



1

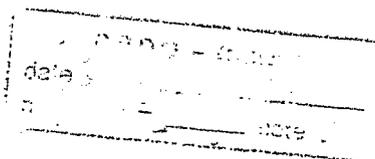
IV^e Congrès International des Terres de Parcours
Montpellier-France, du 22 au 26 avril 1991



Bilan d'eau d'une steppe à *Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne ssp. *raddiana*
(Savi) Brenan et *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. (Nord du Sénégal).

Jerzy NIZINSKI et Michel GROUZIS

Laboratoire d'Ecologie Végétale
ORSTOM
Boîte Postale 1386
Dakar - Sénégal



010015855

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: B * 15855 Ex: 1

Résumé

Bilan d'eau d'une steppe à *Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne ssp. *raddiana* (Savi) Brenan et à *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., (Nord du Sénégal)

Jerzy NIZIŃSKI et Michel GROUZIS

Ecologie Végétale, ORSTOM, B.P.1386, Dakar - Sénégal

Cette étude s'insère dans un programme concernant les interactions entre arbres et herbes en milieu sahélien (nord du Sénégal, Afrique). Les précipitations incidentes (P_i), les précipitations au sol (pluviomètres), l'écoulement le long des troncs (gouttières), et le contenu en eau du sol (sonde à neutron) sont mesurés; l'évapotranspiration réelle (ETR) est déduite par la méthode du bilan d'eau.

Les espèces ligneuses et herbacées sciaphiles ont une ETR supérieure à celle des seules espèces herbacées, soit pour la période du 9 août au 21 septembre 1989 ($P_i=155.6$ mm) respectivement 4.47 mm.j⁻¹ et 3.31 mm.j⁻¹ (pour une profondeur de sol de 475 cm).

Lors de la période des pluies, la consommation en eau des espèces arborescentes et herbacées dans les premiers 60 cm de sol est similaire ($3.25-3.44$ et 3.29 mm.j⁻¹) puis au fur et à mesure du dessèchement du sol, ce sont les graminées qui utilisent préférentiellement l'eau de ces premiers 60 cm de sol (2.01 et $1.72-1.50$ mm.j⁻¹), avec pour les périodes du 24 septembre au 2 novembre 1989 ($P_i=3.7$ mm) et du 3 novembre 1989 au 17 janvier 1990 ($P_i=1.9$ mm) une consommation double de celle des espèces arborescentes (respectivement 0.44 et 0.21 (herbacées), pour *Acacia* et *Balanites* $0.23-0.26$ et $0.10-0.13$ mm.j⁻¹); les espèces arborescentes utilisent alors l'eau de la zone située au-delà de ces 60 premiers cm.

Mots-clés: bilan d'eau, évapotranspiration réelle, steppe, *Acacia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*

Summary

Soil-water balance in a steppe with *Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne ssp. *raddiana* (Savi) Brenan and *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. (North Senegal).

Jerzy NIZINSKI and Michel GROUZIS

Ecologie Végétale, ORSTOM, B.P.1386, Dakar - Sénégal

The present study is part of an investigation on interactions between trees and grasses, carried out in a steppe with *Acacia tortilis* and *Balanites aegyptiaca* stand in the North of Senegal (Africa). Gross precipitations (P_i), throughfall (rain gauges), stemflow (stemflow collar) and soil-water content were measured (neutron probe); actual evapotranspiration (ETR) was derived by the water balance method.

The actual evapotranspiration of trees for the period from the 9th of August to the 21^d of September 1989 ($P_i=155.6$ mm) were of 4.47 mm.d^{-1} while those of grass were of 3.31 mm.d^{-1} (for 475 cm of root zone). During this season the soil-water consumption in the first 60 cm of soil was similar for trees and grass ($3.25-3.44$ and 3.29 mm.d^{-1}); after as the soil-water supply went down it was the grass which had higher water absorption in this soil layer (2.01 and $1.50-1.72 \text{ mm.d}^{-1}$)(from the 24th of September to the 2^d of November 1989; $P_i=3.7$ mm) and twice for the period from the 3^d of November 1989 to the 17th of January 1990; $P_i=1.9$ mm) respectively: 0.44 and 0.21 (grass), for *Acacia* and *Balanites* $0.23-0.26$ and $0.10-0.13 \text{ mm.d}^{-1}$.

