

DEFICIT HYDRIQUE DANS LES PLANTATIONS INDUSTRIELLES D'EUCALYPTUS (*Eucalyptus grandis* W. HILL EX MAID) DU LITTORAL ET DE CANNE A SUCRE (*Saccharum officinarum* L.) DE LA VALLEE DU NIARI AU CONGO

L. MOUNDZEO¹⁻², D. NGANGA², J. PANDZOU³, D. DIANGANA^{4,1} et D. DZABA⁴

¹Centre de recherches agronomiques de Loudima (CRAL - DGRST) BP 394 Nkayi Congo.
Email : moundzeo@yahoo.fr

²Laboratoire de physique de l'Atmosphère (Faculté des sciences Univ. M. Nguabi)

³Eucalyptus et Fibres du Congo (E.F.C)

⁴Société agricole de raffinage industriel de sucre au Congo (SARIS - Congo)

RESUME

L'étude vise à caractériser le déficit hydrique dans les plantations industrielles d'eucalyptus du littoral et de canne à sucre dans la vallée du Niari au Congo. Les données ont été collectées à partir des stations agro-climatiques (Pointe-noire, Moutela) et des postes pluviométriques installés dans les plantations. Celles-ci ont couvert une période de plus de 20 ans (1984 - 2005) de campagne agricole et ont concerné principalement les facteurs climatiques. La caractérisation du déficit hydrique a été faite sur la base de l'évolution de la réserve utile (RU), des indices de standardisation des précipitations et de la déficience hydrique. Le déficit hydrique a varié entre 100 et 140 mm dans les plantations de canne à sucre et entre 150 et 270 mm dans celles des eucalyptus. La réserve utile (RU) a été constante sur 9 à 10 mois dans les plantations de canne à sucre de la vallée du Niari, et sur 8 mois dans celles des eucalyptus du littoral. Les indices de standardisation des précipitations, dont les valeurs maximales ont été de l'ordre de 1,5 à 2, montrent que le déficit hydrique a été très prononcé pendant les périodes sèches dans les plantations industrielles. L'étude montre également que la densité, du système racinaire, notamment, celle des espèces des plantations industrielles, a eu un impact significatif à la fois sur l'évolution de la réserve utile (RU) que sur le déficit hydrique.

Mots clés : Déficit hydrique, plantations industrielles, eucalyptus, canne à sucre, Congo.

ABSTRACT

WATER DEFICIT IN INDUSTRIAL PLANTATIONS OF EUCALYPTUS (*Eucalyptus grandis* W. HILL EX MAID) IN THE LITTORAL AND OF SUGARCANE (*Saccharum officinarum* L.) IN THE NIARI VALLEY, CONGO

The study aims to characterize water deficits in the industrial plantations of eucalyptus in the littoral and sugar cane farms located in the Niari valley of Congo. Data were collected from the weather stations (Pointe-noire and Moutela) and rain gauges in industrial farms. Data, relative to climatic factors, were collected for a period of more than 20 years (1984 - 2005). Characterization of water deficits in the industrial plantations of Congo was implemented on the basis of changes in the useful reserve (RU), standardization indices of precipitations and water deficits. The latter ranged from 100 to 140 mm in sugar cane farms and 150 to 270 mm in eucalyptus plantations. The useful reserve (RU) remained constant between 9 to 10 months in sugar cane farms in the Niari valley, and 8 months in those of littoral eucalyptus. The precipitations indices of standardization, with maximum values ranging between 1.5 to 2, show that water deficits were permanent in the industrial plantations. The study also shows that mainly the root system of plants cultivated on an industrial scale, has a significant impact on both the useful water reserves (RU) and the water deficits.

Keywords : Water deficit, industrial plantations, eucalyptus, sugar cane, Congo.

INTRODUCTION

De nombreux travaux (Nouvellon *et al.*, 2001 ; Saint-André *et al.*, 2005 ; Moundzeo, 2007) montrent que les plantations sont capables de séquestrer 20t/ha de carbone pour les plantations d'eucalyptus (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid) du littoral et 50 t/ha⁻¹ pour celles de canne à sucre (*Saccharum officinarum* L.) de la vallée du Niari.

Cependant, les plantations industrielles sont soumises à une variabilité climatique qui agit sur leur productivité (Djondo, 2001 ; Samba-kimbata, 2002). Cette variabilité climatique est caractérisée par une irrégularité des précipitations, une insolation réduite et un déficit hydrique très prononcé pendant les périodes sèches.

Des auteurs tels que Dye, (1996), Laclau (2001), Szep *et al.* (2005) montrent que les espèces d'eucalyptus comme celles de canne à sucre, présentent des besoins importants en eau et un système racinaire très développé qui leur confère une souplesse d'adaptabilité même dans les conditions de sols à faible capacité de rétention en eau. Le déficit hydrique est très néfaste, particulièrement lors des phases de croissance de ces espèces.

D'autres par contre, (Lisson *et al.*, 2005) soulignent que le déficit hydrique est très favorable à l'accumulation de saccharose dans la canne à sucre. Ce déficit hydrique dans la vallée du Niari et le bassin côtier est de l'ordre de 200 à 350 mm (Dagba, 1998 ; Laclau, 2001 ; Samba-kimbata, 2002).

Par ailleurs, les études sur la réserve hydrique au Congo paraissent plus globales (Samba-Kimbata, 2002) et ponctuelles (Dagba, 1998 ; Laclau, 2001). Ces études ne prennent véritablement pas en compte toute la dimension spatiale des plantations industrielles qui couvrent une superficie respective de 43 000 ha pour les espèces d'eucalyptus du littoral (Bouvet, 1995 ; Laclau, 2001) et de 11 000 ha pour la canne à sucre de la vallée du Niari (Djondo, 2001).

