

Effet du gradient climatique sur la transpiration des arbres dans les parcs agroforestiers au Burkina Faso (Afrique de l'Ouest)

Yacouba Noël COULIBALY^{1*}, Gérard ZOMBRE²

¹Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Station de recherches environnementales et agricoles de Farako-Bâ, 01 BP 910, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

²Université Ouaga 1 Pr Joseph Ki-Zerbo, École doctorale sciences et techniques, 03 BP 7021, Ouagadougou 03, Burkina Faso

*Auteur correspondant Email : yacoubacoulibaly2002@yahoo.fr

Submitted on 28th April 2022. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 31st July 2022
<https://doi.org/10.35759/JABs.175.6>

RESUME

Objectif : Les facteurs climatiques influencent la transpiration des arbres. L'objectif de cette recherche est de mesurer la transpiration de différentes espèces d'arbre suivant un gradient climatique dans les parcs agroforestiers et d'investiguer son impact potentiel sur des cultures en vue de formuler des recommandations de gestion des parcs agroforestiers.

Méthodologie et résultats : Les parcs agroforestiers à *Vitellaria paradoxa* et *Parkia biglobosa* en association avec *Sorghum bicolor* (L.) Moench situés dans trois zones agroécologiques sont étudiés. La méthode de ratio de chaleur et de flux de sève ont été utilisées pour mesurer la transpiration des arbres. Les rendements en grains en dessous du houppier ont été mesurés. La transpiration des arbres a augmenté avec la diminution de la précipitation et l'augmentation de la température, et est plus marquée chez *V. paradoxa*. Les rendements en grains du sorgho ont été modestement expliqués par la transpiration des arbres en fonction des espèces d'arbres.

Conclusion et application des connaissances : Les compétitions pour l'accès à l'eau dépendraient peu de la pluviométrie, mais plus de l'importance de l'évapotranspiration qui varie suivant les espèces d'arbres. L'application des options de gestion des arbres qui réduirait la transpiration des arbres permettrait d'améliorer la performance des cultures à travers une réduction de la compétition arbre-culture pour l'accès à l'eau dans les parcs agroforestiers

Mots clés : agroforesterie, changement climatique, température, précipitation

Climatic gradient effect on trees transpiration in agroforestry parklands in Burkina Faso (West Africa)

ABSTRACT

Objective: Climatic factors influence tree transpiration. The objective of this research is to measure the transpiration of different tree species along a climatic gradient in agroforestry parklands and to investigate its potential impact on crops in order to formulate agroforestry parklands management recommendations.

Methodology and results: Agroforestry parklands with *Vitellaria paradoxa* and *Parkia biglobosa* in association with *Sorghum bicolor* (L.) Moench located in three agroecological zones were studied. Heat ratio and sap flow methods were used to measure tree transpiration. Grain yields below the crown were measured. Tree transpiration increased with decreasing precipitation and increasing temperature, and is more pronounced in *V. paradoxa*. Grain yields of sorghum were modestly explained by tree transpiration depending on tree species.

Conclusion and application of results: Competition for water access was found to depend little on rainfall, but more on the amount of evapotranspiration, which varied among tree species. The application of tree management options that would reduce tree transpiration would improve crop performance by reducing tree-crop competition for water in agroforestry parklands.

INTRODUCTION

Les arbres et les cultures dans les parcs agroforestiers consomment plus d'eau que dans les systèmes agricoles sans arbres du fait de la transpiration additionnelle des arbres (Pattanayak, 2004). La transpiration des arbres est considérée comme le canal primaire de retour de l'eau dans l'atmosphère (Chapin *et al.*, 2002). Elle varie en fonction des caractéristiques dendrométriques, de la conductance stomatique, de l'espèce d'arbre, etc. En effet, il a été rapporté des différences de la consommation en eau chez *Eucalyptus grandis* en fonction de la taille des arbres (Wullschlegel *et al.*, 1998). La transpiration des arbres est également influencée par les propriétés physiques et chimiques des sols (Kozlowski, 1991). L'engorgement des sols en saison pluvieuse a entraîné un manque d'oxygène dans les sols provoquant l'asphyxie des racines et créant ainsi des réponses physiologiques de stress dont la fermeture des stomates avec comme conséquence une réduction de la transpiration des arbres (Sojka, 1992). Les précipitations et les températures affectent la transpiration des arbres. Des travaux de recherche ont rapporté des transpirations chez *Vitellaria paradoxa* (karité)