Key-words: water balance, actual evapotranspiration, steppe, *Acacia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*

1. Introduction

Cette étude s'insère dans le programme mené par le Laboratoire d'Ecologie végétale de l'ORSTOM de Dakar concernant la dynamique des interactions entre arbres et herbes en milieu sahélien. Nous analysons ici les processus d'utilisation et de partage de l'eau entre les espèces arborescentes et herbacées de cette steppe.

Cette étude est conduite en conditions naturelles (station expérimentale; Fig.1). Nous étudions le bilan hydrique de la strate herbacée, de la strate ligneuse (bosquet d'*Acacia tortilis*, bosquet d'*Acacia tortilis* et de *Balanites aegyptiaca*) et des zones lisières entre couvert et hors couvert.

2. Station d'étude

La zone d'étude est soumise à un climat tropical sec de type sahélien. Les précipitations de la station de référence, Dagana (ANONYME, 1988) s'élèvent à 309 mm par an. L'évapotranspiration potentielle calculée d'après PENMAN (1948) est de 1685 mm par an. La saison de croissance s'étale sur environ 80 jours, entre juillet et septembre.

Le paysage se caractérise par des formations dunaires de faible amplitude, non orientées, délimitant de petites dépressions fermées. Ce relief, bien que faible, joue un rôle déterminant dans la répartition des sols et des groupements végétaux.

Le Ferlo sénégalais est une steppe très ouverte à épineux: une strate herbacée composée d'annuelles (avec dominance de graminées) parsemée d'arbres et d'arbustes (BILLE, 1977; POUPON, 1980; CORNET, 1981).

Le site expérimental (16°20'99"N et 15°25'40"W, à 400 km de Dakar, à 20 km de Dagana et à proximité du lieu dit Souilène) est situé dans un groupement dominé par *Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne ssp. *raddiana* (Savi) Brenan (53 arbres.ha⁻¹; surface terrière de 2.03 m².ha⁻¹), par *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. (65 arbres.ha⁻¹; surface terrière de 1.76 m².ha⁻¹) et par *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. (33 arbres.ha⁻¹; surface terrière de 0.08 m².ha⁻¹)

1). La densité à l'hectare est de 151 individus (surface terrière de 3.87 m².ha⁻¹). Les populations de *Balanites aegyptiaca* et de *Boscia senegalensis* sont proches de l'équilibre; celle d'*Acacia tortilis* traduit une régénération difficile (Fig.2).

Le sol appartient au groupe des sols subarides tropicaux: il s'agit d'un sol brun-rouge formé sur matériau sableux très pauvre en argile.

3. Méthodes et techniques employées

3. 1. Equation du bilan hydrique

L'expression du bilan hydrique du sol, en l'absence de ruissellement et de nappe phréatique peut s'écrire sous la forme suivante:

$$P_i = T + I_n + D + dR/dt \quad (\text{mm.j}^{-1}) \quad (1)$$

$$\text{où } ETR = T + I_n \quad (\text{mm.j}^{-1}) \quad (2)$$

$$\text{et } I_n = P_i - (P_s + E_c) \quad (\text{mm.j}^{-1}) \quad (3)$$

avec: P_i - précipitations incidentes, en mm.j⁻¹; T - transpiration, en mm.j⁻¹; I_n - interception nette, en mm.j⁻¹; D - drainage, en mm.j⁻¹; dR - variation de la réserve en eau du sol, en mm; dt - pas de temps des calculs, en jours; ETR - évapotranspiration réelle du peuplement, en mm.j⁻¹; P_s - précipitations au sol, en mm.j⁻¹; E_c - écoulement le long des troncs, en mm.j⁻¹.

Cette expression suppose négligeable l'évaporation directe du sol et de la litière, approximation raisonnable en période de dessèchement (NIZINSKI et SAUGIER, 1989). Nous mesurons directement la réserve en eau du profil du sol, les précipitations au-dessus du peuplement et au sol ainsi que l'écoulement le long des troncs; les valeurs du drainage, de l'interception nette et de la transpiration sont calculées en supposant $ETR=ETP$ (évapotranspiration potentielle) en période humide (réserve à la capacité au champ, R_{CC}) et au contraire un drainage nul en période sèche (réserve inférieure à la capacité au champ); ceci permet de calculer respectivement le drainage et l'ETR:

$$\begin{aligned} \text{Si } R \geq R_{CC} \text{ alors } ETR &= ETP \\ &\text{et } D = P_i - ETP - dR/dt \quad (\text{mm. j}^{-1}) \quad (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Si } R < R_{CC} \text{ alors } D &= 0 \\ &\text{et } ETR = P_i - dR/dt \quad (\text{mm. j}^{-1}) \quad (5) \end{aligned}$$

L'hypothèse d'un drainage nul lorsque $R < R_{CC}$ est liée à la texture sableuse du sol de la station, qui implique une chute très rapide de la conductivité hydrique avec le dessèchement du sol. Elle n'est strictement vraie que lorsque l'humidité de l'horizon le plus profond est devenue inférieure de quelques points en dessous de sa valeur à la capacité au champ. Dans les deux cas (sol humide ou en dessèchement) la transpiration du peuplement (T) est calculée en soustrayant l'interception nette (I_n) de l'ETR (équation (2)).

