

APPLICATION DES DONNEES LANDSAT A
L'ESTIMATION DE LA PRODUCTION PRIMAIRE
DU LAC TCHAD

J. LEMCALLE

Application des données Landsat à l'estimation de
la production primaire du lac Tchad
(Scène du 22 Juin 1975)

Rapport interne

1 - INTRODUCTION

Le lac Tchad forme un écosystème vaste et hétérogène dans lequel les paramètres de la production primaire, (transparence et chlorophylle) varient dans une large gamme en fonction du lieu et du temps. Les satellites Landsat peuvent fournir une image quasi-synoptique (2 jours) de la surface totale du lac. Il était donc intéressant de chercher si les signaux Landsat pouvaient être utilisés pour :

- déterminer les zones dont les luminances de surface sont identiques
- relier les luminances de surface à des paramètres physico-chimiques mesurés in situ.

Une partie de la scène 82 2151 08394 du 22 juin 1975, correspondant aux eaux libres du sud-est situées au nord du delta du Chari (colonnes 818-1017, lignes 800 - 1280) a été étudiée au moyen de programmes réalisés par le Bureau de Télé-détection de l'ORSTOM. Dans la suite du texte la localisation d'un point se fera par référence à la ligne et à la colonne sur lesquelles il se trouve (fig. 1).

Les données de terrain ont été obtenues lors d'un trajet sur l'axe delta-KaïomLimnigraphe, le 1er juillet 1975 (tournée W dont l'ensemble des résultats physico-chimiques est donné ailleurs (CHANTRAINE - LEMOALLE, 1976)).

2 - LFS DONNEES LANDSAT

Les données Landsat ont été utilisées sous les deux formes disponibles : images photographiques et bande magnétique :

2.1 Examen des luminances sur la colonne 920

2.1.1. La densité du film négatif 70 mm en fonction de la distance au delta est reportée figure 2 pour les canaux 5 et 6. Le manque de résolution du densitomètre employé peut masquer certains détails ; il reste néanmoins évident que le canal 5 ne distingue pas de types d'eau différents alors que la sensibilité, bonne en canal 6, permet d'observer un gradient de luminances.

2.1.2. Sur la bande magnétique, la lecture des luminances a été faite sur des groupements de 5 x 5 éléments d'image (pixels), centrés sur le pixel X déterminé par une ligne donnée et la colonne 920. Dans chacun de ces groupements la moyenne de chaque ligne a été calculée. De ces cinq moyennes on a éliminé la plus faible et la plus forte de façon à ne pas retenir les valeurs aberrantes qui peuvent provenir du dérèglement de l'un des six détecteurs (striping). La moyenne des trois lignes restantes est considérée comme définissant le groupement de centre X 920. Les luminances détectées par les capteurs sont notées I, l'indice indiquant le canal utilisé.

Les valeurs des luminances de 23 groupements répartis sur les eaux libres, reportées dans le tableau I, permettent plusieurs constatations.

- la sensibilité dans chaque canal, représentée par l'étendue et l'écart type de 23 valeurs, est très variable : trop faible en canal 4 et 5, elle est notable en canal 7 et bonne en canal 6.

- Les résultats en canal 6 concordent avec les mesures de densitométrie effectuées sur l'image (figure 2). Du nord au sud les luminances décroissent avec une dépression marquée vers la ligne 980.

- Il existe une relation entre les luminances enregistrées dans les canaux 6 et 7 ; cette relation est linéaire dans le domaine observé.

- La représentation cartographique des luminances permet de définir dans la région étudiée 6 classes d'eaux à propriétés optiques différentes en canal 6, et 5 classes en canal 7 (figures 4 et 5).

3 - MESURES DE TERRAIN

La localisation approximative des points de prélèvements a été faite par chronométrage des temps de parcours successifs (figure 1). Les paramètres retenus sont la transparence DS mesurée au disque de Secchi, et la concentration B en chlorophylle des échantillons de surface, exprimée en mg Chl a/m³ (tableau II). Du fait de la turbulence et de la faible profondeur, la répartition verticale du phytoplancton est en général homogène. La concentration de surface est donc représentative de toute la colonne d'eau.

Alors qu'il n'existe pas, en période de Tchad normal, de relation entre la transparence et la chlorophylle (LEMOALLE, 1973) une relation linéaire du type $B = f(1/DS)$ apparaît parfois depuis l'assèchement partiel de 1973. C'est le cas pour les échantillons de la tournée du 1.7.1975 (figure 6) où il n'est pas possible de déterminer les parts respectives du phytoplancton et des particules minérales dans les propriétés optiques de l'eau.

L'examen de la figure 6 indique par ailleurs que tous les échantillons présentent la même relation entre B et DS et peuvent donc être classés dans le même type d'eau. Le point W2 se situant à part dans l'évolution surd-nord des concentrations et des transparences.