De plus, le déficit hydrique dépend principalement des précipitations (Samba-kimbata, 1991 ; Maloba Makanga et Samba, 1997) dont

la variabilité spatio-temporelle est difficile à interpréter (Bigot *et al.*, 2005) et affecte les rendements de production agricole (Camberlin et Diop, 2003 ; Sultan *et al.*, 2005).

Cette étude vise à caractériser le déficit hydrique dans les plantations industrielles d'eucalyptus du littoral et de canne à sucre de la vallée du Niari. Ceci permettra suivant une approche liée à la bioclimatologie, de comparer l'évolution des réserves en eau du sol dans les deux écosystèmes.

MATERIEL ET METHODES

CARACTERISTIQUES DES SITES D'ETUDE

La zone d'étude est localisée au Sud - Congo, de part et d'autre de la chaîne du Mayombe, dans le bassin côtier et la vallée du Niari. Dans ce bassin, les plantations d'eucalyptus sont situées entre 4° 45' et 4° 30' de latitude Sud et entre 11° et 12° 20' de longitude Est sur un rayon de 30 Km. Le relief, constitué dans sa majeure partie de collines et de plateaux, présente une altitude variant entre 40 et 180 m. Les plantations de canne à sucre sont situées dans la vallée du Niari (4° et 4°15' S et 12° et 13° E, 150 à 200 m.

La zone d'étude est caractérisé par un climat équatorial de transition (Samba-kimbata, 1978) avec un régime pluviométrique bimodale. La pluviométrie moyenne annuelle varie de 1 200 à 1 300 mm dans le bassin côtier et de 900 à 1 200 mm dans la vallée du Niari. La période sèche et fraîche s'étend de juin à septembre. La période suivante, chaude et humide s'étend d'octobre à mai, avec un fléchissement de la pluviométrie en décembre - janvier.

Les sols sont ferrallitiques, fortement désaturés et appauvris. Ils présentent une homogénéité dans la couleur (gris à la surface et ocre en profondeur), une texture sableuse à sablo-argileuse et une faible capacité de rétention de l'eau pour le bassin côtier. Ils sont caractérisés par une altération complète des niveaux secondaires (oxydes et hydroxydes de fer), une élimination des bases et une accumulation de manganèse sous forme de fines concrétions.

COUVERT VEGETAL

Le couvert végétal est constitué de plantations d'eucalyptus sur le littoral et de canne à sucre dans la vallée du Niari. Les travaux de Bouvet (1995) rapportent que les plantations d'eucalyptus du littoral couvrent une superficie de 43 000 ha et comprennent de nombreux clones qui proviennent soit d'un croisement naturel (E.PF1), soit d'un croisement artificiel (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*). La canne à sucre couvre une superficie de 16 000 ha et comporte de nombreuses variétés telles que la B 46 364, NCo 376, R 570, SP 701 et Co 997.

METHODES

Les données climatiques ayant servi au calcul du bilan hydrique et à la caractérisation du déficit hydrique dans les plantations industrielles proviennent des stations climatiques de Pointe-noire et de Moutela. Elles ont été complétées par les relevés pluviométriques relatifs à différents postes répartis dans les deux types de plantations. Les séries climatologiques utilisées couvrent plus d'une vingtaine d'années (1984 - 2005) et concernent les précipitations, l'insolation, l'humidité relative, le vent, les températures de l'air et du sol.

Le calcul du bilan hydrique effectué s'appuie sur la méthode de Thornthwaite (Samba-Kimbata, 1991) donnée par l'expression suivante :

$$P = ETR + D + R + \Delta r \tag{1}$$

où P représente les précipitations à découvert (mm), ETR l'évapotranspiration réelle (mm), R l'eau du ruissellement (mm), D et Δr étant respectivement l'eau drainée en profondeur et la variation de la réserve en eau du sol (mm).

Le bilan hydrique étant déterminé sur une longue période, la variation de la réserve en eau du sol est assimilée à la réserve utile (RU).

L'équation (1) devient :

$$P = ETR + RU \tag{2}$$

où RU est la réserve en eau utile de la couche superficielle du sol.

La RU est la somme de la réserve facilement utilisable (RFU) et la réserve de survie (RS). La réserve facilement utilisable (RFU) correspond à la fraction de RU que les racines peuvent puiser dans le sol avant que le manque d'eau ne devienne un facteur limitant pour le développement de la plante. La réserve de survie (RS)

est la fraction de RU difficilement accessible aux plantes.

Du fait de l'enracinement relativement important des cultures industrielles d'eucalyptus et de canne à sucre, on peut convenir d'assimiler la RU à la RFU. Ce qui revient à admettre que toute la réserve utile peut être mobilisable par les racines de ces plants.

La réserve utile (RU) est fixée à 200 mm et l'évapotranspiration potentielle réelle (ETR) est déterminée par la méthode du bilan hydrique de Thornthwaite. Celle-ci repose sur le principe selon lequel, lorsque la somme des précipitations et de la réserve utile du sol excède l'évapotranspiration potentielle (ETP), l'ETR est égale à l'ETP. Lorsqu'elle lui est inférieure, l'ETR est égale à la réserve disponible, c'est à dire à $P + \lambda RU$.