plus élevées en saison sèche ($0,73 \text{ L h}^{-1} \text{ dm}^{-2}$) qu'en saison humide ($0,53 \text{ L h}^{-1} \text{ dm}^{-2}$) au cours d'une même année (Bazié, 2013). La transpiration pendant trois années de mesure (2006, 2007 et 2008) du baobab (*Adansonia digitata*) ont respectivement été de $92,25 \text{ L h}^{-1}$, $61,25 \text{ L h}^{-1}$ et $99,06 \text{ L h}^{-1}$ et ont été plus élevées que celles du néré (*Parkia biglobosa*) dont les valeurs respectives sont de $12,93 \text{ L h}^{-1}$, $18,55 \text{ L h}^{-1}$ et $28,43 \text{ L h}^{-1}$ (Sanou, 2010) Ces variations de transpiration entre différentes années ou entre saisons au cours d'une même année ont été attribuées à la température et à la précipitation (Sanou, 2010 ; Bazié 2013). La transpiration additionnelle des arbres dans les parcs agroforestiers pourrait entraîner des compétitions arbre-culture pour l'accès à l'eau dans le sol. Très peu de travaux de recherche ont adressé l'effet de la transpiration des arbres sur la performance des cultures dans les parcs agroforestiers. L'objectif de cette recherche est de mesurer la transpiration de différentes espèces d'arbre suivant un gradient climatique dans les parcs agroforestiers et d'investiguer son impact potentiel sur des cultures en vue de formuler des recommandations de gestion des parcs.

MATERIEL ET METHODES

Description des sites : Les expérimentations de terrain ont été conduites sur trois sites différents suivant un gradient de précipitation: Tougouri situé à 13° 18' 59" de latitude Nord et -3° 12' 1" de longitude Ouest dans la zone Sahélienne (partie nord); Nobere situé à 11° 33' 29" de latitude Nord et -1° 12' 16" de longitude Ouest dans la zone de savanne Soudano-Sahélienne (partie centrale) et Sokouraba situé à 10° 51' 00" de latitude Nord et -5° 11' 00" de longitude Ouest dans la zone de savanne Soudano-Guinéenne (partie sud). Les sols sur

ces trois sites sont en général pauvres et ont des teneurs faibles en N, MO et P. De plus, ils sont faiblement acides avec une CEC faible (Tableau 1). La moyenne des précipitations et des températures (année 1980-2013) étaient de 557 mm et 26.6 °C à Tougouri respectivement, 859 mm et 25.7 °C à Nobere et 1061 mm et 25.1 °C à Sokouraba (DGM, 2013). La moyenne totale de précipitation était de 620, 775 et 927 mm, respectivement à Tougouri, Nobere et Sokouraba pendant la collecte des données.

Tableau 1 : Caractéristiques du sol sur les trois sites d'études représentant la partie nord (Tougouri), centrale (Nobere) et sud (Sokouraba) du Burkina Faso en Afrique de l'Ouest. Les valeurs sont la moyenne des premiers 50 cm du sol.

Paramètres	Tougouri	Nobere	Sokouraba
% argile	42,6	33,8	56,1
% limon	25	25,6	23,3
% sable	32,4	40,6	20,6
CEC (meq/100 g)	10,13	5,81	9,34
Matière organique (%)	0,43	0,39	1,05
Teneur en N (%)	0,03	0,02	0,07
Teneur en P-Bray (ppm)	2,2	9,56	5,38
pH	5,92	6,43	5,71

Dispositif expérimental : Les parcs agroforestiers étudiés sont constitués d'une association de *Sorghum bicolor* (L.) Moench (Sorgho) avec deux espèces d'arbres : *Parkia Biglobosa* (nééré) et *Vitellaria Paradoxa* (karité). Les caractéristiques dendrométriques des arbres retenus pour l'expérimentation sont

présentées dans le Tableau 2. Le sorgho a été cultivé en dessous du houppier des arbres. Ce dispositif a été répété trois fois pour chacune des espèces d'arbres sur chaque site pour les mesures de transpiration des arbres et des rendements du sorgho.

Tableau 2 : Caractéristiques dendrométriques des espèces d'arbres étudiées sur les sites de Tougouri, Nobéré et Sokouraba au Burkina Faso en Afrique de l'ouest

Sites	Espèces	Hauteur arbre (m)	Hauteur canopée (m)	Diamètre canopée (m)	Diamètre tronc (cm)
Tougouri	Karité	9,10±0,20	6,10±0,20	14,05±0,86	83,00±0,04
	Néré	10,25±0,75	7,25±0,75	11,00±1,30	38,00±0,02
Nobéré	Karité	9,54±0,37	4,04±0,37	11,84±0,43	53,00±0,02
	Néré	11,03±0,38	5,03±0,37	18,39±1,32	73,00±0,05
Sokouraba	Karité	7,20±0,60	4,22±0,57	10,00±0,60	30,00±0,04
	Néré	7,90±0,50	3,43±0,45	14,40±1,50	50,00±0,02