4 - RELATIONS ENTRE LES DONNEES LANDSAT ET LES MESURES DE TERRAIN

L'axe des points de prélèvements ne coïncide pas avec la colonne 920. En première approximation nous comparons cependant les données des points d'échantillonnage avec les données des points Landsat situés sur la colonne 920 ayant le même numéro de ligne X (note 1).

Ayant déterminé pour les points de prélèvement les différentes valeurs de X, les courbes de la figure 3 représentant $I_6 = f(x)$ et $I_7 = f(x)$ permettent de définir les luminances de ces points (tableau II).

Les relations entre les paramètres de terrain B et DS et les luminances I_6 et I_7 dans les canaux 6 et 7 sont représentées figure 7.

La sensibilité de I en fonction de B est plus grande pour le canal 6 et les relations sont plus étroites avec B qu'avec DS. Dans les quatre cas de figure un point se détache du groupe de mesures : le point W2 dont nous avons indiqué que, bien que correspondant au même type d'eau que les autres, il se situait à part dans l'évolution spatiale des transparences. Il est possible que les valeurs trouvées en W2 le 1.7.1975 correspondent à une masse d'eau très localisée qui n'existait pas à cet endroit lors du passage du satellite le 22 juin.

En admettant cette hypothèse, qui serait sans raison dans le cas d'un synchronisme entre les mesures in situ et les données Landsat, il est possible de tracer les relations liant I_6 et I_7 à B et $1/DS$. Il est à souligner que ces droites et courbes ne sont valables que pour ce type d'eau, pour la scène considérée, et dans la gamme des paramètres mesurés.

5 - CONCLUSION

Les relations qui viennent d'être établies (figure 7) sont obtenues dans un cas simple où la chlorophylle et la transparence varient dans le même sens. BUKATA et al. (1974a, 1974b) ont montré, dans certain cas, une relation entre la turbidité minérale et la luminance en canal 5, tandis que la chlorophylle influence plus nettement en canal 6. Etant donné les fortes valeurs de turbidité rencontrées en période de Tchad normal, il n'est pas exclu que la différenciation soit alors difficile.

Dans le cas présent (note 1), les données Landsat dans les canaux 6 et 7 permettent de mettre en évidence des zones d'eau de qualités différentes. Une représentation de la répartition de ces luminances permet de distinguer 5 à 6 classes d'eau et d'en tracer les limites. La meilleure sensibilité, obtenue en canal 6, est supérieure à celle du canal 7 tandis que les canaux 4 et 5 sont inutilisables.

La relation entre les luminances détectées et les paramètres mesurés sur le terrain permet d'attribuer aux différentes zones des valeurs approchées de concentration superficielle de chlorophylle et de transparence. Les recherches en cours sur la production primaire dans le lac Tchad montrent que celle-ci est fonction de trois paramètres : la transparence DS, la concentration en chlorophylle B, et la nature optique de l'eau qui dépend des participations relatives dans l'atténuation de la lumière des particules minérales, du phytoplancton et de la matière organique dissoute. La nature optique de l'eau est en général homogène dans chacune des grandes zones du lac et donc aisément déterminée.

Il est donc possible d'extrapoler grâce aux données Landsat à une surface de lac les mesures de chlorophylle et de transparence effectuées sur un axe. Dans le cas où de grandes distances sont en jeu, comme pour le lac Tchad, cette technique présente un intérêt évident. Il faut cependant remarquer qu'elle n'est valable que si :

- les paramètres B et DS sont situés dans une gamme telle que leurs variations sont détectables par le satellite,
- la surface étudiée ne comporte ni nuages, ni ombres de nuages,
- des données de terrain aussi synchrones que possible du passage du satellite sont collectées.

REFERENCES

- BUKATA R.P. et al., 1974 - The detection of suspended solids and chlorophyll a utilizing digital multispectral ERTS-I data. Second Canadian Symp. on Remote Sensing, Ottawa, : 551-579.
- BUKATA R.P., J.E. BRUTON, 1974 - The application of telemetered ERTS data to lakes research. Second Canadian Symp. on Remote Sensing Ottawa, : 495-506.
- CHANTRAINE J.M., J. LEMOALLE, 1976 - Analyses d'eaux du lac Tchad en 1975. ORSTOM, N'Djamena, 14 p. multig.
- LEMOALLE J., 1973 - L'énergie lumineuse et l'activité photosynthétique du phytoplancton dans le lac Tchad. Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol., 7, 2, : 95-116.
- ORSTOM, 1977 - Les satellites d'observation de la terre Landsat. ORSTOM, Bureau de Télédétection, 22 p. multig.

TABLEAU I - Données Landsat du 22 juin 1975. Colonne 920.

