Contribution à la cartographie des états de surface d'un bassin versant sahélien et au suivi de leur évolution : recouvrement de la végétation et phytomasse herbacée

Jean-Louis Devineau

▶ **To cite this version:**

Jean-Louis Devineau. Contribution à la cartographie des états de surface d'un bassin versant sahélien et au suivi de leur évolution : recouvrement de la végétation et phytomasse herbacée. Journées Télédétection, Nov 1988, Bondy, France. pp.69-78. ird-00357192

HAL Id: ird-00357192
https://ird.hal.science/ird-00357192

Submitted on 29 Jan 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONTRIBUTION A LA CARTOGRAPHIE DES ETATS DE SURFACE D'UN BASSIN VERSANT SAHELIEN ET AU SUIVI DE LEUR EVOLUTION : RECOUVREMENT DE LA VEGETATION ET PHYTOMASSE HERBACEE

Jean Louis DEVINEAU

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un contrat ORSTOM/PEPS (N°149, responsable J.M. LAMACHERE). Les résultats présentés ici concernent la végétation, ils font cependant partie d'un programme pluridisciplinaire plus vaste de cartographie des états de surface d'un bassin versant sahélien mis en oeuvre par une équipe de cinq chercheurs: J.M. LAMACHERE (hydrologue), J.L. DEVINEAU et A. FOURNIER (phytoécologues), C. MALEK (géomorphologue) ainsi que B. LORTIC de l'unité de télédétection de Bondy.

Ce programme s'inscrit dans les travaux de l' ORSTOM sur la modélisation de l'écoulement des eaux sur des bassins versants sahéliens grâce à des simulations de pluie sur le terrain et à la cartographie des états de surface par classification multispectrale d'une image satellitaire (CHEVALLIER *et al*, 1985, ALBERGEL *et al*, 1987).

Les mesures de ruissellement montrent l'influence du couvert végétal sur l'infiltration superficielle de l'eau, c'est pourquoi l'étude de la végétation, en particulier l'estimation du recouvrement et de la phytomasse herbacés, était un des principaux objectifs du programme PEPS-OURSI. Grâce au satellite SPOT, des images spatiales ont été obtenues en saison pluvieuse. Sur les quatre images acquises par le programme, deux (9 août et 4 septembre 1986) se situent ainsi au cours de la période de végétation, la seconde correspondant au maximum de phytomasse pour la plupart des milieux.

I. COLLECTE DES DONNEES DE TERRAIN

I.1. Plan d'échantillonnage

La distribution des sites sondés est fondée sur un échantillonnage stratifié faisant intervenir des critères radiométriques ainsi que les critères physiographiques habituellement retenus (géomorphologie, position topographique, physionomie de la végétation, etc.),.

Une simulation SPOT de 1981 a en effet permis de "stratifier" la zone étudiée à partir de l'examen d'une composition colorée et d'une classification automatique de l'image réalisée par B. LORTIC et C. MALEK.

Le nombre de sites sondés a été limité par la nécessité d'effectuer les mesures au sol de façon synchrone avec le passage du satellite. Les campagnes de terrain se sont ainsi déroulées sur une période d'une dizaine de jours, centrée sur la date de passage du satellite.

La prise en compte de l'aspect "coût en temps" de l'échantillonnage est intervenue dans le choix des techniques d'estimation des différentes variables du couvert. C'est pourquoi, par exemple, des techniques d'échantillonnage systématique en ligne ont souvent été utilisées.

I.2. Echelle d'estimation des descripteurs

Deux impératifs gouvernent le choix de la taille des parcelles inventoriées.

Le premier est lié au pouvoir de résolution du satellite et à la précision des repérages.

Il est généralement admis que les dimensions minimales (A) des parcelles échantillons s'estiment par la formule:

$A = P(1+2L)$

où P = dimension du pixel et

L = précision du repérage en nombre de pixels. (JUSTICE *et al.*, 1981).