Collecte des données

Mesure de la transpiration des arbres : La méthode du ratio de chaleur, en anglais Heat Ratio Method (HRM), utilisant une unité centrale de type « SL5 Smart Logger » et décrite par Burgess *et al.* (2001) a été utilisée pour mesurer la transpiration de sur les sites de Tougouri et de Sokouraba. Elle est une modification de la Méthode Heat Pulse Velocity (Marshall, 1958). Le principe de cette méthode est d'insérer dans les tissus du xylème un senseur HRM 30 composé de 3 sondes : une sonde chauffante au milieu, une en bas et une autre en haut de la sonde chauffante qui contiennent des thermocouples. La longueur de chaque sonde est de 35 mm avec les deux paires de thermocouples situées à 7,5 et 22,5 mm. La sonde chauffante du milieu qui émet l'impulsion de chaleur, les thermocouples des deux sondes du haut et du bas détectent la

dispersion de l'impulsion de la chaleur, le tout intégré et commandé par un microprocesseur. En mesurant le rapport de chaleur transportée au niveau des deux capteurs de température placés symétriquement dans les tissus du xylème, l'amplitude et la direction du flux de sève peuvent être connues. Cette méthode mesure le rapport de l'augmentation de la température après l'envoi d'une pulsion de la chaleur, à des points équidistants en aval et en amont d'une sonde chauffante. A la fin de la période de mesure, les carottes de bois de chaque arbre ont été prélevées à l'aide d'une tarière Pressler et l'épaisseur de l'aubier (cm) a été déterminée sur la base de la couleur et de la translucidité des différentes parties des carottes. Par la suite la surface de l'aubier (Burgess *et al.*, 2001) a été estimée. La vitesse de propagation de la chaleur (V_h) en cm h^{-1} est calculée selon Marshall (1958).

$$V_h = \frac{k}{x} \ln \left(\frac{V_1}{V_2} \right) 3600$$

Equation 1

Où k est la diffusivité thermique de bois frais, x la distance entre la sonde chauffante et la sonde non chauffée (soit 5 mm dans notre cas), V_1 et V_2 sont les augmentations de température ($^{\circ}\text{C}$) enregistrées au niveau des thermocouples situés sur chaque sonde de température à équidistance en aval et en amont de la sonde chauffante. Comme l'insertion des sondes engendre des blessures au niveau des vaisseaux conducteurs, on corrige l'effet de ces blessures sur la vitesse du flux de chaleur en utilisant un modèle numérique développé dans l'équation 2 par Burgess *et al.* (2001).

$$V_c = aV_h + bV_h^2 + cV_h^3$$

Équation 2

Avec a , b et c qui sont des coefficients dérivés à partir de l'analyse numérique de l'effet des blessures sur la vitesse du flux de la chaleur V_h en variant la largeur des blessures. Dans notre cas, b et c sont nuls et a est égal à 1,8568 correspondant à une blessure de 0,19 cm. La vitesse corrigée V_c est ensuite convertie en vitesse de la sève par l'équation suivante (Barret *et al.*, 1995).

$$V_s = \frac{V_{cpb}(C_w + mC_s)}{\rho s C_s} \quad \text{Equation 3}$$

Où C_w et C_s sont les chaleurs spécifiques du bois sec ($1200 \text{ J Kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ à 20°C), (Becker et Edwards, 1999) et de la sève (supposée égale à celle de l'eau soit $4182 \text{ J kg}^{-1}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ à 20°C), et ρb est la densité de la sève (supposée égale à celle de l'eau, $1,0 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$).

Pour notre étude, 4 senseurs de type HRM30 ont été installés sur chaque arbre selon les directions Est, Ouest, Nord et Sud. Les mesures ont été faites sur 3 pieds de karité d'abord et ensuite sur 3 pieds de néré sur les sites de Tougouri et de Sokouraba. Les senseurs HRM30 ont été insérés au niveau du tronc des arbres à une hauteur de 1,30 m après avoir pris le soin d'enlever l'écorce tout en gardant le cambium intact. Les différents senseurs ont été insérés dans le tronc de l'arbre à l'aide d'une perceuse électrique munie de mèche de 75 mm de long et de 1,35 mm de diamètre. L'aire totale du bois a été calculée en soustrayant l'épaisseur de l'écorce du rayon total du tronc à 1,30 m. La profondeur du cœur du bois, visuellement identifiable par sa couleur sombre sur les échantillons de carotte, a été utilisée pour calculer la surface du cœur du bois. Cela a été ensuite soustrait de l'aire totale du bois pour estimer la superficie de l'aubier de chaque arbre. L'aire de l'aubier a ensuite été divisée en deux bandes concentriques coïncidant avec la profondeur dans l'aubier de chaque jonction du thermocouple dans les sondes (7,5 mm et 22,5 mm). Après correction due aux blessures de l'insertion du senseur, chaque bande concentrique (cm^2) de l'aire de l'aubier a été multipliée par la vitesse du flux de sève ($\text{cm}^2 \text{ h}^{-1}$) correspondant à la position des thermocouples. Ces deux valeurs additionnées donnent la transpiration ($\text{cm}^3 \text{ h}^{-1}$ ou L h^{-1}). Cette valeur a ensuite été divisée par l'aire totale de l'aubier de chaque individu pour avoir la quantité de flux de sève qui passe par unité de volume de l'aubier ($\text{L h}^{-1}\text{dm}^{-2}$) qui a été utilisée pour les analyses statistiques. La transpiration journalière par arbre a été calculée en faisant la somme de transpiration des 24 heures de mesure. Les mesures de flux