L'ETP a été calculée à partir de la formule de Penman, très adaptée en milieu tropical humide (Riou, 1975 ; Samba et Mbaye-Diop, 2000) comme suit :

$$ETP = \frac{\Delta R_n + \gamma E_a}{\Delta + \gamma} \tag{3}$$

Où Δ , est la pente de la courbe de la tension de vapeur saturante en fonction de la température de l'air, γ la constante psychrométrique (0,66 au niveau de la mer).

Dans cette formule, l'ETP est exprimée en millimètres d'eau. R_n représente le rayonnement net et E_a , le pouvoir évaporant de l'air.

$$R_n = R_{go} (1 - \alpha)(a + b \cdot n/N) - \sigma T^4 (0,4 - 0,05 \sqrt{e_d})(0,10 + 0,90 \cdot n/N) \tag{4}$$

où R_{go} est le rayonnement extra-terrestre, α , l'albédo de la surface évaporante ; a et b sont des coefficients empiriques qui dépendent de la latitude, la longitude, la hauteur du soleil et de la transmissivité de l'atmosphère.

Le facteur n, est la durée effective de l'insolation, N, la durée théorique du jour et le rapport n/N, représente la fraction d'insolation ; T, est la température de l'air en Kelvin et σ , la constance de stéphane - Boltzman = $1,19 \cdot 10^{-7}$ cal/cm²/j.

$$E_a = 0,26 (e_w - e_d)(0,5 + 0,54v) \tag{5}$$

où e_d est la tension de la vapeur d'eau mesurée sous abri en hP ; e_w , la tension de la vapeur d'eau saturante en hP ; v, la vitesse moyenne du vent (m^s) en mètre par seconde mesurée à 2 m au dessus du sol.

Pour la caractérisation du déficit hydrique dans les plantations industrielles d'eucalyptus et de canne à sucre, la déficience hydrique (ETP - ETR), l'indice de standardisation (SPI) et la vitesse d'épuisement de la réserve utile ont été considérés.

L'indice standardisé des précipitations SPI (standardised precipitation index) a été développé pour caractériser le déficit hydrique (Mc Kee *et al.*, 1995). Cet indice est calculé lorsque les précipitations ne sont pas normalement distribuées, notamment sur des périodes de 12 mois. Il a pour expression mathématique:

$$SPI = (P_i - P_m) / \sigma_1 \quad (6)$$

où P_i , représente les précipitations annuelles (mm), P_m les précipitations moyennes annuelles (mm) et σ_1 , l'écart type (mm)

Le logiciel Genstat Discovery Edition 3 a permis d'effectuer les calculs sur les différentes variables retenues. Ces opérations concernent la détermination de l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'indice de standardisation (SPI). Les paramètres statistiques de dispersion de chacune des variables, comme l'écart type et le coefficient de variation ont été précisés. Les moyennes ont été séparées en utilisant le test de Newman Keuls au seuil de 5 %.

RESULTATS

EVOLUTION DE LA RESERVE EN EAU DU SOL

Les résultats du Tableau 1 révèlent que la réserve utile (RU) se met en place à des dates pratiquement identiques, mais varie inégalement dans les deux types de plantations industrielles. La RU commence à se reconstituer en décembre

- janvier et devient maximale (200 mm) à partir de février. Cet optimum de 200 mm s'étale jusqu'en mai pour les plantations d'eucalyptus et juin pour celles de canne à sucre.

En décembre, la RU a été de l'ordre de 100 mm dans les deux types de plantations industrielles. Elle a varié en janvier de 135 à 195 mm dans les stations d'eucalyptus contre 198 mm dans celles de canne à sucre. Le Tableau 1 présente en juillet, des valeurs de l'ordre de 40 à 79,5 mm dans les stations d'eucalyptus, contre 121 mm dans celles de canne à sucre. La durée annuelle de cette RU a été de 9 à 10 mois dans les stations de canne à sucre de la vallée du Niari et de 8 mois dans celles des eucalyptus du littoral.

Dans le Tableau 2, l'évapotranspiration réelle (ETR) a donné des valeurs maximales de même ordre (140 à 150 mm) en mars - avril dans les deux types de plantations industrielles ($p < 0,05$). En août et janvier, les valeurs de l'ETR dans les stations d'Eucalyptus ont été respectivement de 3 mm et 62 mm contre 47 mm et 116 mm, dans les stations de canne à sucre. Ces valeurs de l'ETR entre août et janvier, ont présenté des différences significatives ($p < 0,05$), alors, que celles de novembre - décembre, de l'ordre de 100 à 110 mm n'a présenté aucune différence significative dans les deux types de plantations industrielles (Tableau 2).

A l'échelle inter-annuelle, la Figure 1 présente l'évolution de la durée de réserve utile (RU) dans les stations de Diosso et de Moutela. On y relève une évolution parallèle dans les deux stations avec des valeurs plus importantes à Moutela qu'à Diosso. La durée maximale par la RU étant de 10 à 12 mois (1994/1995 - Moutela) contre 3 à 4 mois (1994/1995 et 1996/1997 - Diosso) pour les plus faibles RU.

Tableau 1 : Evolution de la réserve utile (RU en mm) dans les différentes stations des plantations industrielles.

Changes in useful reserves (RU) et different stations in industrial farms of eucalyptus and sugarcane.