Pour une précision de localisation de +/- 1 pixel, en mode multispectral SPOT, l'aire minimale serait de 60x60m, mais cette taille a semblé trop faible pour tenir compte du second impératif qui est lié à la représentativité thématique des parcelles inventoriées et à leur variabilité intrinsèque.

A Oursi les études au sol, l'analyse de la simulation SPOT de 1981 ainsi que les conclusions des travaux de LEVANG (1978) et LEVANG *et al* (1980) ont conduit a définir des sites de plus grande taille sur lesquels les mesures ont été réalisées le long de lignes de 500 à 1000 mètres qui permettent de prendre en compte la "macrohétérogénéité" des milieux (fig.1).

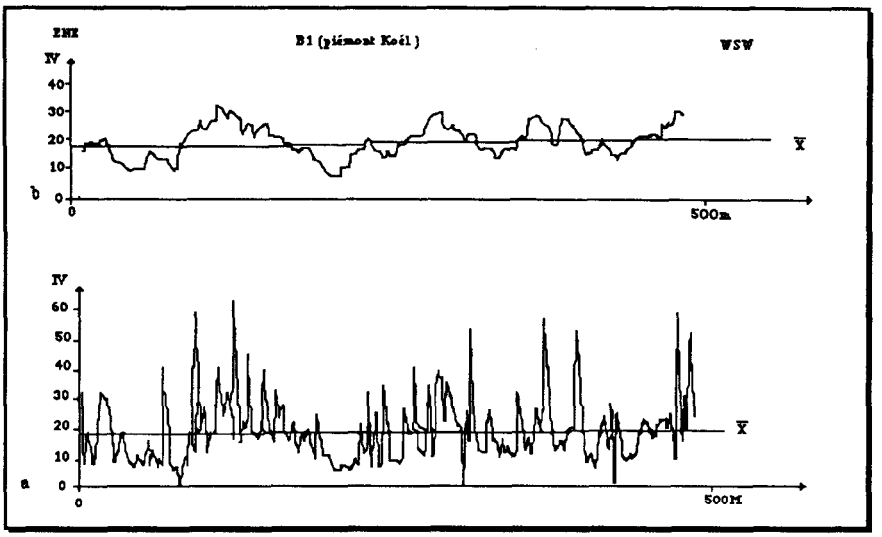

Figure 1. Exemple d'une série de mesures radiométriques réalisées à deux mètres au dessus du sol sur un glacis de piedmont
a) variation de l'indice de végétation dans la série d'origine (une mesure tous les 2,5m)
b) lissage avec un pas de 8 par la méthode des moyennes mobiles
(une structure en plaque à l'échelle hectométrique apparait nettement)

I.3. Mesures et observations réalisées au sol

Mesures faites à chaque passage du satellite

-Estimation par "point-contacts" (200 points le long de lignes de 500m) du recouvrement, du phytovolume et de la part relative des parties vivantes et mortes au sein de la strate herbacée. A chaque date une trentaine de sites ont ainsi été sondés.

L'ensemble des sites sondés regroupe une large gamme de couvert herbacé. Fin juillet, sur dune le recouvrement varie de 39 à 86% avec une moyenne de 66%, la part relative du matériel vert étant de 92%. Fin août, la gamme des recouvrements observés va de 33 à 78% avec une valeur moyenne de 49%, ce qui représente une baisse sensible par rapport au mois précédent. Sur glacis les valeurs moyennes sont plus faibles, n'atteignant à leur maximum fin août, que 23% avec un taux relatif de matériel vert de l'ordre de 88% (fig.2).