de sève des deux premiers jours de chaque arbre ont été supprimées pour éviter les erreurs dues au traumatisme lors de l'installation des senseurs. Également, les données erronées de vitesse du flux de sève non comprises entre -20 et 100 cm h^{-1} ont été supprimées ainsi que les codes erreurs. A Nobéré la transpiration des arbres a été estimée à travers le flux de sève (SF) en utilisant le Thermal Dissipation Probes (TDP). TDP est un senseur amélioré de dissipation de chaleur, qui mesure la différence de température (dT) entre une sonde chauffée insérée dans l'aubier de l'arbre et une autre sonde à la température de l'aubier située en dessous (Granier, 1987). La différence de température est utilisée pour calculer la densité de flux de sève (SFD, $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) en utilisant l'équation 4 proposée par Granier (1987). Finalement, le flux de sève ($\text{cm}^3 \text{ s}^{-1}$) est calculé en multipliant la densité de flux de sève par la surface de l'aubier (cm^2) au point de l'insertion de la sonde chauffante (Granier, 1987) comme indiqué dans l'équation 5. Trois points d'installation ont été préparés à 60° d'angle d'intervalle autour du tronc de chaque arbre et à 1,30 m au-dessus du sol. Les sondes TDP de 8 cm ont été introduites dans le tronc. Les lectures ont été prises à des intervalles d'une minute et une moyenne de 30 mn a été enregistrée dans le logger. Les mesures sur chaque arbre ont été suivies pendant 96 heures. Pour estimer le flux thermique naturel survenant le matin et à midi, les mesures du premier jour des 4 jours ont été faites sans fourniture de chaleur. Pendant les 3 jours suivants, l'énergie a été fournie. Les données pour ces trois jours ont été corrigées en soustrayant d'elles la valeur de la première mesure qui était due au flux thermique naturel (Bayala *et al.*, 2002). Les mesures ont été faites sur 3 pieds de karité et 3 pieds de néré.

$$\text{SFD} = 119 \times 10^{-6} (\text{dT}_{\text{max}} - \text{dT})^{1,231} / \text{dT}$$

Equation 4

Où SFD = densité de flux de sève, dT_{max} = différence de température quand il n'y a pas de flux (SFD=0), dT = différence de température

$$\text{SF} = \text{SFD} \times \text{S}_A$$

Equation 5

Où SF = flux de sève et S_A = surface de l'aubier

Des carottes ont été extraites du tronc des 3 pieds de karité et 3 pieds de néré en utilisant une tarière Pressler à la fin de la mesure. L'épaisseur et l'aire de l'aubier ont été ensuite estimées suivant la même procédure que celle utilisée sur les sites de Tougouri et de Sokouraba. Un dispositif différent de mesure de la transpiration des arbres a été utilisé certes sur le site de Nobéré, mais son principe de fonctionnement est le même que celui utilisé sur les sites de Tougouri et de Sokouraba c'est-à-dire basé sur la différence de température. L'utilisation de dispositifs différents sur les sites s'explique par un problème de disponibilité d'équipements : en effet l'équipement utilisé sur le site de Nobéré était déjà disponible et celui utilisé sur les sites de Tougouri et de Sokouraba a été nouvellement acquis.

Mésure du rendement en grains du sorgho : Les rendements ont été estimés en dessous du houppier des arbres. Pour le calcul des

rendements, tous les épis de sorgho à maturité physiologique ont été récoltés, séchés, pillés, vannés puis pesés en utilisant une balance. Le poids total de grains a été divisé par la surface de la zone de culture sous houppier afin d'obtenir le rendement en grains par unité de surface en ha.

