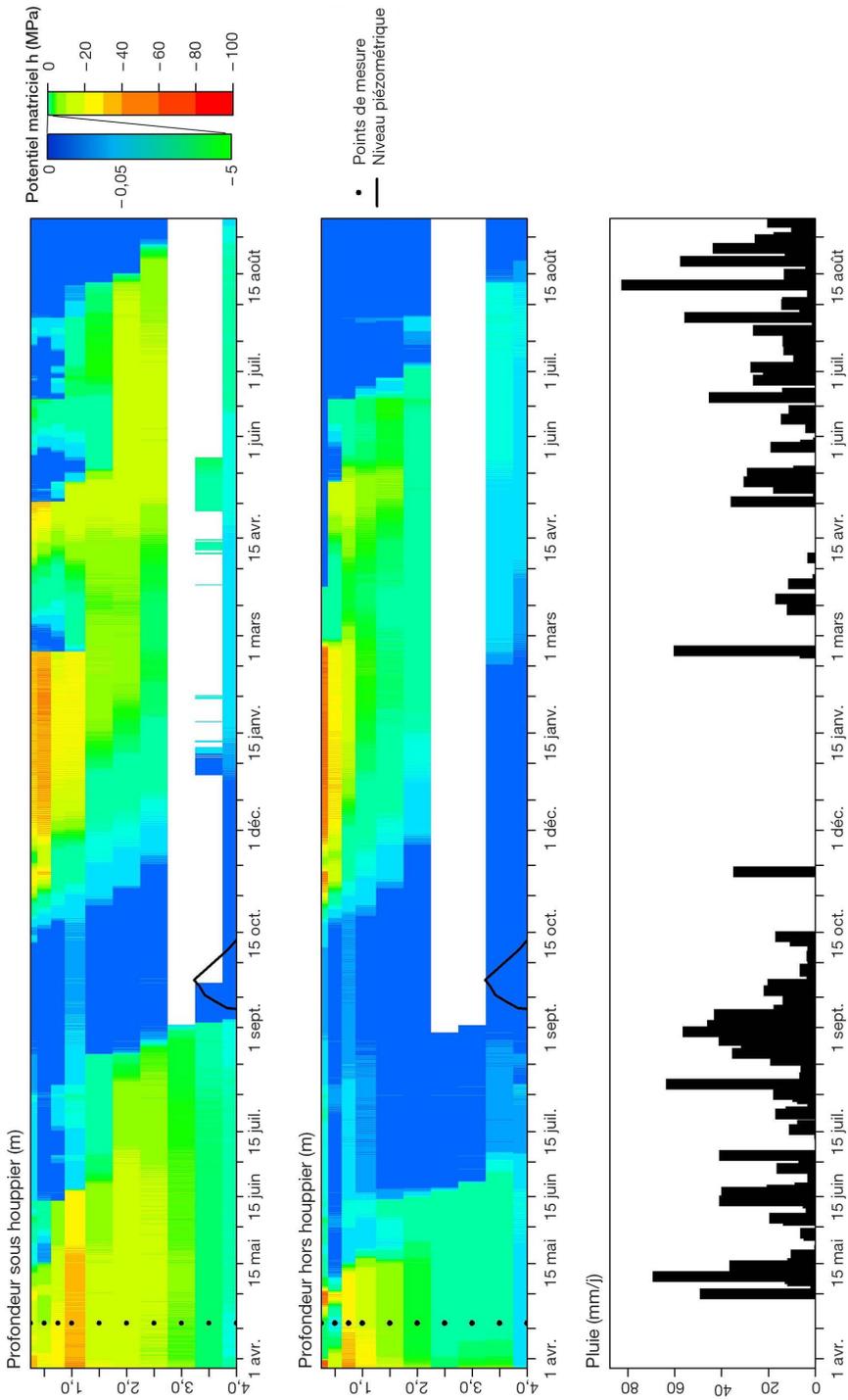
– **l'interception du feuillage.** D'après les mesures, l'humidité superficielle associée aux premières pluies des deux saisons des pluies étudiées est plus prononcée sous le houppier qu'en dehors du houppier (fig. 10.2). Le houppier semblerait donc avoir pour effet de concentrer l'eau de pluie ;

– **la reprise transpiratoire de l'arbre.** L'hypothèse la plus vraisemblable est donc que la diminution de l'humidité sous l'arbre, à partir de 2 m de profondeur, est attribuable à la reprise transpiratoire de l'arbre. Cette hypothèse est confirmée par les gradients de flux déduits des potentiels matriciels mesurés. Leur sens (gradient positif) indique une reprise de l'évapotranspiration dans l'horizon 2-4 m, sous l'arbre, d'avril à septembre 2014. En raison d'une défaillance matérielle des sondes, il n'y a pas de données disponibles en 2015.