Stations/mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jlt	Aot	Sep	Oct	Nov	Dec
Kissoko (Eu)	163,6	200	200	200	195,6	125,8	43,1	-	-	-	-	100,9
Diosso (Eu)	195	200	200	200	200	161,7	79,5	-	-	-	-	102,6
Hinda (Eu)	166,4	200	200	200	200	158,4	79,1	-	-	-	-	103,5
Yanika (Eu)	136	200	200	200	180,3	122,6	39,6	-	-	-	-	74,3
N kayi (Ca)	193,4	200	200	200	200	200	120,6	46,3	-	-	-	97,2
Moutela (Ca)	198,5	200	200	200	200	200	121	46,7	-	-	5,3	118,5
Moyenne (mm)	175	200	200	200	195	161	80,5	46,5	-	-	5,3	99,5
Ecart type (mm)	24,5	-	-	-	7,9	33,9	35,5	24	-	-	-	14,3
C.V. (%)	17	-	-	-	4	21	44	-	-	-	-	14

Stations de production d'eucalyptus : Kissoko, Diosso, Hinda et Yanika Stations de canne à sucre : Nkayi et Moutela . C.V. : Coefficient de variation.

Tableau 2 : Evolution de l'évapotranspiration réelle (ETR en mm) dans quelques stations des plantations industrielles.

Changes in real évaporistion in some stations located in the industrial farms of eucalyptus and sugarcane.

Stations\mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jlt	Aot	Sep	Oct	Nov	Dec
Diosso (Eu)	62	67	152,7	143,2	108,6	84	80,7	2,6	26,7	76,7	111,9	103,9
Yanika (Eu)	64,5	73,4	153,2	144,1	109,5	83,7	40	2,7	13,9	67,3	111,1	105,8
N kayi (Ca)	116,4	128,9	149,5	137,8	111	82,3	74,6	46,8	74,6	101,1	112,9	106,4
Moyenne (mm)	81	89,8	151,8	141,7	109,7	83,3	65,1	17,4	38,4	81,7	112	105,4
Ecart type (mm)	30,7	34	2	3,4	1,2	0,9	22	25,5	32	17,4	0,9	1,3
C.V. (%)	38	38	1	2	1	1	34	147	83	21	1	1

Stations de production d'eucalyptus : Diosso et Yanika. Stations de canne à sucre : Nkayi C.V. : Coefficient de variation.

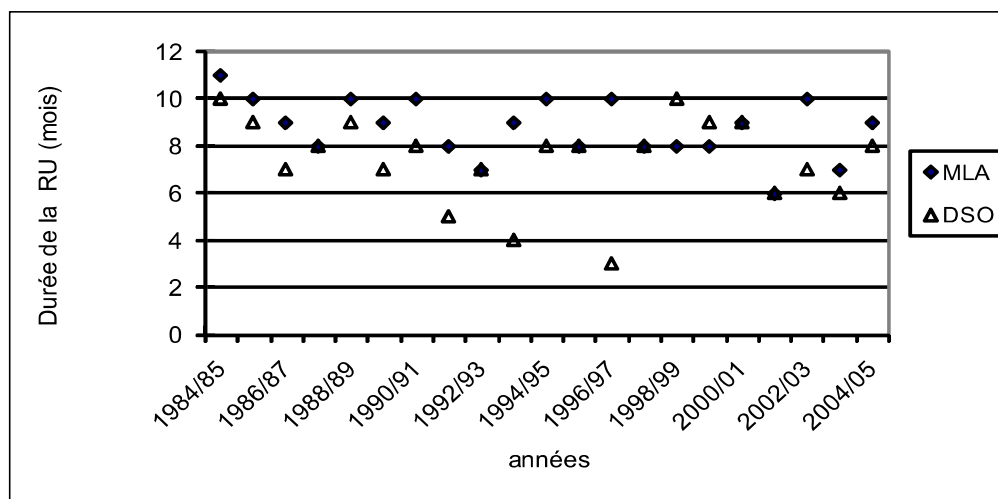


Figure 1 : Evolution de la réserve utile (RU) dans les plantations industrielles à Moutela (MLA) et Diosso (DSO) .

Changes in useful water reserves (RU) in soils from undusyrial farms at Moutela (MLA) and Diosso (DSO).

EVOLUTION DE L'INDICE STANDARDISE DES PRECIPITATIONS

L'indice standardisé des précipitations dans les plantations industrielles est représenté par les Figures 2, 3 et 4. A l'échelle mensuelle, l'on observe dans les plantations d'eucalyptus et de canne à sucre (Figures 2 et 3), une alternance de saison pluvieuse (de janvier à mai et d'octobre à décembre) et de saison sèche (de juin à septembre). On observe que la durée du déficit hydrique a été de 4 mois dans les deux types de plantations.

Dans les plantations d'eucalyptus, le déficit hydrique s'est installé en juin avec des valeurs de l'ordre de -10 avant de prendre de l'ampleur en juillet (-43), août (-34) et disparaître en septembre (-3). Dans les plantations de canne à sucre, les mêmes tendances sont observées mais le déficit hydrique reste plus prononcé en juin (-15), juillet (-80) et août (-80) qu'en septembre (-3).

A l'échelle annuelle, l'évolution de l'indice standardisé des précipitations (Figure 4) a révélé des pics de l'ordre de 2 et -1,7 mm. Une phase déficitaire a été observée de 2001 à 2004 contre une alternance d'excédents et de déficits hydriques de 1984 à 1990.