Analyse statistique : Les effets site, espèce ainsi que leurs interactions sur la transpiration de *V. paradoxa* et de *P. biglobosa* exprimée en $\text{L h}^{-1} \text{dm}^{-2}$ ont été analysés en utilisant ANOVA à l'aide du logiciel XLSTAT. Lorsque les différences entre les moyennes ont été significatives, les moyennes ont été séparées par le test de Student-Newman Keuls au seuil de 5%. La régression simple a été utilisée pour estimer la relation entre la transpiration des deux espèces sur les sites confondus et de toutes les espèces d'arbre sur chaque site (exprimée en L j^{-1}) et le rendement en grains de *S. bicolor*.

RESULTATS

L'effet du gradient climatique sur la transpiration des arbres : L'analyse de variance a montré une interaction hautement significative ($P < 0.001$) entre le facteur site et le facteur espèce pour la transpiration des arbres. La transpiration de *V. paradoxa* a été plus élevée sur le site de Tougouri ($0,530 \pm 0,035 \text{ L h}^{-1} \text{dm}^{-2}$) comparée à celle du site de Nobéré ($0,276 \pm 0,011 \text{ L h}^{-1} \text{dm}^{-2}$). La transpiration de *P. biglobosa* a été la plus faible à Sokouraba ($0,191 \pm 0,02 \text{ L h}^{-1} \text{dm}^{-2}$) comparée à celle du site de Nobéré ($0,378 \pm$

$0,021 \text{ L h}^{-1} \text{dm}^{-2}$) et de Tougouri ($0,345 \pm 0,026 \text{ L h}^{-1} \text{dm}^{-2}$) qui elles n'ont pas différencié statistiquement. Sur le site de Tougouri la transpiration de *V. paradoxa* a été plus élevée que celle de *P. biglobosa* par contre sur le site de Nobéré la transpiration de *P. biglobosa* a été plus élevée que celle de *V. paradoxa* (Figure 1). Les données de transpiration de *V. paradoxa* à Sokouraba n'ont pas pu être incluses dans les analyses parce qu'elles étaient aberrantes (corrompues).

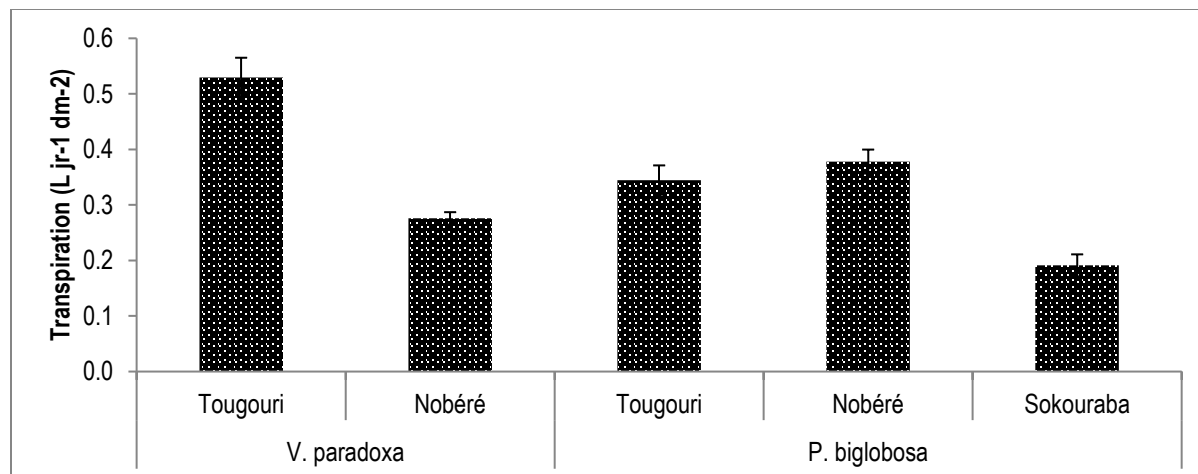


Figure 1 : Transpiration de *Vitellaria paradoxa* sur les sites de Tougouri et de Nobéré et de *Parkia biglobosa* sur les sites de Tougouri, Nobéré et Sokouraba ($L h^{-1} dm^{-2}$) au Burkina Faso en Afrique de l'ouest

De façon générale, *P. biglobosa* a transpiré en moyenne par jour $117,26 \pm 15,45$ L, $384,68 \pm 21,96$ L et $155,85 \pm 11,91$ L respectivement sur les sites de Sokouraba, Nobéré et Tougouri. *V. paradoxa* quant à lui a transpiré en moyenne par jour $498,75 \pm 20,27$ L et $619,52 \pm 41,34$ L respectivement sur les sites de Nobéré et de Tougouri.