En Afrique de l'Ouest, la littérature ne décrit pas de dispositif enregistrant le potentiel de l'eau dans le sol sur une aussi grande profondeur et pendant une aussi longue période que dans notre étude. Bayala *et al.* (2008a) ont placé des tensiomètres à proximité des karités dans l'horizon 0-1 m du sol pendant 3 mois après la saison des pluies : ils observent également des succions, bien que légèrement plus faibles que celles relevées dans notre étude.

### En saison sèche

En saison sèche, les horizons superficiels du sol sont plus secs hors houppier que sous le houppier en comparaison de la saison des pluies (décembre 2014 à



**Figure 10.2.** Potentiel matriciel sous le houppier (graphique supérieur), hors houppier (graphique du milieu) et pluie journalière du 27 mars 2014 au 9 septembre 2015, site de Gnogambi (1.801270°E- 9.741561°).

mi-mars 2015). Ce résultat confirme l'hypothèse d'un effet tampon du houppier sur les variations du microclimat (température et rayonnement incident). Par conséquent, il y a une limitation de l'évaporation des horizons superficiels du sol aux périodes chaudes et sèches grâce à une température et un rayonnement incident plus faibles sous le houppier.

## Conséquences sur la culture associée

En termes de services écosystémiques, en concentrant les pluies, l'arbre est susceptible de favoriser le démarrage de la croissance de la culture sous son houppier en début de saison des pluies, quand les ressources en eau ne sont pas encore reconstituées. L'effet de la reprise transpiratoire sur la baisse de l'humidité au-delà de 2 m de profondeur ne devrait pas avoir d'impact sur la culture associée, dont la zone racinaire est généralement plus superficielle (observation personnelle). Cependant, les relations arbre-culture sont multiples et complexes, comme le montrent les résultats complémentaires ci-dessous.

## Élaboration du rendement du maïs en fonction de la distance à l'arbre

Des différences significatives entre les deux positions considérées (hors houppier, sous houppier) apparaissent dès le début de la montaison dans la biomasse végétale de la culture de maïs. Celle-ci est de 60% plus faible sous le houppier (0,14 t/ha) (tab. 10.2) que hors du houppier (0,37 t/ha). Les différences de rendement en grains du maïs vont dans le même sens avec 2,2 t/ha hors houppier et 1 t/ha sous le houppier. Nos résultats ne montrent pas d'effet significatif de la circonférence de l'arbre sur ces deux variables.

Les relations entre le rendement en grains et le nombre de grains montrent que les différences de rendement en grains sont essentiellement liées aux nombres de grains plutôt qu'à leur poids qui reste stable entre les deux positions (différence non significative, tab. 10.2). Par conséquent, on peut en déduire que les différences de rendements ont leur origine avant ou pendant la période de floraison.

Découvrir les facteurs et processus en cause nécessite donc d'examiner cette phase en priorité. Les teneurs en azote (N) des plantes de maïs entières au stade de montaison s'élèvent à 2,48 sous le houppier et 2,34% hors houppier (SE = 0,14; n = 4; Pr > 0,05). Elles correspondent à un indice de nutrition azotée de 60% en moyenne. Les risques de manque d'eau étant faibles dans les horizons de surface sous le houppier, comme nos résultats l'ont montré ci-dessus, la réduction du rayonnement incident déjà évoquée pour expliquer une moindre évaporation en saison sèche pourrait également être limitante des rendements du maïs. Cette hypothèse est largement partagée dans la littérature (Picasso, 1984; Kater *et al.*, 1992; Kessler, 1992; Serpantié, 1996; Rao *et al.*, 1998; Boffa *et al.*, 2000; Bayala *et al.*, 2002; Bazié *et al.*, 2012; Saïdou *et al.*, 2012).