La zone prise en compte comme étant la zone racinaire du peuplement ligneux a été fixée à cinq mètres et celle du peuplement graminéen a été fixée à 0.60 m (BILLE, 1977; POUPON, 1980; GROUZIS, 1988).

3.2. Dispositif expérimental des mesures du bilan d'eau *in situ*

3.2.1. Rétention en eau du sol (R)

Nous utilisons une sonde à neutrons de type "Solo 25" dont l'étalonnage a été fait par la méthode gravimétrique. Le dispositif expérimental est constitué de quinze tubes (Fig.1) en duralumin (ϕ 41-45 mm) descendant jusqu'à cinq mètres. Les mesures sont effectuées tous les 10 cm jusqu'à 1 mètre de profondeur, puis tous les 20 cm jusqu'à 2 mètres et tous les 50 cm jusqu'à 475 mètres de profondeur.

3.2.2. Précipitations incidentes (P_i) et précipitations au sol (P_s)

Les relevés de P_i proviennent de la station météorologique installée sur la station d'étude (pluviomètre de type ARG100 de Campbell). Les précipitations au sol sont recueillies à l'aide de trois pluviomètres (de

type "association") installés sous couvert ligneux (Fig.1).

3.2.3. Ecoulement le long des troncs (Ec)

Le tronc des arbres échantillonnés est entouré d'une gouttière en matière plastique étanche en forme d'hélice débutant à 1.30 m du sol et s'en arrêtant à 0.50 m, hauteur à laquelle le volume d'eau qui s'écoule par la gouttière est mesuré.

3.2.4. Evapotranspiration potentielle (ETP)

L'ETP est calculée à partir de la formule de PENMAN (1948) modifiée par VAN BAVEL (1966).

3.2.5. Acquisition des données

Les mesures des éléments du bilan hydrique ont débuté le 22 juillet 1989: la réserve hydrique du sol est mesurée tous les mois en saison sèche et tous les dix jours en saison des pluies; les précipitations incidentes, au sol, l'écoulement le long des troncs et les variables nécessaires à l'estimation de l'évapotranspiration potentielle (température moyenne de l'air, température de rosée, rayonnement net, pression atmosphérique, vitesse du vent) sont mesurées toute les heures. Ces données sont stockées en continu sur une centrale d'acquisition de données Micrologger 21 X.

4. Résultats et discussion

Nous avons isolé un bosquet à *Acacia tortilis* (tubes 1, 2 et 3), un bosquet à *Balanites aegyptiaca* (*Balanites* dominant) (tubes 4, 5 et 6) et une zone strictement herbacée (tubes 7, 8, 9, 12 et 13). Ces résultats concernent la période allant du 9 août 1989 au 17 janvier 1990; cette durée a été décomposé en quatre périodes en fonction de la pluviométrie: période n°1, du 9 août au 21 septembre ($P_i=155.6$ mm); période n°2, du 22 au 23 septembre ($P_i=0.3$ mm); période n°3, du 24 septembre au 2 novembre ($P_i=3.7$ mm); période n°4, du 3 novembre 1989 au 17 janvier 1990 ($P_i=1.9$ mm). Les

précipitations incidentes annuelles ont été de 228.7 mm avec ETP annuelle de 2333 mm.

Nous discuterons ici des valeurs de l'ETR issues de l'équation (5) pour des périodes à drainage nul et nous comparerons nos valeurs à celles obtenues par d'autres auteurs pour le Ferlo sénégalais (CORNET, 1981).