La régression simple entre la transpiration des arbres et le rendement en grains du sorgho

Les résultats de la régression simple entre la transpiration des arbres et le rendement en grains de *S. bicolor* sur les sites de Tougouri (13%), Nobéré (0%) et Sokouraba (12%) montrent que la part expliquée par la transpiration est faible (Figure 2). Pour tous les sites confondus, les coefficients de la relation atteignent 27% pour *V. paradoxa* et 21% pour *P. biglobosa* (Figure 3) ce qui reste encore modeste.

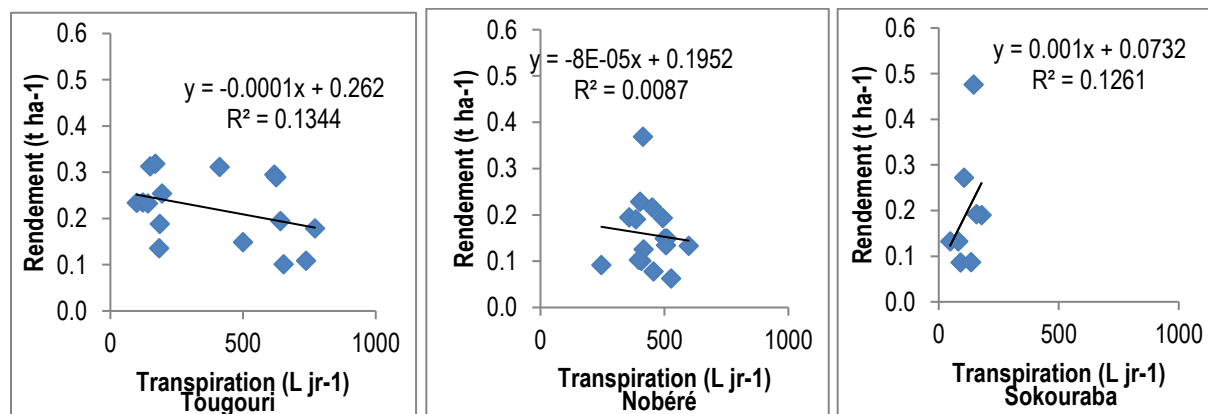


Figure 2 : Régression entre la transpiration des arbres (*Parkia biglobosa* et *Vitellaria paradoxa*) et le rendement de *Sorghum bicolor* sur les sites de Tougouri, Nobéré et Sokouraba au Burkina Faso en Afrique de l'ouest

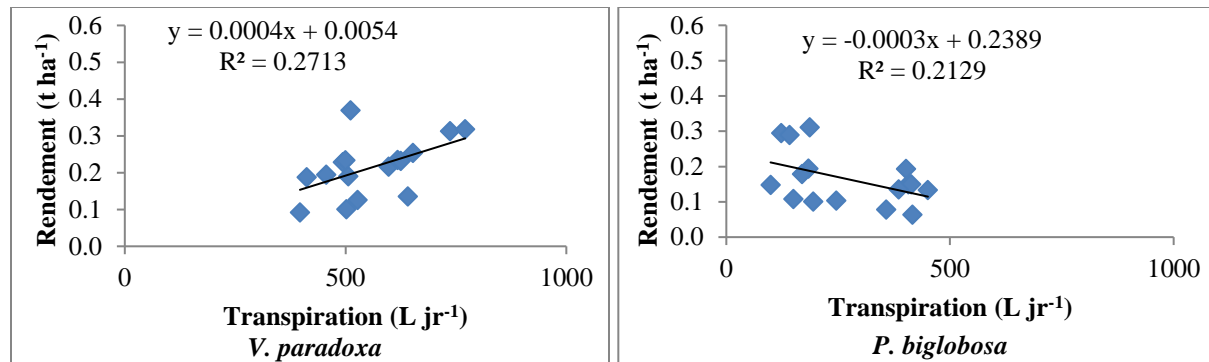


Figure 3 : Régression entre la transpiration de *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa* et le rendement de *Sorghum bicolor* sur les sites confondus de Tougouri, Nobéré et Sokouraba au Burkina Faso en Afrique de l'ouest