Ligne	l_4	l_5	l_6	l_7
870	36,67	39,27	36,00	8,53
895	37,33	40,00	37,47	8,73
900	37,33	39,67	37,80	8,00
945	36,87	39,27	34,33	7,33
950	37,13	39,20	34,00	6,80
955	37,60	38,27	32,80	6,60
960	37,33	39,53	32,13	6,33
995	37,20	39,20	32,73	6,07
1000	36,87	38,87	32,53	6,00
1025	37,00	39,93	34,13	6,40
1030	37,80	40,07	35,07	6,47
1055	37,73	40,00	34,80	6,80
1060	37,47	39,40	34,93	6,80
1095	37,47	39,67	32,60	6,07
1100	37,33	39,87	32,53	6,33
1125	37,47	39,60	30,60	5,40
1130	36,93	39,13	30,13	5,13
1155	37,07	38,60	28,33	5,20
1160	36,87	38,93	28,27	5,00
1195	37,53	39,40	27,00	4,60
1200	37,00	39,80	26,93	4,80
1220	37,00	39,87	27,53	5,40
1225	37,20	40,00	27,80	5,60
\bar{m}	37,23	39,46	32,19	6,28
σ	0,30	0,48	3,32	1,12
étendue	1,13	1,80	10,87	3,93

TABLEAU II - Paramètres concernant les mesures de terrain
 (tournée W du 1.7.1975)

Point	Ligne	B mg/m ³	DS cm	DS ⁻¹ m ⁻¹	I ₆	I ₇
W 1	1010	80	11	9,1	33,5	6,25
2	1040	52	19	5,3	35,0	6,75
3	1070	89	12	8,3	34,0	6,60
4	1105	64	17	5,9	32,0	5,90
5	1130	47	19	5,3	30,2	5,30
6	1160	38	27	3,7	28,3	5,10
7	1180	20	30	3,3	27,5	4,90
8	1200	12	35	2,9	26,9	4,80

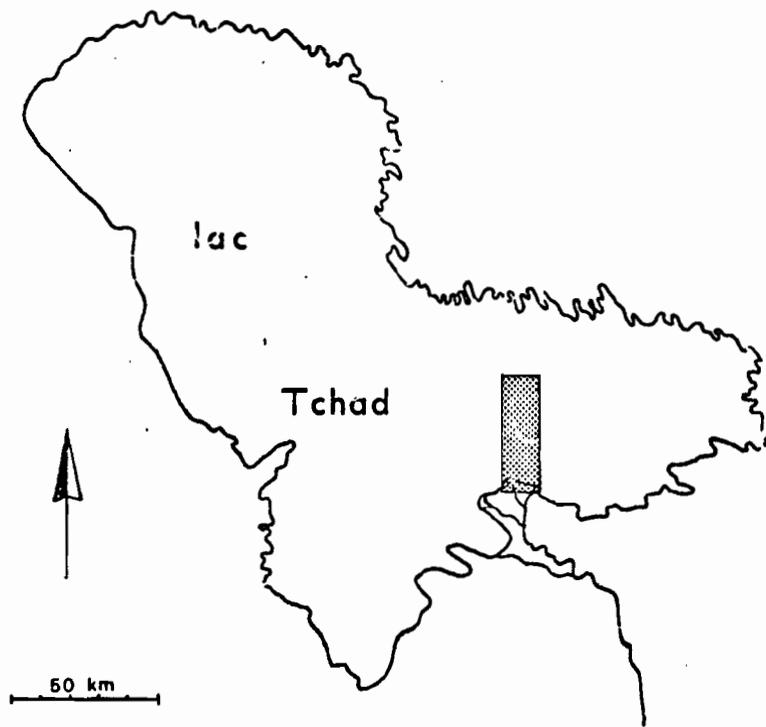
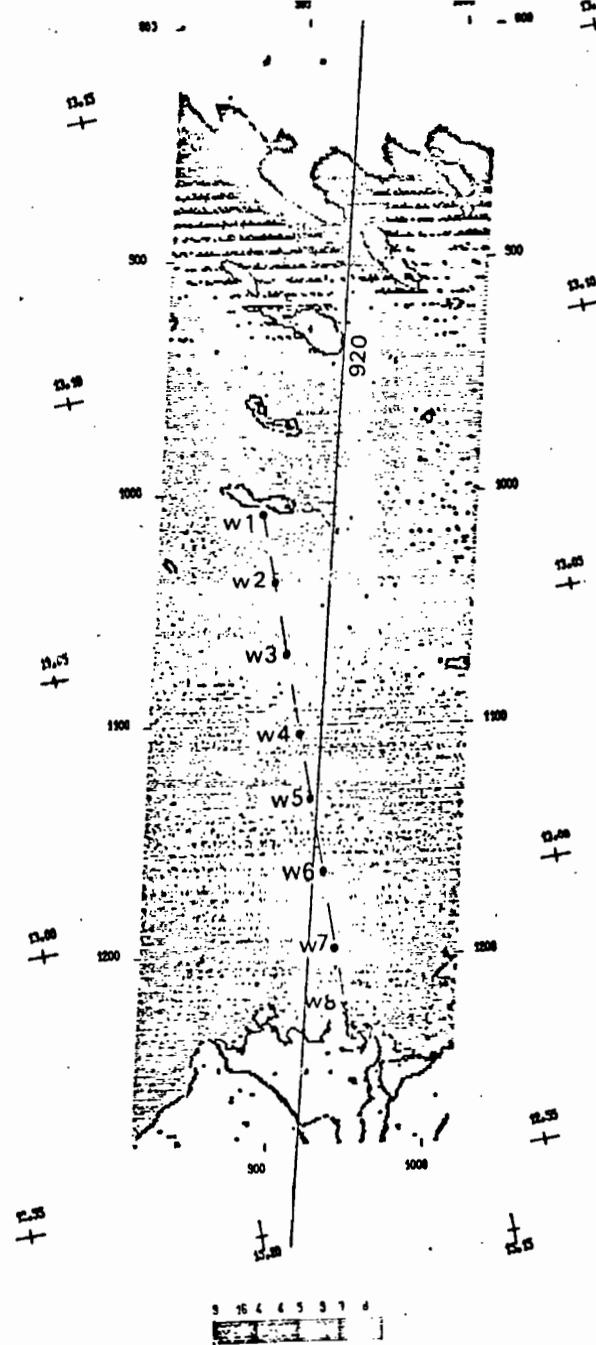