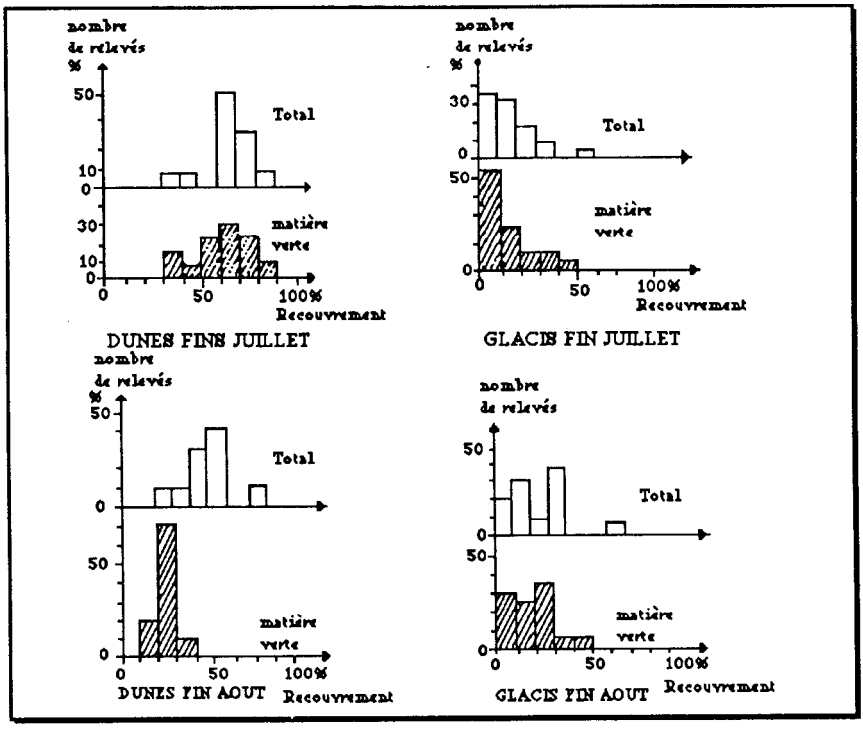

Figure 2. Répartition en classes de recouvrement herbacé des relevés effectués sur dunes N sur glacis

-Sur un nombre plus restreint de sites (une dizaine à chaque date) ont aussi été réalisées:

- l'estimation des phytomasses par la méthode de la récolte (30 carrés de 1m ^{2} par site);
- des mesures radiométriques en série à 2m au dessus du sol, couplées, pour certaines, avec les mesures de phytomasse (radiomètre CIMEL).

Mesures faites une fois à la période la plus favorable

-Estimation du recouvrement ligneux, par la méthode de la ligne.

Les recouvrements linéaires ainsi obtenus sont faibles sur l'ensemble des sites observés. Les plus fortes valeurs rencontrées sur dune atteignent 11%, mais la valeur moyenne du recouvrement ligneux dans ces milieux n'est que de l'ordre de 2,5%. Sur glacis le recouvrement ligneux moyen est sensiblement plus faible (1,6%), bien que des valeurs de l'ordre de 8% aient été localement rencontrées (fig.3).

-De plus l'inventaire floristique de tous les sites sondés a été réalisé en août et en septembre.

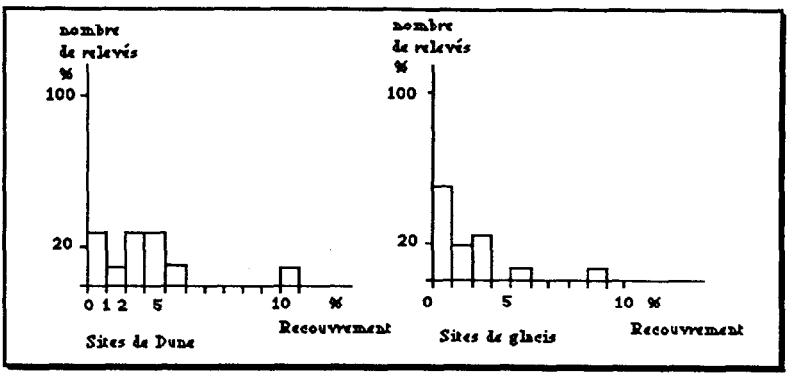

Figure 3. Répartition en classe de recouvrement arboré et arbustif des relevés effectués sur dune et sur glacis

II. RESULTATS

Aucune corrélation n'existe entre les différentes variables du couvert et les valeurs radiométriques des canaux S1 et S2 des images SPOT, ni sur la scène d'août ni sur celle de septembre (tab. I).