DISCUSSION

L'effet du gradient climatique sur la transpiration des arbres : Le flux de sève de *V. paradoxa* est plus élevé sur le site de Tougouri comparé à celui obtenu sur le site de Nobéré, de même sur le site de Tougouri la transpiration de *V. paradoxa* est plus élevée que celle de *P. biglobosa*. Le flux de sève de *P. biglobosa* est plus élevé sur les sites de Nobéré et de Tougouri moins humides comparé à celui obtenu sur le site de Sokouraba, et sur le site de Nobéré la transpiration de *P. biglobosa* est plus élevée que celle de *V. paradoxa*. Le gradient d'aridité a entraîné donc une augmentation de la transpiration chez les deux espèces d'arbres. Ces résultats sont en accord avec ceux de Bazié (2013) qui a rapporté des valeurs de flux de sève chez *V. paradoxa* plus élevées en saison sèche qu'en saison humide. L'augmentation de la température associée au gradient d'aridité en allant du site de Sokouraba plus humide situé en zone soudanienne vers le site de Tougouri plus sec situé en zone sahélienne expliquerait l'augmentation de la transpiration chez *V. paradoxa* et *P. biglobosa*. Plusieurs auteurs ont rapporté que la température de l'air est l'une des variables climatiques, en plus de déficit de vapeur de pression, qui affecte le plus la transpiration (Ewers *et al.*, 2002 ; Pataki et Oren, 2003 ; Phillips *et al.*, 2010 ; Wang *et al.*, 2012). En effet, la température affecterait la transpiration des arbres à travers l'activité

photosynthétique qui devient importante lorsque celle-ci est élevée (McDowell *et al.*, 2008). Bayala *et al.* (2004) ont rapporté que les racines fines de *V. paradoxa* se concentrent dans les 20 premiers cm de sol ; donc l'aptitude de *V. paradoxa* à transpirer des quantités d'eau importantes dans des environnements secs pourrait s'expliquer par la capacité de l'espèce à développer des racines en profondeur en cas de déficit hydrique pour accéder aux ressources en eaux des couches profondes du sol. Il s'agit d'un mécanisme d'adaptation à la sécheresse. Il faut cependant noter que le développement en profondeur des racines n'est pas toujours le meilleur mécanisme d'adaptation à la sécheresse des plantes. Les caractéristiques racinaires d'adaptation à la sécheresse dépendent étroitement de l'allure de la pluviométrie et des caractéristiques hydrodynamiques du sol dans une zone à déficit hydrique potentiel. Lorsque le sol est léger et est à forte capacité de drainage avec des pluies espacées et intenses, le système racinaire le mieux approprié doit être profond et dense sur tout le profil ce qui permet de réduire les pertes en eau par drainage au niveau du front racinaire (Dione, 1991). Par contre lorsque les pluies sont fréquentes et sont de faible intensité, un système racinaire peu profond et dense en surface permet d'améliorer l'absorption hydrique à travers la réduction des pertes en eau par évaporation dans les horizons

superficiels (Dione, 1991). Les mesures des caractéristiques dendrométriques des arbres (tableau 1) montrent que le diamètre de la canopée et du tronc à hauteur de poitrine de *V. paradoxa* sur le site de Tougouri (respectivement $14,05 \pm 0,86$ m et $83,00 \pm 0,04$ cm) ont été plus élevés que le diamètre de la canopée et du tronc à hauteur de poitrine de la même espèce sur le site de Nobéré (respectivement $11,84 \pm 0,43$ m et $53,00 \pm 0,02$). De même, le diamètre de la canopée de *P. biglobosa* à Nobéré ($18,39 \pm 1,32$ m) a été plus élevé que celui obtenu pour la même espèce sur le site de Tougouri ($11,00 \pm 1,30$ m) et de Sokouraba ($14,40 \pm 1,50$ m). La taille plus élevée de *V. paradoxa* sur le site de Tougouri et de *P. biglobosa* sur le site de Nobéré pourrait expliquer les transpirations plus élevées de ces espèces sur ces sites. Cette différence de taille expliquerait également les transpirations plus élevées de *V. paradoxa* comparées à celles de *P. biglobosa* sur le site de Tougouri et les

transpirations plus élevées de *P. biglobosa* comparées à celles de *V. paradoxa* sur le site de Nobéré. En effet, Wullschleger *et al.* (1998) ont rapporté des transpirations plus importantes chez *Eucalyptus grandis* lorsque la taille augmente.

La régression simple entre la transpiration des arbres et le rendement du sorgho : La part des rendements en grains de *S. bicolor* expliquée par la transpiration des arbres sur les trois sites est faible, même sur le site de Tougouri où les transpirations les plus élevées ont été obtenues. Aussi, pour tous les sites confondus, la part de rendement en grains de *S. bicolor* expliquée par la transpiration de *V. paradoxa* et *P. biglobosa* reste encore modeste. Cela s'expliquerait d'une part par le nombre réduit de points ayant servi à établir la régression et d'autre part par le fait que l'eau transpirée par les arbres provient des horizons profonds de sol.