Figure 1 - Localisation du secteur étudié dans la partie est du lac Tchad. Position des points de prélèvement et orientation de la colonne 920 dans l'image.



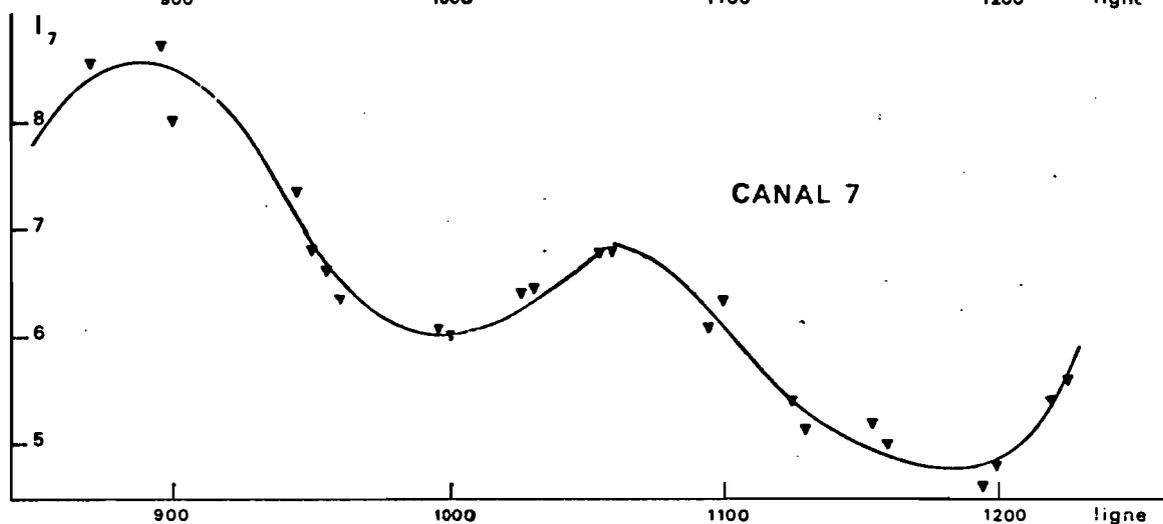
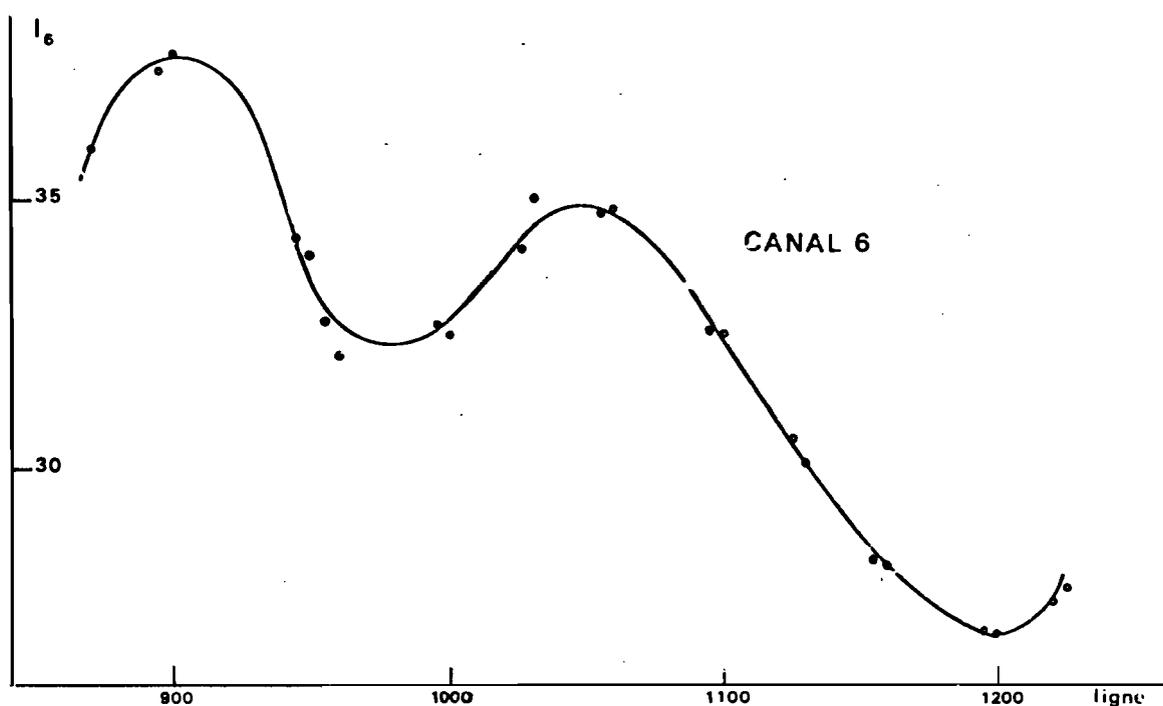
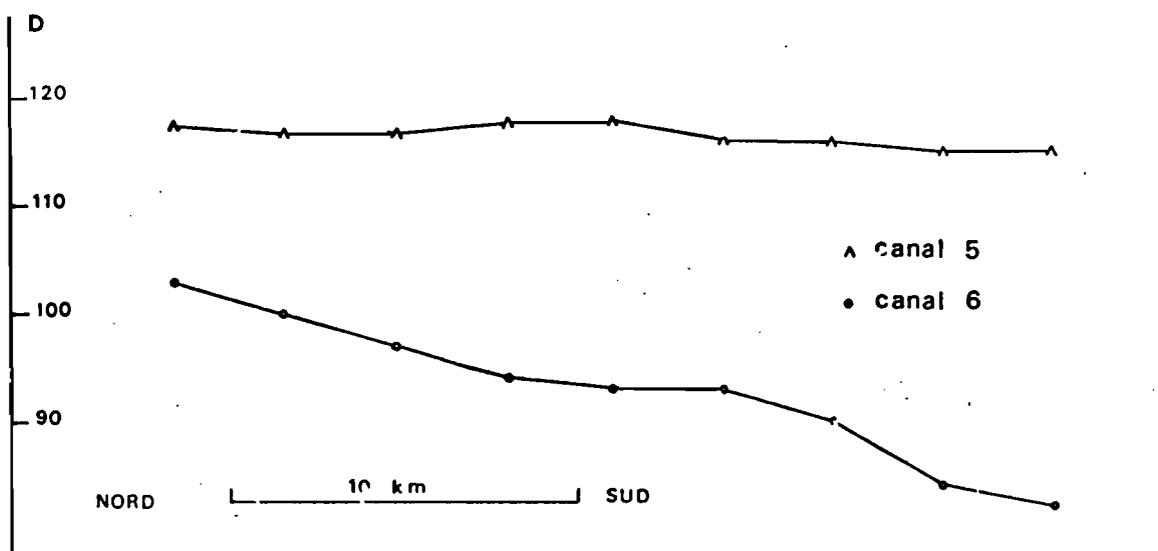