Nos observations et résultats montrent que le houppier a des impacts favorables sur les ressources du sol (eau, carbone, azote) dans la zone racinaire des céréales, et des impacts défavorables sur le rendement de la céréale associée, très probablement à

**Tableau 10.2.** Rendement en grains et en pailles et composantes du rendement du maïs sous le houppier et hors houppier du karité.

	En dehors du houppier	Sous le houppier	Degré de signification de la différence
Rendement (t/ha)	2,20	1,05	S
Nombre de pieds/m <sup>2</sup>	3	2	NS
Biomasse végétale début montaison (t/ha)	0,37	0,14	S
Biomasse végétale floraison (t/ha)	2,27	1,18	S
Nombre grains/épi	281	168	S
Nombre de grains/m <sup>2</sup>	220	105	S
Poids de 1000 grains (g)	243	274	NS

Chaque valeur est la moyenne de quatre répétitions. Degré de signification de la différence : non significatif-NS (p-value > 0,05), Significatif - S (p-value < 0,05).

cause d'une réduction trop intense du rayonnement incident (non mesuré dans cette étude). Un compromis entre ces impacts pourrait être recherché à l'aide de techniques de gestion adaptées. Par exemple, l'élagage des houppiers selon une certaine forme, l'ajustement des densités d'arbres et leur répartition sur la parcelle cultivée (Picasso, 1984; Bayala *et al.*, 2003 et 2008b) ou encore la sélection de variétés de céréales moins exigeantes en lumière sont des voies de recherches intéressantes.

L'impact des arbres-karités sur la production céréalière à l'échelle du parc résulterait alors du compromis entre les effets du houppier concentrés autour des arbres (effets négatifs sur le rayonnement, positifs sur l'eau) et les effets fertilisants de la litière des arbres dispersée sur l'ensemble du parc agroforestier. Pour tester cette dernière hypothèse, la comparaison avec une situation témoin (sans arbres) servant de référence serait nécessaire, toutes choses égales par ailleurs.

## ►► Conclusion

Nos résultats ont montré que :

- l'aire d'influence du karité varie en fonction des indicateurs considérés ;
- la présence des karités a des effets positifs ou négatifs en fonction des ressources considérées ;
- le rayonnement incident intercepté semble le facteur limitant le plus probable de l'élaboration du rendement des plants de la céréale associée situés sous le houppier. Cette hypothèse reste à vérifier en estimant le degré de signification des différences entre les valeurs de ce rayonnement mesuré sous le houppier et hors houppier.

La mise en œuvre de recherches appliquées pour optimiser les compromis entre les impacts positifs et négatifs de la présence des karités implique de tester différents modes de gestion des arbres et des cultures associées dans le cadre d'un réseau d'expérimentations couvrant l'ensemble du gradient pédoclimatique de l'aire de répartition du karité.