EVOLUTION DE LA DEFICIENCE HYDRIQUE

L'évolution de la déficience hydrique dans les plantations industrielles du Congo, relève une

déficience hydrique très prononcée entre juillet et octobre dans les deux types de plantations industrielles (Tableau 3 et Figure 5). Cette déficience hydrique s'étend de juillet à octobre pour les eucalyptus et de juillet août - septembre pour la canne à sucre. En juillet, la déficience hydrique qui est de l'ordre de 35 à 40 mm dans les stations de Kissoko, Yanika, Nkayi et Moutela, a été plus importante que celle des stations de Diosso et Hinda, (3 à 4 mm ; $p < 0,05$). En août, elle a présenté des valeurs de l'ordre de 80 mm dans les stations de Kissoko, Hinda, Yanika et Nkayi, dont les seuils ont été plus importants que celle de Moutela, (71,5 mm ; $p < 0,05$). En septembre - octobre, cette déficience hydrique a été pratiquement nulle à Moutela et Nkayi (6,2 mm) contre des maxima de l'ordre de 54 à 64 mm (septembre). Ces maxima ont baissé pour se situer entre 6 - 20 mm (octobre) dans les stations de Kissoko, Diosso, Hinda et Yanika ($p < 0,05$).

A l'échelle annuelle (Figure 5), la déficience hydrique a été de l'ordre de 150 à 270 mm dans les stations d'eucalyptus contre 100 à 125 mm dans celles de canne à sucre ($p < 0,05$). Les valeurs qui ont été observées dans les stations de Yanika (270 mm) et Kissoko (200 mm), ont été plus importantes ($p < 0,05$) que celles des stations de Hinda (170 mm), Diosso (150 mm), Nkayi (120 mm) et Moutela (100 mm).

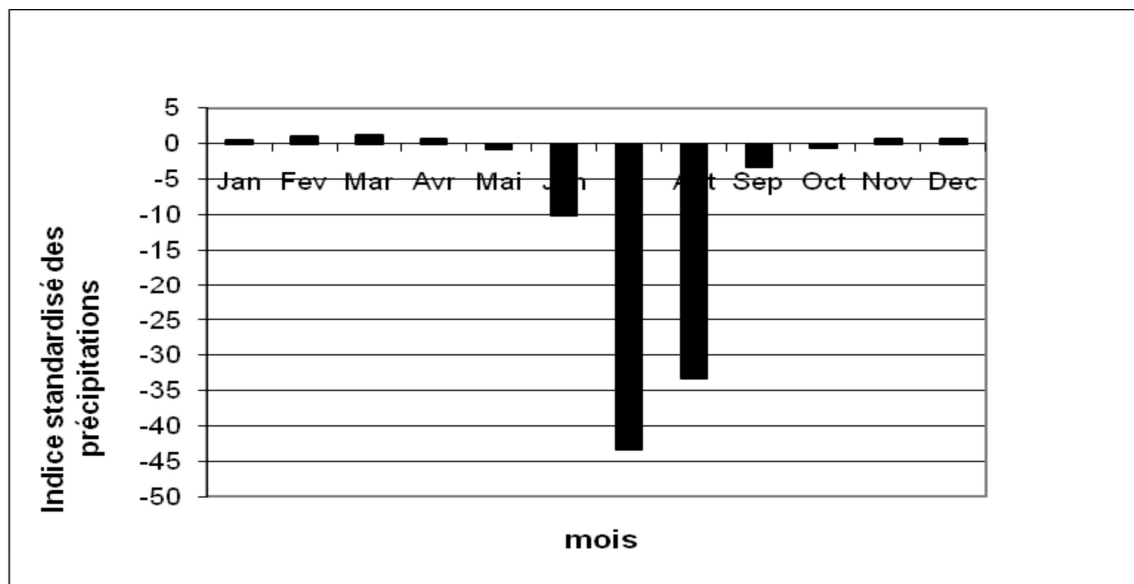


Figure 2 : Variation mensuelle de l'indice standardisé des précipitations de la station d'eucalyptus de Diosso.

Monthly changes in standartised indices of rainfall at stations located in eucalyptus industrial farms.

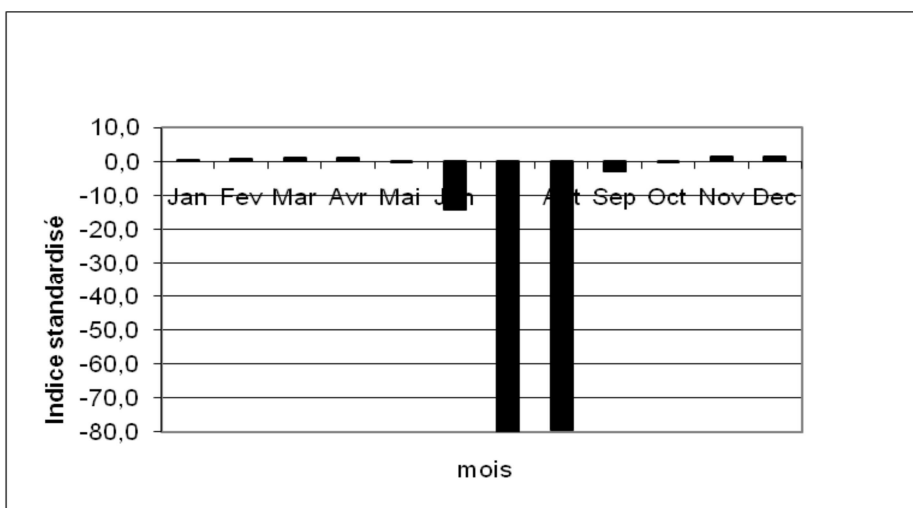


Figure 3 : Variation mensuelle de l'indice standardisé des précipitations de la station de canne à sucre de Nkayi.