Figure 2 - Variation du nord au sud. a) de la densité optique de l'image en canal 5 et 6 ; une faible densité représente une faible luminance. b) des luminances dans le canal 6. c) des luminances dans le canal 7. Les unités de densité sont arbitraires. Les luminances sont en échelle 1-128 en canal 6 et 1-64 sur le canal 7.

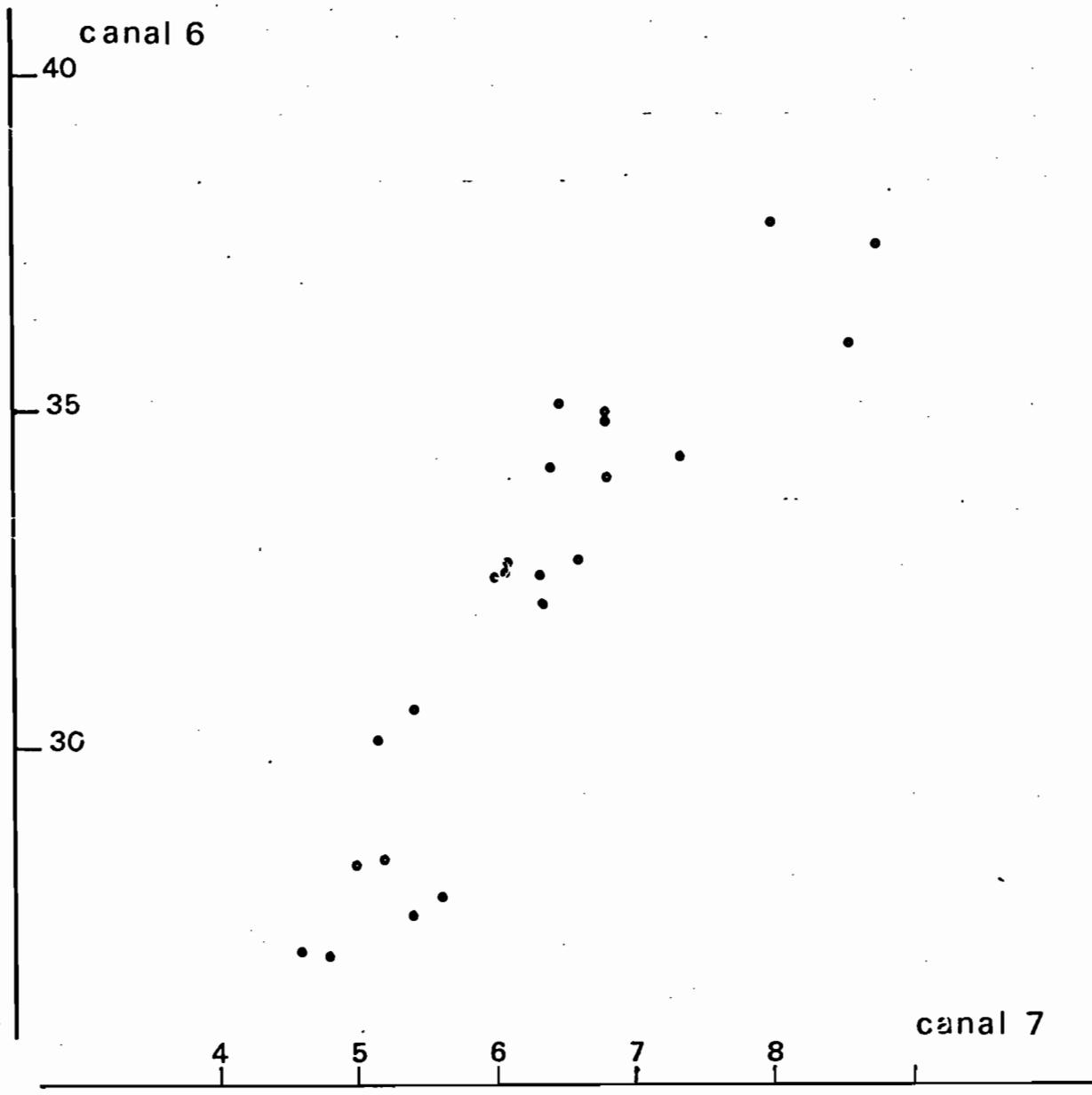
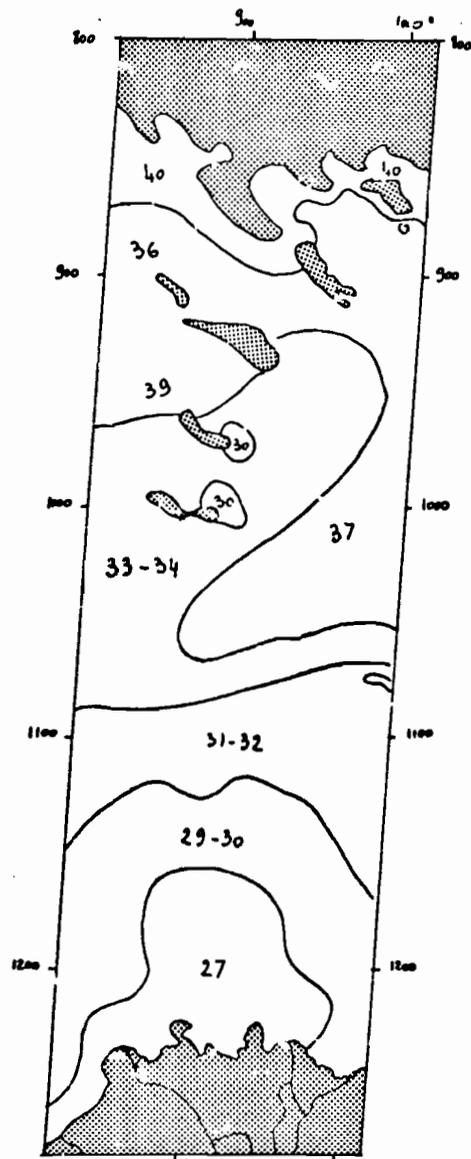
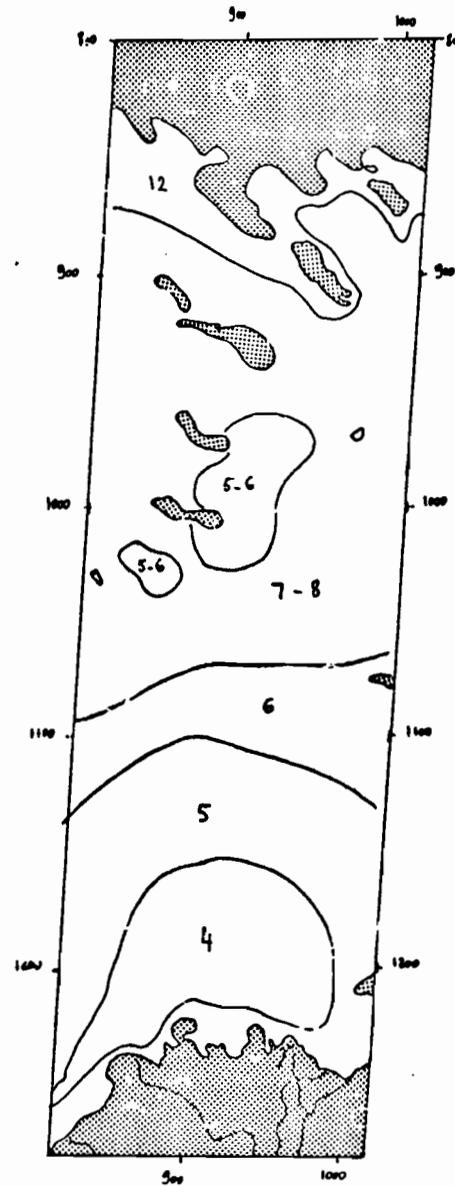