D'après la Fig.3b (zone racinaire de 60 cm), lors de la période n°1 (période des pluies), la consommation en eau des espèces herbacées et arborescentes dans les premiers 60 cm de sol est similaire (3.25-3.44 et 3.29 mm.j⁻¹) puis au fur et à mesure du dessèchement du sol, ce sont les graminées qui utilisent préférentiellement l'eau de ces premiers 60 cm de sol (1.50-1.72 et 2.01 mm.j⁻¹), avec pour les périodes n°3 et n°4 une consommation double de celle des espèces arborescentes (respectivement 0.44 et 0.21 (herbacées), 0.23-0.26 (*Acacia*) et 0.10-0.13 (*Balanites*) mm.j⁻¹); les espèces arborescentes utilisent alors l'eau de la zone située au-delà de ces 60 premiers cm.

Pour une profondeur de sol de 475 cm, les bosquets ont une ETR supérieure à celle des espèces herbacées (Fig.3a et 3c): nous supposons que cette profondeur rend compte de la quasi totalité de la zone exploitée par les espèces de cette steppe, et donc de leur consommation en eau.

Nos valeurs d'ETR de l'ensemble de la steppe pour la période n°1 (saison des pluies) sont comparables à celles de CORNET (1981): 3.31 mm.j⁻¹ pour une profondeur de 60 cm (3.5 mm.j⁻¹ pour 1 mètre de profondeur d'après CORNET, 1981); 4.47 mm.j⁻¹ pour une profondeur de 475 cm (4.6 mm.j⁻¹ pour 3 mètres de profondeur d'après CORNET, 1981).

Par ailleurs, le bosquet à *Acacia tortilis* a une ETR supérieure à celle du bosquet dominé par *Balanites aegyptiaca* (Fig.3a, 3b, 3c): pour la période n°1, respectivement pour *Acacia tortilis* et *Balanites aegyptiaca* ETR=3.44 et 3.29 mm.j⁻¹ (60 cm) et 5.04 et 4.15 mm.j⁻¹ (475 cm), cette supériorité peut être due (travaux en cours) à une interception plus élevée d'*Acacia*

tortilis en raison de son port étalé ou à une absorption - transpiration plus importante pour la première espèce.

5. Conclusion.

Ces premiers résultats montrent qu'à partir d'un seuil de dessèchement du sol (seuil à préciser), il y a partage dans l'espace de l'eau disponible entre les espèces herbacées et arborescentes, ces dernières exploitant les zones profondes du sol.

6. Références bibliographiques

- ANONYME, 1988. Introduction au projet "Ecosystèmes pastoraux sahéliens". GEMS, série SAHEL, PNUE, Editions FAO, Rome, 146 p.
- BILLE, J.C., 1977. Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien. Trav. et Doc. de l'ORSTOM, 65, 81 p.
- CORNET, A., 1981. Le bilan hydrique et son rôle dans la production de la strate herbacée de quelques phytocénoses sahéliennes au Sénégal. Thèse de Docteur-Ingénieur, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 354 p.
- GROUZIS, M., 1988. Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso). Coll. Etudes et Thèses, ORSTOM, Paris, 336 p.
- NIZINSKI, J. et SAUGIER, B., 1989. Dynamique de l'eau dans une chênaie (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) en forêt de Fontainebleau. Annales des Sciences Forestières, 46(2), 173-186.
- PENMAN, H.L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society London A, 193, 120-145.
- POUPON, H., 1980. Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au nord du Sénégal. Coll. Etudes et Thèses, ORSTOM, Paris, 317 p + annexes.
- VAN BAVEL, C.H.M., 1966. Potential evaporation: The combination concept and its experimental verification. Water Resources Research, 2(3), 455-467.

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1 -

Plan de la station d'étude (surface: 10000 m²; pente: 0,78 %; altitude: 100 m).

Map of study site (area: 10000 m²; slope: 0,78 %; elevation: 100 m).

Figure 2 -

Distribution du peuplement ligneux de la parcelle en classes de circonférence.

Stand distribution in circumference classes for parcel.

Figure 3 -

Evolution de l'évapotranspiration réelle: (a) ensemble de la steppe pour deux profondeurs racinaires; (b) pour la zone racinaire de 60 cm - bosquet à *Acacia tortilis*, bosquet à *Acacia tortilis* et *Balanites aegyptiaca* et couvert herbacé; (c) pour la zone racinaire de 475 cm - bosquet à *Acacia tortilis*, bosquet à *Acacia tortilis* et *Balanites aegyptiaca* et couvert herbacé.