CONCLUSION ET APPLICATION DES RÉSULTATS

L'étude de l'effet du gradient climatique sur la transpiration de deux espèces d'arbres (*V. paradoxa* et *P. biglobosa*) révèle que le gradient d'aridité augmente la transpiration des arbres chez toutes les deux espèces. La transpiration de *V. paradoxa* a été plus élevée que celle de *P. biglobosa* à Tougouri et la transpiration de *V. paradoxa* a été plus faible que celle de *P. biglobosa* à Nobéré. La part de rendements en grains de *S. bicolor* expliquée par la transpiration des arbres sur les sites est très faible et celle expliquée par la transpiration

des espèces d'arbre sur tous les sites confondus reste modeste. Les compétitions pour l'accès à l'eau dépendraient peu de la pluviométrie, mais plus de l'importance de l'évapotranspiration qui varie suivant les espèces d'arbre. L'amélioration de la performance des cultures à travers une réduction de la compétition arbre-culture pour l'accès à l'eau dans les parcs agroforestiers dépendraient des options de gestion des arbres qui réduiraient la transpiration des arbres.

REMERCIEMENTS

Nous voudrions remercier les producteurs pour leur disponibilité pendant la collecte des données sur le terrain. Nous remercions les techniciens et les collaborateurs pour l'appui à la collecte des données de terrain.

REFERENCES

Barret DJ, Hatton TJ, Ash JE, Ball MC. 1995. Evaluation of the heat pulse velocity technique for measurement of sap flow

in rainforest and eucalypt forest species of south eastern Australia. *Plant, Cell and Environment* **18**: 463-469

- Bayala J, Teklehaimanot Z, Ouédraogo SJ. 2002. Millet production under pruned tree crowns in a parkland system in Burkina Faso. *Agroforestry Systems* **54**: 203-214
- Bayala J, Teklehaimanot Z, Ouédraogo SJ. 2004. Fine root distribution of pruned trees and associated crops in parkland system in Burkina Faso. *Agroforestry Systems* **60**: 13-26.
- Bazié HR. 2013. Interactions arbres-cultures et rôles des parcs agroforestiers à *Vitellaria paradoxa* sur les paramètres du bilan hydrique au Burkina Faso. Thèse de doctorat, université de Ouagadougou, 147p.
- Burgess SSO, Adams MA, Turner NC, Beverly CR, Ong CK, Khan AAH, Bleby TM, 2001. An improved heat pulse method to measure low and reverse rates of sap flow in woody plants. *Tree Physiology* **21**: 589-598.
- Chapin FS, Maston PA, Mooney HA, Chapin MC. 2002. Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer-Verlag, New York 472p.
- Dione A. 1991. Etude de la croissance racinaire de l'arachide. Mémoire de DEA de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, 45p
- Direction Générale de la Météorologie du Burkina Faso. 2013. Base de données climatiques du Burkina Faso, Ouagadougou, Burkina Faso
- Ewers BE, Mackay DS, Gower ST, Ahl DE, Burrows SN, Samanta SS. 2002. Tree species effects on stand transpiration in northern Wisconsin. *Water Resources Research* **38**: 1-11.
- Granier A. 1987. Evaluation of transpiration in Douglas-fir stand by means of sap flow measurements. *Tree Physiology* **3**: 309-320.
- Kozlowski TT, Kramer PJ, Pallardy SG. 1991. The physiological Ecological of woody plants. Academic press, San Diego. 390 p.
- Marshall D.C. 1958. Measurement of sap flow in conifers by heat transport. *Plant Physiology* **33**: 385-396
- McDowell N, Pockman WT, Allen CD, *et al.* 2008. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? *New Phytology* **178**:719–739.
- Pataki DE, Oren R. 2003. Species differences in stomatal control of water loss at the canopy scale in a mature bottomland deciduous forest. *Advances in Water Resources* **26**: 1267-1278.
- Pattanayak SK. 2004. Valuing watershed services: concepts and empirics from southeast Asia. *Ecosystems and Environment* **104**: 171–184.
- Phillips NG, Lewis JD, Logan BA, Tissue DT. 2010. Inter- and intra-specific variation in nocturnal water transport in *Eucalyptus*. *Tree Physiology* **30**: 586-596.
- Sanou J. 2010. Optimizing the productivity of agroforestry parklands systems in West Africa using shade-tolerant annual crops. PhD Thesis, Bangor University, United Kingdom, 209p.
- Sojka RE. 1992. Stomatal closure in oxygen-stressed plants. *Soil Sciences* **154**: 269-280.
- Wang H, Zhao P, Holscher D, Wang Q, Lu P, Cai XA, Zeng XP. 2012. Nighttime sap flow of *Acacia mangium* and its implications for night time transpiration and stem water storage. *Journal of plant Ecology* **5** (3): 294-304
- Wullschlegel SD, Meinzer FC, Vertessy RA. 1998. A review of whole-plant water use studies in trees. *Tree Physiology* **18**: 499-512.