Figure 3 - Relation entre les luminances enregistrées dans les canaux 6 et 7.



canal 6



canal 7

Figure 4 et 5 - Zone d'égale luminance dans les canaux 6 et 7. Les chiffres indiquent la valeur moyenne de la luminance dans chaque zone. En grisé : îles et marécages.

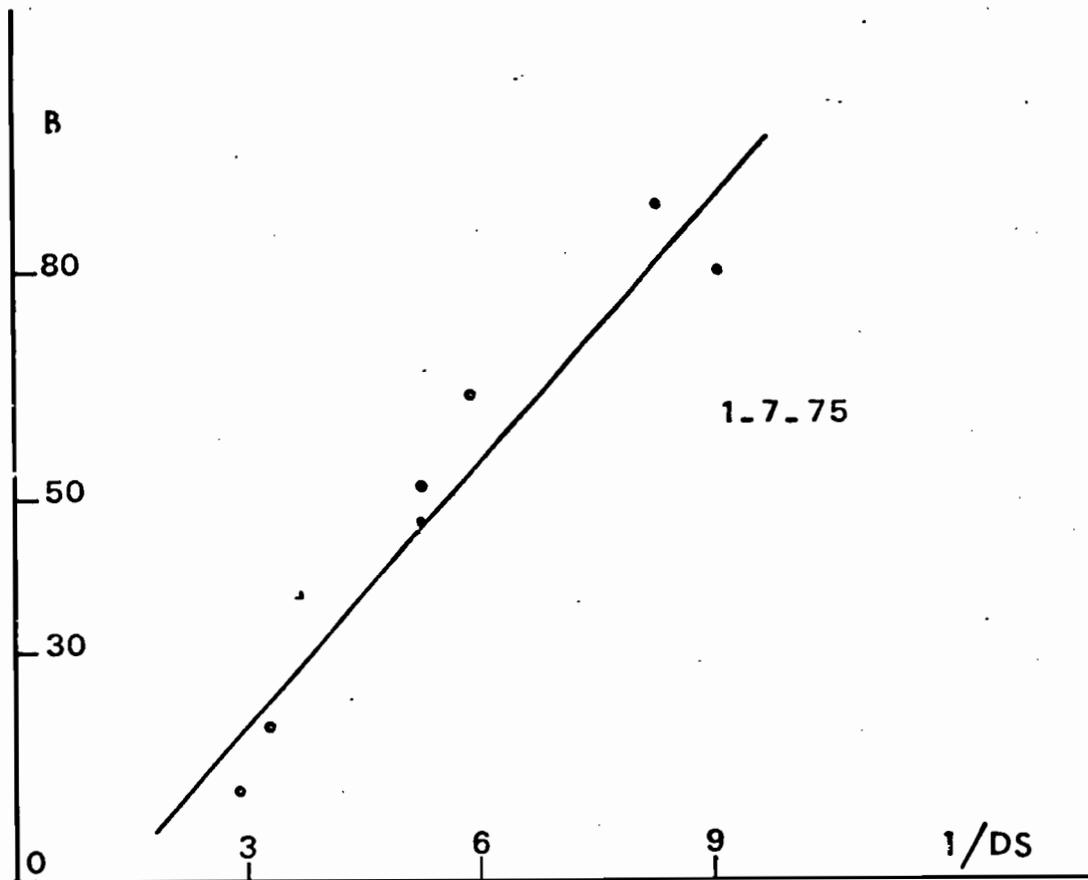
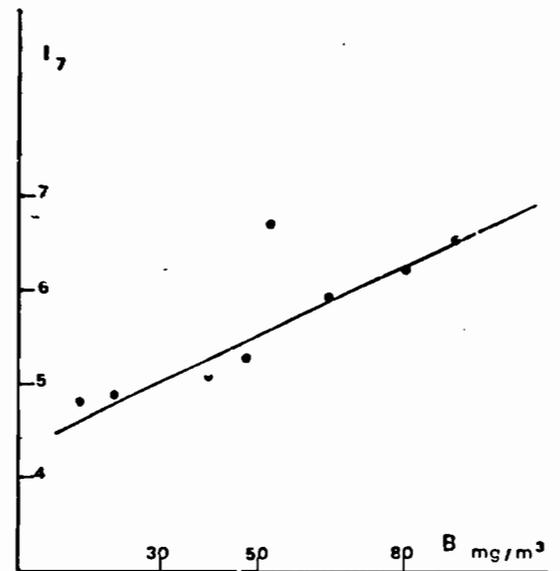
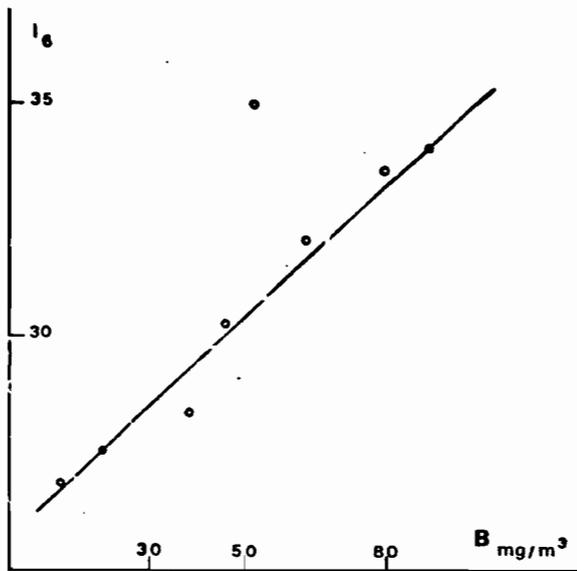
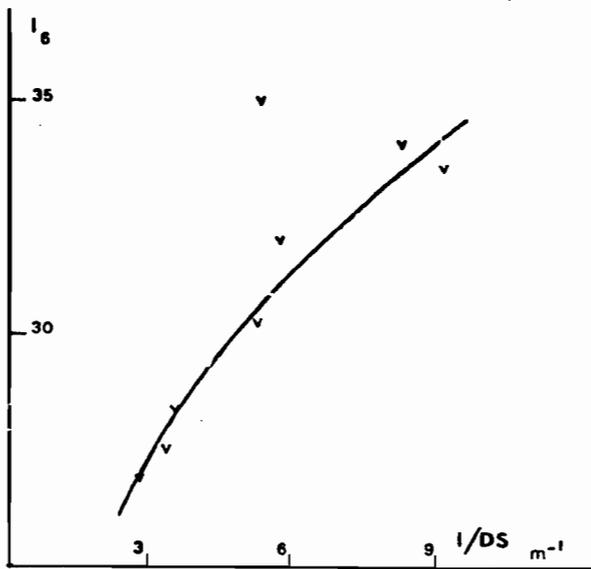