Monthly changes in standartised indices of rainfall at stations located in sugar cane industrial farms of Nkayi.

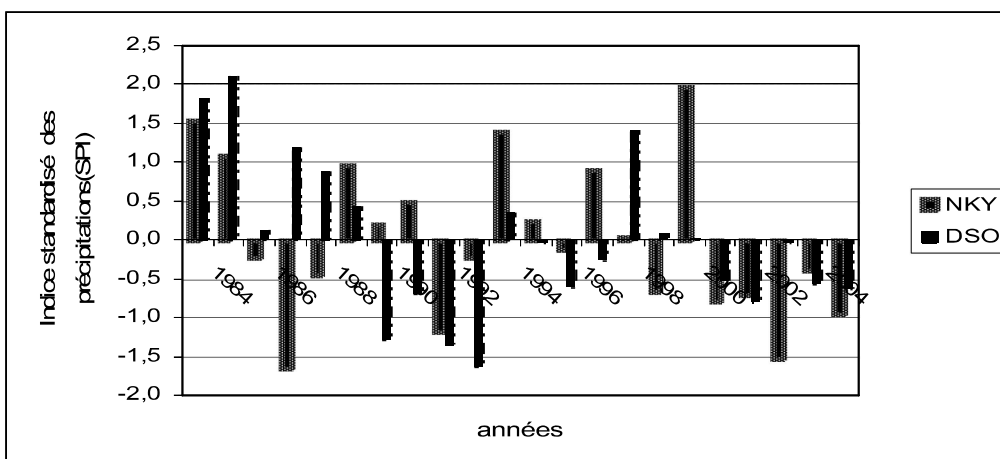


Figure 4 : Variation annuelle de l'indice standardisé des précipitations des stations de Diosso (DSO) et Nkayi (NKY).

Changes in standartised indices of rainfall at stations located in sugarcane and eucalyptus industrial farms of Diosso (DSO) and Nkayi (NKY).

Tableau 3 : Evolution de la déficience hydrique (DH en mm) dans les différentes stations des plantations industrielles

Changes in water at the differents stations located in the sugarcane eucalyptus industrial plantations.

Stations\mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jlt	Aot	Sep	Oct	Nov	Dec
Kissoko (Eu)	-	-	-	-	-	-	39,7	80,6	62	14,2	-	-
Diosso (Eu)	-	-	-	-	-	-	2,7	81	53,6	19,9	-	-
Hinda (Eu)	-	-	-	-	-	-	3,7	82	64,5	21,3	-	-
Yanika (Eu)	-	-	-	-	-	-	43,7	79,6	54,6	5,7	-	-
N kayi (Ca)	-	-	-	-	-	-	35,4	80,5	6,2	-	-	-
Moutela (Ca)	-	-	-	-	-	-	34,5	71,5	-	-	-	-
Moyenne (mm)							26,6	79,2	48,2	15,3		
Ecart type (mm)							18,4	3,8	23,9	7,1		
C.V. (%)							69	5	41	46		

Stations de production d'eucalyptus : Kissoko, Diosso, Hinda et Yanika Stations de canne à sucre : Nkayi et Moutela/ C.V. : Coefficient de variation.

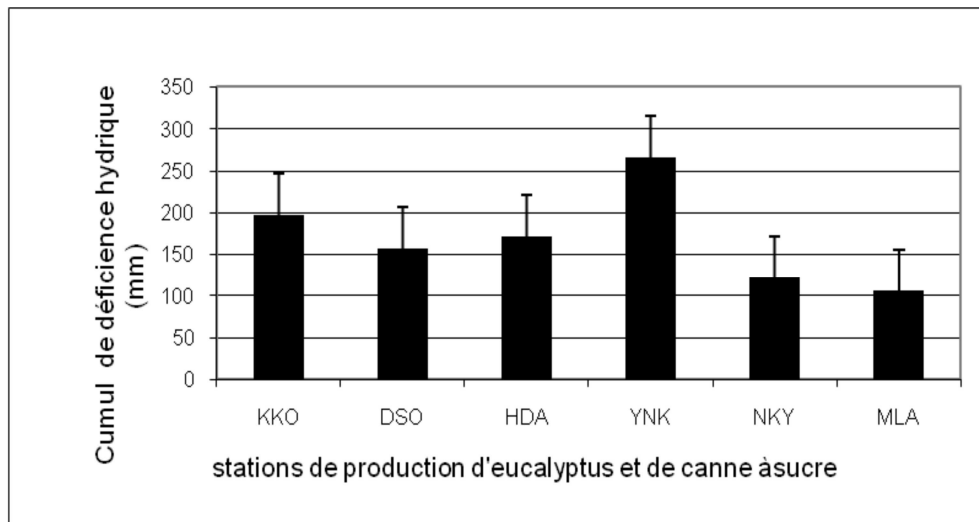


Figure 5 : Déficience hydrique (1984 - 2005) dans les plantations industrielles d'eucalyptus et de canne à sucre.

Water deficit (1984 - 2005) at stations located in the industrial sugarcane and eucalyptus plantation of Congo.

Stations d'eucalyptus KKO : Kissoko ; DSO : Diosso ; HDA : Hinda ; YNK : Yanika ; Stations de canne à sucre : NKY : Nkayi et MLA : Moutela.

DISCUSSION

Les résultats montrent que la durée de la RU a été de 9 mois dans les plantations de canne à sucre de la vallée du Niari, contre 8 mois dans celles d'eucalyptus du littoral. L'indice standardisé des précipitations a présenté une alternance entre les deux saisons et la déficience hydrique a été de l'ordre de 100 à 125 mm dans les plantations de canne à sucre, contre 150 à 270 mm dans celles d'eucalyptus.