## ► Bibliographie

- Balesdent J., Wagner G.H., Mariotti A., 1988. Soil organic matter turnover in long-term field experiments as revealed by carbon-13 natural abundance. *Soil science society of american journal*, 52: 118-124.
- Bayala J., Balesdent J., Marol C., Zapata F., Teklehaimanot Z., Ouedraogo S.J., 2006. Relative contribution of trees and crops to soil carbon content in a parkland system in Burkina Faso using variations in natural <sup>13</sup>C abundance. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 76: 193-201.
- Bayala J., Heng L.K., van Noordwijk M., Ouedraogo S.J., 2008a. Hydraulic lift study in two native tree species of agroforestry parklands of West African dry savanna. *Acta oncologica*, 34: 370-378.
- Bayala J., Mando A., Ouédraogo S.J., Teklehaimanot Z., 2003. Managing *Parkia biglobosa* and *Vitellaria paradoxa* prunings for crop production and improved soil properties in the Sub-Saharan zone of Burkina Faso. *Arid land research and management*, 17: 283-296.
- Bayala J., Ouedraogo S.J., Teklehaimanot Z., 2008b. Rejuvenating indigenous trees in agroforestry parkland systems for better fruit production using crown pruning. *Agroforestry systems*, 72: 187-194.
- Bayala J., Teklehaimanot Z., Ouédraogo S.J., 2002. Millet production under pruned tree crowns in a parkland system in Burkina Faso. *Agroforestry systems*, 54: 203-214.
- Bazié H.R., Bayala J., Zombré G., Sanou J., Ilstedt U., 2012. Separating competition related factors limiting crop performance in an agroforestry parkland system in Burkina Faso. *Agroforestry systems*, 84: 377-388.
- Boffa J.M., Taonda S.J.B., Dickey J.B., Knudson D.M., 2000. Field-scale influence of karité (*Vitellaria paradoxa*) on sorghum production in the Sudan zone of Burkina Faso. *Agroforestry systems*, 49: 153-175.
- Dabin B., 1967. Application des dosages automatiques à l'analyse des sols. 3. *Cahiers de l'Orstom, série pédologie*, 5 : 257-286
- Kater L.J., Kante S., Budelman A., 1992. Karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) associated with crops in South Mali. *Agroforestry systems*, 18: 89-105.
- Kessler J.J., 1992. The influence of karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) trees on sorghum production in Burkina Faso. *Agroforestry systems*, 17: 97-118.
- Lemaire G., Gastal F., 1997. N uptake and distribution in plant canopies. In: *Diagnosis of the nitrogen status in crops*. G. Lemaire (ed.). Berlin: Springer Heidelberg. 3-43.
- Ong C.K., Leakey, R.R.B., 1999. Why tree-crop interactions in agroforestry appear at odds with tree-grass interactions in tropical savannahs. *Agroforestry systems*, 45: 109-129.
- Picasso C., 1984. Synthèse des résultats acquis en matière de recherche sur le karité au Burkina Faso de 1950 à 1958. Rapport de l'Institut de Recherche pour les Huiles et les Oléagineux. Paris : Irho-Cirad.
- Rao M.R., Nair P.K.R., Ong C.K., 1998. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforestry systems*, 38: 3-50.
- Saïdou A., Balogoun I., Kone B., Gnangle C.P., Aho N., 2012. Effet d'un système agroforestier à karité (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn) sur le sol et le potentiel de production du maïs (*Zea mays*) en zone Soudanienne du Bénin. *International journal of biological and chemical sciences*, 6 : 2066-2082.
- Sallé G., Boussim J., Raynald Roques A. *et al.*, 1991. Le karité : une richesse potentielle. Perspectives de recherche pour améliorer sa production. *Bois et forêts des tropiques*, 228 : 11-23.
- Seghieri J., Vescovo A., Padel K., Soubie R., Arjounin M., Boulain N., de Rosnay P., Galle S., Gosset M., Mouctar A.H., Peugeot C., Timouk F., 2009. Relationships between climate, soil moisture and phenology of the woody cover in two sites located along the West African latitudinal gradient. *Journal of hydrology*, 375(1-2) : 78-89.
- Serpantié G., 1996. La production de karité (*Butyrospermum paradoxum* Gaertn. F. Hepper) des parcs arborés de l'ouest du Burkina Faso. Effets de différents modes de gestion. In : Floret C. (ed.) *actes du colloque «La jachère, lieu de production»*, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 2-4 octobre 1996, Coraf, Union européenne, CNRST, Orstom, Ronéo, p. 73-80.

Serpantié G., Bayala J., Helmfrid S., Lamien N., 1996. Pratiques et enjeux de la culture du karité (*Butyrospermum paradoxum* Gaertn. F. Hepper) dans l'Ouest du Burkina Faso. In: Floret C. (ed.) *actes du colloque «La jachère, lieu de production»*, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 2-4 octobre 1996, 59-72.

Serpantié G., 2000. Artificialisation de deux ressources en zone soudanienne. In: Gillon Y., Chaboud C., Boutrais J., Mullon C., Weber J., (eds). *Du bon usage des ressources renouvelables*. Paris : Éditions IRD, 125-143.