Figure 6 - Mesures de terrain : relation entre la chlorophylle B (mg/m³) et l'inverse de la transparence, 1/DS (m⁻¹).



canal 6



canal 7

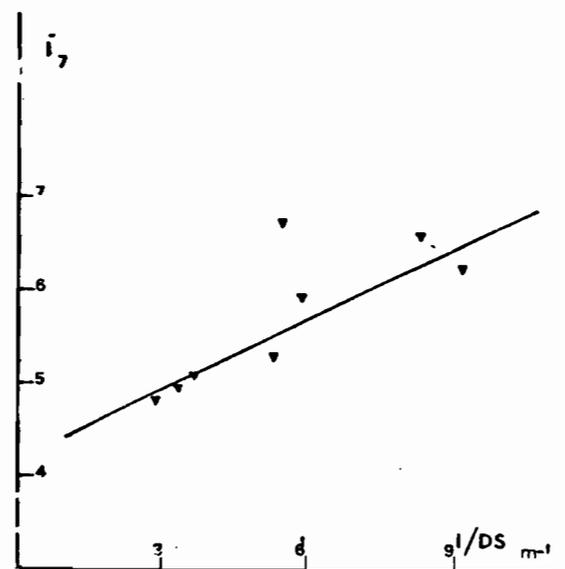


Figure 7 - Relations entre données Landsat et données de terrain dans le canal 6, à gauche, et dans le canal 7, à droite.

Lemoalle Jacques. (1975).

Application des données Landsat à
l'estimation de la production primaire du lac
Tchad (scène du 22 juin 1975).

Paris : ORSTOM, 13 p. multigr.