	GLAI	LAI	RV	RT	RTT
S1	0,113	0,115	0,120	0,139	0,148
S2	-0,034	-0,029	-0,045	-0,026	-0,016
S3	0,770	0,554	0,491	0,679	0,684
IVN	0,906	0,924	0,910	0,925	0,923

Tableau I. Valeurs du coefficient de corrélation entre les différentes variables du couvert et les valeurs radiométriques des canaux SPOT
a) scène du 9 août (ddl=25) (seuil 0,95= 0,380; 0,99= 0,490)

	GLAI	LAI	RV	RT	RTT
S1	0,009	0,052	-0,017	0,122	0,134
S2	-0,009	0,079	-0,038	0,181	0,195
S3	0,381	0,554	0,491	0,679	0,684
IVN	0,757	0,857	0,901	0,869	0,863

b) scène du 4 septembre (ddl=25)
GLAI, LAI: indice foliaire matière verte et matière totale;
RV, RT, RTT: recouvrements, matière herbacée verte, totale, herbes + arbres;
IVN: indice de végétation normalisé

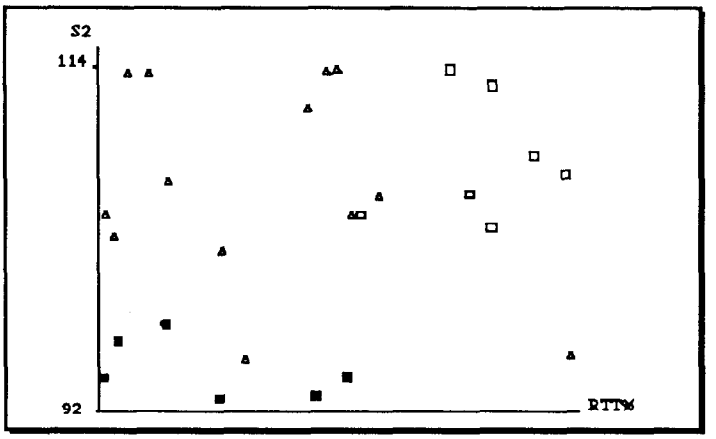

Figure 4. Corrélation entre le recouvrement total de la végétation et a)le canal S2, (légende , voir figure 4c)

L'absence de corrélation entre le couvert végétal et la réflectance dans le canal S1 n'est pas surprenante. Elle l'est en revanche pour le canal S2, ordinairement sensible à l'absorption chlorophyllienne,où l'interférence de la couleur des sols est déterminante (fig.4a).

Des corrélations positives significatives existent en revanche avec le canal S3, néanmoins l'influence de la réflectance du substrat est encore perceptible (tab. Ia et b et fig.4b).

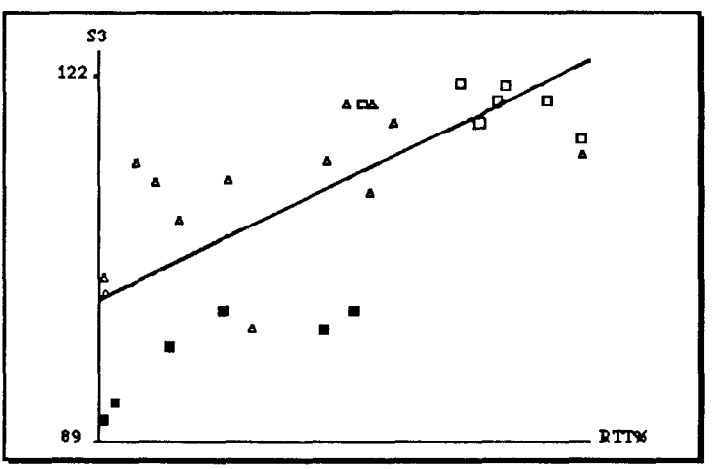

Figure 4. Corrélation entre le recouvrement total de la végétation et b) le canal S3 (légendes, voir figure 4c)

Les meilleures corrélations sont obtenues avec l'indice de végétation normalisé: IVN= S3-S2/S3+S2[1] (tab. Ia et b et fig.4c).