Ces résultats confirment ceux obtenus par d'autres auteurs (Dagba, 1998 ; Laclau, 2001 ; Samba-kimbata, 2002) qui rapportent que le déficit hydrique dans le bassin côtier est de l'ordre de 200 à 350 mm.

De même, Samba-Kimbata (1991) reconnaît que la RU est maximale durant les mois les plus arrosés et minimale en saison sèche et au début de la saison des pluies. Cet auteur précise que la progression de la constitution et l'épuisement de la RU sont en accord avec l'évolution saisonnière des précipitations. La vitesse de l'épuisement de la RU a été très inégale d'une station à l'autre. Celle-ci étant fonction du régime des précipitations et du pouvoir de rétention en eau du sol.

Par ailleurs, Samba et Mbaye-Diop, (2000) ont fait remarquer l'existence d'une période de déficit

hydrique dans la région du Pool (Congo), 8 années sur 10 sur la période de 1950 - 1991. Ce déficit hydrique a été très prononcé au mois de juillet avec des valeurs de 98 mm à Boko et 59 mm à Kinkala.

Malgré le fait que les eucalyptus et la canne à sucre soient respectivement des plantes en C3 et C4, l'évolution de l'indice standardisé des précipitations (SPI) a présenté pratiquement les mêmes traits caractéristiques de déficit hydrique (durée et optimum en juillet ; Figure 2 et 3). Cet indice qui s'appuie exclusivement sur des précipitations, paraît par conséquent limité pour la comparaison de l'évolution de la réserve en eau dans les plantations industrielles au Congo.

Actuellement, les indices complexes, qui comprennent une composante météorologique et édaphique, sont très utilisés pour caractériser le déficit hydrique dans les plantations industrielles (Szep *et al.*, 2005). La composante météorologique tient compte des précipitations et de la température ambiante, alors que celle liée au sol, s'appuie sur l'ETP, l'ETR et la RU.

Concernant la RU, les travaux de Laclau, (2001) et de Nizinsky *et al.* (2002) ont relevé que les plantations d'eucalyptus du littoral au Congo présentent un système racinaire important et une souplesse d'adaptabilité même dans le cas de sols pauvres.

Dye (1996) a observé que les espèces d'eucalyptus présentent des besoins en eau importants principalement lors de leur phase de croissance et un système racinaire très développé. Cet auteur montre aussi comment le milieu environnant de cette espèce, à croissance rapide, est touché. Une diminution de la nappe phréatique est le plus souvent accompagnée d'une réduction du réseau hydrographique immédiat.

Ces considérations permettent d'admettre que le système racinaire des eucalyptus se développe rapidement et peut atteindre des profondeurs importantes (Laclau, 2001 ; Nizinsky *et al.*, 2002). C'est ainsi, qu'il est capable d'extraire, même à des horizons profonds, l'essentiel des éléments nutritifs pour les besoins de la plante. Ce système racinaire très important des eucalyptus serait probablement l'une des raisons à l'origine de leur souplesse d'adaptabilité, même dans un milieu reconnu moins favorable au développement des formations végétales.

Les différences constatées sur l'épuisement de la réserve utile dans les deux types de plantations industrielles, devraient peut être s'expliquer par l'importante consommation d'eau des espèces d'eucalyptus du littoral. Le déficit hydrique provoqué par le fléchissement pluviométrique au sud-ouest du Congo (Sambakimbata, 1978) peut permettre d'expliquer les faibles valeurs de l'ETR observées en janvier.

De même, la remarquable vitesse de constitution de la RU et de l'ETR constatée dans les plantations d'eucalyptus en mars (150 mm) et en novembre - décembre (100 mm), peuvent s'expliquer principalement par l'importante masse foliaire que développent ces plantes à croissance rapide et le niveau pluviométrique de la zone.

CONCLUSION

Les résultats, ont permis de caractériser le déficit hydrique dans les plantations industrielles du Congo.

Les valeurs maximales de la RU de l'ordre de 200 mm, partant sur les périodes de février à mai pour les plantations d'eucalyptus du littoral et de février à juin pour celles de canne à sucre de la vallée du Niari. La durée de la RU dans les plantations d'eucalyptus est de 8 mois contre 9

à 10 mois dans celles de canne à sucre. Dans les plantations d'eucalyptus, la RU s'épuise de façon effective en juillet pour se reconstituer en décembre. Pour la canne à sucre, cet épuisement de la RU est perceptible en août et la reconstitution en novembre.

Dans les plantations industrielles, l'ETR présente des maxima de l'ordre de 150 mm en mars et des minima, de l'ordre de 3 à 47 mm en août. La vitesse d'épuisement et de reconstitution de la réserve en eau dans le sol, a été plus importante dans les plantations d'eucalyptus que celles de canne à sucre.

L'évolution de l'indice standardisé des précipitations (SPI) a montré une alternance des périodes humides et sèches, avec des valeurs maximales et minimales de l'ordre de 2 et - 1,5 respectivement. A l'échelle mensuelle, le déficit hydrique est plus prononcé en juillet et août à N'kayi (- 80) qu'à Diosso (- 43). Par cet indice SPI, la caractérisation du déficit hydrique paraît plus limitée dans les plantations industrielles au Congo.