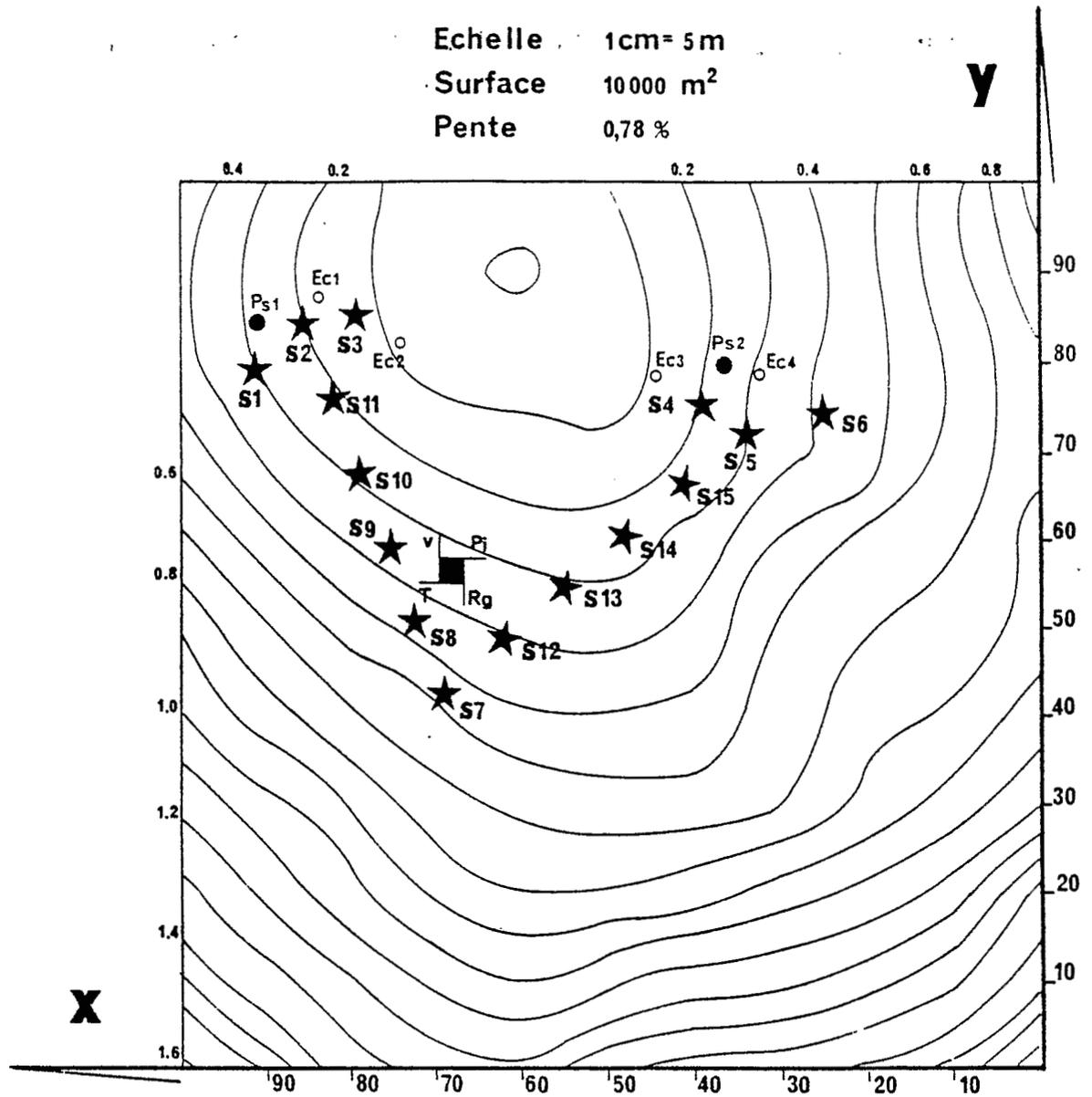
Variation of the actual evapotranspiration: (a) average values over eighteen neutron access tubes for two soil depth; (b) root zone down to 60 cm - copse of *Acacia tortilis*, copse of *Acacia tortilis* and *Balanites aegyptiaca* and herbaceous couvert; (c) root zone down to 475 cm - copse of *Acacia tortilis*, copse of *Acacia tortilis* and *Balanites aegyptiaca* and herbaceous couvert.

STATION D'ETUDE

Echelle 1cm = 5 m

Surface 10000 m²

Pente 0,78 %



Légende:



Station météorologique

Pi - précipitations incidentes

Rg - rayonnement global

T - températures

v - vitesse du vent



Tube d'accès pour la sonde à neutrons

S1 Numéro du tube

● Pluviomètre

Ps - précipitations au sol

○ Gouttière

Ec - écoulement le long des troncs

Circonférences - Fréquences