[1]L'indice de végétation normalisé a été calculé par la formule: $IVN=\frac{256 \cdot S3}{S3+S2}$, pour être compatible avec la gamme des valeurs numériques des images SPOT (0-256).

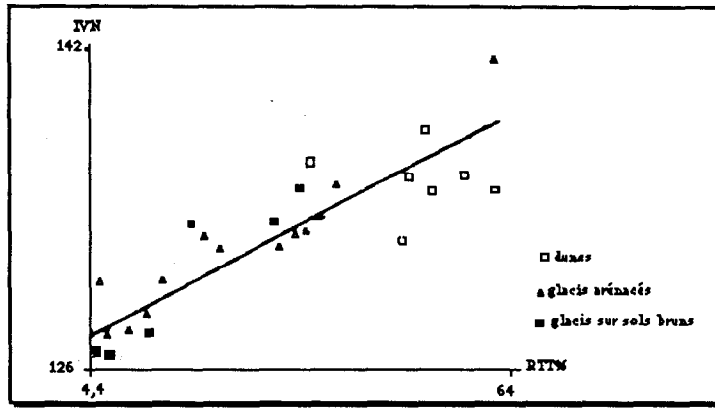

Figure 4. Corrélation entre le recouvrement total de la végétation et c) l'indice de végétation (vue du 4 septembre)

Une même loi de régression a pu été utilisée pour les images du 9 août et du 4 septembre (fig.5).

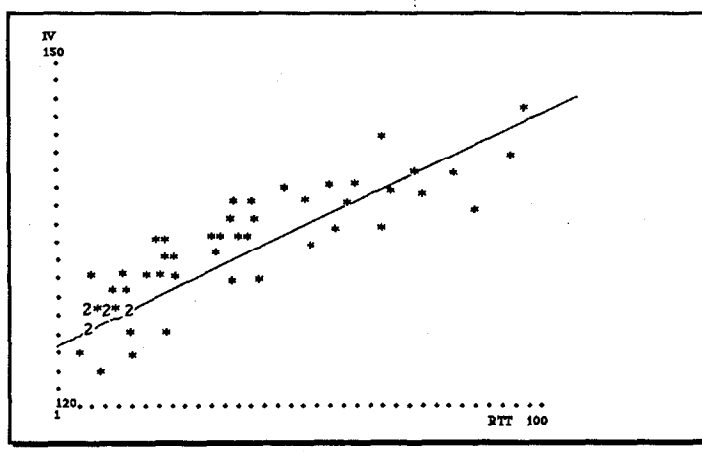

Figure 5. Régression entre l'indice de végétation (IV) et le recouvrement total de la végétation (RTT) (valeur d'août et de septembre réunies)

Les lois de régression linéaire sont les plus satisfaisantes pour les estimations par points-contacts, limitées aux zones de dunes et de glacis à recouvrement faible (maximum 86%). Les données relatives à la phytomasse, comprenant de fortes valeurs (5t/ha) en bord de mare sont en revanche mieux corrélées à l'indice de végétation après transformations logarithmiques (tab. II et III et fig.6).

	GLAI	LAI	RV	RT	RTT	LGLAI	LLAI	LRV	LRT	LRTT
IVN	.815	.896	.838	.896	.899	.857	.888	.868	.872	.876
LIVN	.806	.887	.831	.891	.893	.855	.887	.867	.871	.876

Tableau II. Valeurs du coefficient de corrélation entre l'indice de végétation et diverses variables du couvert végétal (valeurs d'août et de septembre réunies; ddl=51)
GLAI, LAI: indice foliaire matière verte et matière totale; LGLAI, LLAI: logarithmes;
RV, RT, RTT: recouvrements, matière herbacée verte, totale, herbes + arbres; LRV, LRT, LRTT: logarithmes;
IVN: indice de végétation normalisé; LIVN: logarithme.