## » Les auteurs

### **Clermont-Dauphin Cathy**

Cirad, IRD, Université Montpellier, Inra, Montpellier SupAgro UMR-Eco&Sols, Montpellier, France ;  
Laboratoire mixte international intensification écologique des sols cultivés en Afrique de l'Ouest (LMI IESOL), Campus IRD/Isra Bel-Air, Dakar, Sénégal  
cathy.clermont@ird.fr

### **Cournac Laurent**

Université de Montpellier, Cirad, Inra, IRD, Montpellier SupAgro UMR-Eco&Sols, Montpellier, France ;  
Laboratoire mixte international intensification écologique des sols cultivés en Afrique de l'Ouest (LMI IESOL), Campus IRD/Isra Bel-Air, Dakar, Sénégal  
laurent.cournac@ird.fr

### **Degbé Marc Erudy**

Université Abomey Calavi de Cotonou, PO Box 01 BP 526 Cotonou, Bénin  
merudyp3@gmail.com

### **Seghieri Josiane**

Université de Montpellier, CNRS, IRD, UMR-HydroSciences, Montpellier, France  
josiane.seghieri@ird.fr

### **Séguis Luc**

Université de Montpellier, CNRS, IRD, UMR-HydroSciences, Montpellier, France  
luc.seguis@umontpellier.fr,  
Luc.Seguis@univ-montp2.fr

### **Velluet Cécile**

Université de Montpellier, CNRS, IRD, UMR-HydroSciences, Montpellier, France  
cecile.velluet@gmail.com,  
cecile.velluet@inra.fr

# AGROFORESTERIE ET SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES EN ZONE TROPICALE

Josiane Seghieri et Jean-Michel Harmand, coordinateurs





# Agroforesterie et services écosystémiques en zone tropicale

Recherche de compromis  
entre services d'approvisionnement  
et autres services écosystémiques

Josiane Seghieri et Jean-Michel Harmand,  
coordinateurs

Éditions Quæ

## Collection Update Sciences & Technologies

Systèmes agraires et changement  
climatique au Sud

H. Cochet, O. Ducourtieux,  
N. Garambois, coord.

2018

Trente années d'observation  
des microalgues et des toxines  
d'algues sur le littoral

C. Belin, D. Soudan

2018

Stratégies des filières fromagères  
sous AOP en Europe

Modes de régulation

et performance économique

P. Jeanneaux

2018

Services écosystémiques

et protection des sols

Analyses juridiques

et éclairages agronomiques

C. Hermon, coord.

2018

Paroles de chercheurs

Environnement et interdisciplinarité

E. Brun, J.-F. Ponge, J.-C. Lefeuvre

2017, 124 p.

Démanteler les barrages

pour restaurer les cours d'eau

Controverses et représentations

R. Barraud, M.-A. Germaine, coord.

2017, 260 p.

Construire des politiques

alimentaires urbaines

Concepts et démarches

C. Brand, N. Bricas, D. Conaré,

B. Daviron, J. Debru, L. Michel,

C.-T. Soulard, coord.

2017, 160 p.

Éditions Quæ

RD 10, F-78026 Versailles Cedex

© Quæ, 2019

ISBN (Pdf) : 978-2-7592-3059-4

ISBN (ePub) : 978-2-7592-3060-0

Cet ouvrage est sous licence CC-by-NC-ND. Vous êtes autorisé à partager — copier, distribuer et communiquer le matériel par tous moyens et sous tous formats selon les conditions suivantes :

– attribution — Vous devez créditer l'œuvre et indiquer ces informations par tous les moyens raisonnables, sans toutefois suggérer que l'éditeur et l'auteur vous soutiennent ou soutiennent la façon dont vous avez utilisé l'œuvre.

– pas d'utilisation commerciale — Vous n'êtes pas autorisé à faire un usage commercial de cette œuvre, tout ou partie du matériel la composant.

– pas de modifications — Dans le cas où vous effectuez un remix, que vous transformez, ou créez à partir du matériel composant l'œuvre originale, vous n'êtes pas autorisé à distribuer ou mettre à disposition l'œuvre modifiée.

– pas de restrictions complémentaires — Vous n'êtes pas autorisé à appliquer des conditions légales ou des mesures techniques qui restreindraient légalement autrui à utiliser l'œuvre dans les conditions décrites par la licence.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr/>