Enfin, la déficience hydrique dans les plantations industrielles du Congo montre que le déficit hydrique a été de l'ordre de 100 à 125 mm pour la canne à sucre, contre 150 à 270 mm pour les eucalyptus. Ce déficit hydrique part de juillet à octobre pour les eucalyptus et, de juillet à août-septembre pour la canne à sucre. Il a présenté une durée de 4 mois dans les plantations d'eucalyptus, contre 2 à 3 mois dans celles de la canne à sucre. Le déficit hydrique a été donc plus prononcé dans les plantations d'eucalyptus du littoral que dans celles de canne à sucre de la vallée du Niari.

REFERENCES

- Bigot S., T. Yao Brou, J. Oszwald et A. Diedhiou. 2005. Facteurs de la variabilité pluviométrique en Côte d'Ivoire et relations avec certaines modifications environnementales. *Sécheresse* 16 (1) : 5 - 13.
- Bouvet J. M. 1995. Evolution de la variabilité avec l'âge et corrélation juvénile - adulte dans les populations d'Eucalyptus. Thèse Doctorat. INAPG, Paris 236 p.
- Camberlin P. and M. Diop 2003. Application of daily rainfall principal component : Analysis to the assessment to rainy season characteristics in Senegal. *Climate Research* 23 : 159 -169.

- Dagba E. 1998. Teneur en eau et en éléments minéraux du sol. Diagnostic foliaire et croissance de l'Eucalyptus à Hinda (Congo). Rapport interne ORS TOM Pointe-noire Congo : 1 - 5.
- Djondo Y. M. 2001. Essai d'évaluation de l'alimentation hydrique de la canne à sucre à Saris Congo. Rapport Séminaire international AFCAS du 5 au 8 juin 2001 à Yamoussoukro Côte d'Ivoire. 11p.
- Dye P. J. 1996. Response of *Eucalyptus grandis* trees to soil water deficits. *Tree Physiology* 16 : 233 - 238.
- Laclau J. P. 2001. Dynamique du fractionnement minéral d'une plantation d'Eucalyptus. Effets du reboisement sur un sol de savane du littoral congolais : conséquences pour la gestion des plantations industrielles. Thèse de Doctorat. Unique INAPG. Paris 145 p.
- Lisson S. N., N. G. Bamber-Inman, M. J. Robertson and B. A. Keating. 2005. The historical and future contribution of crop physiology and modelling research to sugarcane production systems. *Field Crops Research* 92 : 321 - 335.
- Maloba Makanga J. D. et G. Samba. 1997. Organisation pluviométrique de l'espace Congo-Gabon. *Sécheresse* 8 : 39 - 45.
- Mc Kee T. B., N. J. Doesken and J. Kleis. 1995. Drought research monitoring with multiple times scales. Preprints, 9^e conference on applied climatology 15 - 20 January Dallas IX, 233 - 6.
- Moundzeo L. 2007. Déficit hydrique et séquestration du carbone dans un massif de plantation industrielle sous climat tropical humide. Thèse de doctorat unique. Université Marien Ngouabi de Brazzaville (Congo). 103 p.
- Nizinsky G., J. J. Loumeto, M. B. Ayoma, A. M. Ngoma et N. R. N. Semi. 2002. Evapotranspiration réelle de plantation d'eucalyptus dans le bassin du Kouilou (Congo). *Ann. Univ. M. Ngouabi* 3 (1) : 58 - 69.
- Nouvellon Y., O. Roupsard, L. Saint-André, O. Hamel, J. M. Bonnefond, W. Mouvondy, D. Epron, Ch. Jourdan, A. Mabiata, L. Moundzeo, R. Joffre, P. Berbigier, M. Irvine, J. P. Laclau, P. Bouillet, H. N'Tongo et J. Dausat. 2001. Séquestration de carbone des plantations d'Eucalyptus au Congo. Note interne UR2PI/CIRAD-Forêt, Projet ATP Carbone 13 p.
- Riou C. 1975. La détermination de l'évaporation. Application à l'Afrique centrale. Mémoire ORS TOM 218 p.
- Saint-André L., A. M'Bou-Thongo, A. Mabiata, W. Mouvondy, Ch. Jourdan, O. Roupsard, Ph. Déléporte, O. Hamel and Y. Nouvellon. 2005. Age-related equations for above and below ground biomass of a Eucalyptus hybrid in Congo. *Forest Ecology and Management* 2045 : 199 - 214.
- Samba G., M. Diop. 2000. Bilan hydrique dans la région du Pool (République du Congo) *Cahiers Agricultures* 9 : 47 - 53.
- Samba-Kimbata J. M. 1978. Le climat du Bas-Congo, Thèse Doctorat 3^e cycle, Dijon, 2 vol., 280 p.
- Samba-kimbata J. M. 1991. Précipitations et bilans de l'eau dans le bassin côtier du Congo et ses marges. Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Bourgogne Dijon. Tome 1, 237 p.
- Samba-kimbata J. M. 2002. Rythme bioclimatique et comportement phénologique de la végétation en république du Congo. *Ann. Univ. M. Ng.* 2(3) : 81 - 92.
- Sultan B., Ch. Baron, M. Dingkuhn, B. Sarr. 2005. La variabilité climatique en Afrique de l'Ouest aux échelles saisonnières. II - Application à la sensibilité des rendements agricoles au sahel. *Sécheresse* 16(1) : 23 - 33.
- Szep J. L., J. Mika and Z. Dunkel. 2005. Palmer drought severity index as soil moisture indicator: physical interpretation, statistical behaviour and relation to global climate. *Physics and chemistry of the Earth* 30 : 231 - 243.