	P	LP
IVN	.869	.888
LIVN	.862	.892

Tableau III: Valeurs du coefficient de corrélation entre l'indice de végétation et la phytomasse herbacée (valeurs d'août et de septembre réunies)
P: phytomasse herbacée (poids de matière sèche);
LP: logarithme;
IVN: indice de végétation normalisé;
LIVN: logarithme.

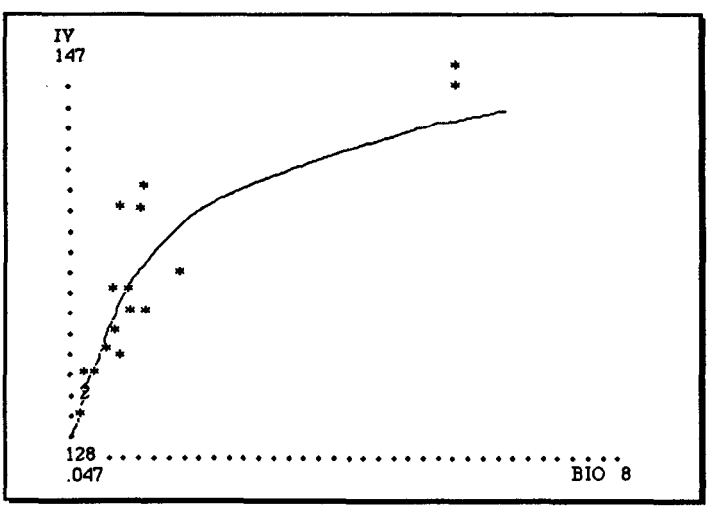

Figure 6. Régression entre la phytomasse herbacée (BIO) et l'indice de végétation (IV) (valeurs d'août et de septembre réunies

Finalement les fonctions de régression retenues sont:

$$IVN = 0{,}188RTT + 125{,}27$$

et

$$IVN = 137{,}12P^{0{,}0279}$$

où

IVN = indice de végétation normalisé; RTT = recouvrement total de la végétation (herbes + arbres); P = phytomasse herbacée.

L'étude statistique des images spatiales permet d'estimer la phytomasse herbacée sur l'ensemble du bassin versant (à l'exclusion de la végétation de mare, des formations arborées de bas fonds et des massifs rocheux). La phytomasse moyenne calculée à partir de la scène du 9 août est ainsi de

0,540 t/ha, celle calculée à partir de la scène du 4 septembre de 0,708 t/ha. Ces valeurs correspondent respectivement à 34570 t et 45309 t sur les 64000 ha du bassin versant.

Il faut cependant remarquer qu'une large part de cette phytomasse est localisée dans les milieux les plus productifs: bords de mare, bas fonds et dépressions. C'est ainsi que les sites à forte phytomasse (4-5 t/ha), qui occupent en septembre moins de 5% du territoire étudié, contribuent pour plus de 30% au stock fourrager du bassin versant. A l'inverse, sur plus de 80% de la zone étudiée la phytomasse moyenne ne dépasse pas 0,250 t/ha, ce qui représente seulement 35% de la phytomasse du bassin versant (fig.7).

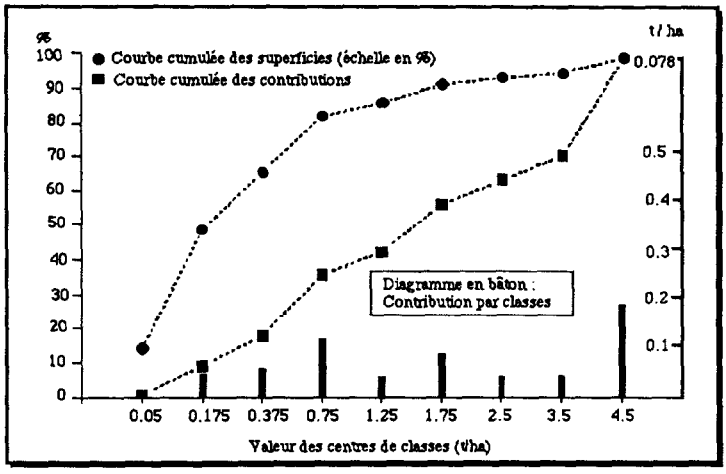

Figure 7. Contribution des différentes classes de phytomasse moyenne estimée sur le bassin versant à partir de la scène du 4 septembre

La valeur moyenne de 0,708 t/ha obtenue en septembre 1986 correspond à la phytomasse maximale présente en fin de saison des pluies. Elle est comparable à celles obtenues à Oursi par divers auteurs, à l'aide de méthodes ne faisant pas appel à la télédétection. L'utilisation du modèle de GROUZIS (1987) rapporté aux précipitations annuelles de 1986 (356mm)[1] donne ainsi une valeur moyenne de 0,748 t/ha sur l'ensemble du bassin versant. Par ailleurs SICOT estime en octobre 1976 à 0,90-0,98 t/ha la phytomasse moyenne sur l'ensemble du bassin versant pour une pluviométrie de 400mm, alors que LEVANG en octobre 1977 obtient 1,11 t/ha avec une pluviométrie de 424 mm. La valeur établie par télédétection tient cependant compte de l'importante variabilité des pluies observée sur le bassin versant en 1986. Dans certains milieux potentiellement productifs les biomasses observées sont en effet faibles, c'est le cas du cordon dunaire à l'ouest d'Oursi où la pluviométrie annuelle a été inférieure à 200mm en 1986, soit moitié moindre que celle de la station principale de Jalafanka

[1]Pour être cohérent avec les résultats de GROUZIS la pluviométrie utilisée est celle du poste de JALAFANKA (450mm) a laquelle est appliqué le coefficient d'abattement moyen de 0,88 qui rend compte, selon cet auteur, de la variabilité spatiale des pluies sur l'ensemble du bassin versant.

BIBLIOGRAPHIE

ALBERGEL J., CHEVALLIER P., LORTIC B.; 1987- Hydrol. continent, 2 (2): 77-86.

CHEVALLIER P., LOINTIER M., LORTIC B.; 1986- Hydrologic Applications of Space Technology (Proceedings of the Cocoa Beach Workshop, Florida, August 1985) IAHS Publications, 160: 99-107.

DEVINEAU J.L., FOURNIER A., LAMACHERE J.M.; 1986- Programme d'évaluation préliminaire SPOT, PEPS N°149 SPOT -OURSI; Rapport intermédiaire 52p. .

DEVINEAU J.L., FOURNIER A., LAMACHERE J.M., LORTIC B. MALEK C.; 1988 - Programme d'évaluation préliminaire SPOT, PEPS N°149 SPOT OURSI; Rapport final (à paraître).

GROUZIS M.; 1987- Thèse d'Etat Paris XI (Orsay); 336P..

JUSTICE C.O., TOWNSHEND J.R.G.; 1981 - in : Terrain analysis and remote sensing, J.R.G. TOWNSHEND Ed.; ALLEN & UNWIN, London: 38-58.

LAMACHERE J.M.; 1987- Conf. Int. SPOT I Utilisation des images, bilan, résultats, Paris; CNES: 41-51.

LEVANG P.; 1978- ACC Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan (Haute Volta). Rapport ronéoté; DGRST-ORSTOM 34p. 1 carte H.T. .

LEVANG P., GROUZIS M.; 1980-Acta Oecol., Oecol. Plant., 15(3):231-244.