

UNIVERSITE DES LETTRES ET SCIENCES HUMAINES
PAUL VALERY - MONTPELLIER III
DPT DE GEOGRAPHIE

D.E.S.S Aménagement des littoraux
et mise en valeur de la mer

Laboratoire d'Aménagement des littoraux

**APPLICATION DE LA TELEDETECTION
A LA QUALITE OPTIQUE DES EAUX
DU LAC ICHKEUL**

par

Nadine DESSAY

Rapport de D.E.S.S. et de C.4
Réalisé sous la direction de F. GAGNIER
Maître de conférence en géographie

OCTOBRE 1989

SOMMAIRE

Remerciements	p 3
INTRODUCTION.	
I. PRESENTATION GENERALE	p 4
I.1. Déroulement du stage.	p 5
I.2 Cadre de la zone d'étude	p 5
I.2.2 Facteurs climatiques.	p 8
a) Précipitations.	p 8
b) Températures.	p 8
c) Humidité relative.	p 8
d) Vents.	p 9
I.2.3 Le lac Ichkeul.	p 9
a) Salinité.	p 10
b) Température.	p 10
c). Peuplement végétal.	p 11
d) Turbidité.	p 11
II METHODOLOGIE D'EXPLOITATION DES DONNEES SATELLITAIRES	
II.1 Généralités.	p 12
a) Le satellite Landsat.	p 12
b) Le radiomètre multispectral à balayage.	p 12
II.2 Matériels disponibles.	p 13
a) Outils informatiques.	p 13
b) Logiciels utilisés.	p 15
II.3 Acquisition des données.	p 15
a) Données numériques	p 15
b) Données anémométriques.	p 16

c) Données bibliographiques.	p 16
II.4 Traitement des données.	p 18
II.4.1 Les corrections.	p 18
a) Radiométriques.	p 18
b) Atmosphériques.	p 19
II.5 Etablissement des documents initiaux.	p 21
a) Compositions Colorées.	p 21
b) Masques sur la terre.	p 22
II.6 Extraction de l'information recherchée.	p 22
a) Choix de la classification.	p 22
b) Le processus de classification.	p 24
c) Evaluation des surfaces en eau du lac Ichkeul par Hypcub.	p 29
 III CONTROLE DES RESULTATS, ESTIMATION DE LEUR PRECISION	
a) Critiques des données numériques.	p 33
b) Analyses des résultats.	p 35
 CONCLUSION	 p 41
 Liste des figures.	 p 56
Liste des planches.	p 57
Liste des graphiques.	p 58
Liste des tableaux.	p 59
Annexes.	p 60
Bibliographie.	p 77

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé à l'issue d'un stage de 4 mois effectué à l'ORSTOM.

Pour son accueil et son encadrement, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à cet office de recherche.

Pour leurs enseignements et l'aide précieuse qu'ils m'ont apporté, j'adresse mes plus sincères remerciements à,

- Mr ARMANGAU C., maître de conférence en Télédétection à l'U.S.T.L, Montpellier II.
- Mme CHAUME R., dirigeant le service de Télédétection à l'ORSTOM de Montpellier.
- Mr GAGNIER F., maître de conférence en géographie , Montpellier III.
- Mr LEMOALLE J., hydrologue dans le service océanographie à l'ORSTOM de Montpellier.

INTRODUCTION

L'étude consiste à mettre à profit la disponibilité d'une série de scènes d'une même région, le nord de la Tunisie, afin d'étudier la qualité optique des eaux du lac Ichkeul, et sa variabilité dans le temps et dans l'espace.

Le point original de ce travail est la correction de l'influence possible des variations de l'atmosphère par prise en compte d'une ligne de base supposée constante les eaux profondes de la mer Méditerranée située sur la même scène¹.

Les variations de surface en eau du lac sont étudiées en complément.

La comparaison des résultats sera synthétisée par des cartes de répartition de turbidité.

I PRESENTATION GENERALE

Le stage s'est déroulé pendant quatre mois à l'ORSTOM de Montpellier, actuel Institut Français de recherche scientifique pour le développement en coopération, anciennement, Office de la Recherche Scientifique des Territoires d'Outre Mer. Le centre soutient des recherches dans quatre domaines prioritaires: la santé, la biotechnologie, les ressources génétiques et l'hydrologie. Cet ensemble est divisé en 13 unités. L'étude présentée dépend de l'une d'elles, le laboratoire d'hydrologie et océanographie tropicale, ainsi que d'une des 5 unités transversales rattachées aux missions techniques, l'unité fonctionnelle de télédétection.

La télédétection permet une appréhension globale des phénomènes. Elle est nécessaire à toutes les disciplines qui étudient la répartition spatiale des phénomènes et suivent leur évolution rapide ou lente.

En Océanographie elle est utile pour étudier les fonds littoraux, les masses d'eau leur déplacement, leur dynamique, les nappes polluantes, les bancs de poissons, les phénomènes de sédimentation,

¹ - Une scène est une image satellite.

d'envasement, de turbidité et de productivité.

I.1. Déroulement du stage

Dans un premier temps il s'agissait d'acquérir les techniques informatiques nécessaires à la manipulation d'un logiciel ORSTOM programmé en langage C sous environnement UNIX. Le logiciel "planètes", spécifique à la télédétection a été utilisé.

Le second temps du stage a été la concrétisation de cet apprentissage par l'exploitation des données et leur représentation informative sous forme cartographique.

I.2 Cadre de la zone d'étude.

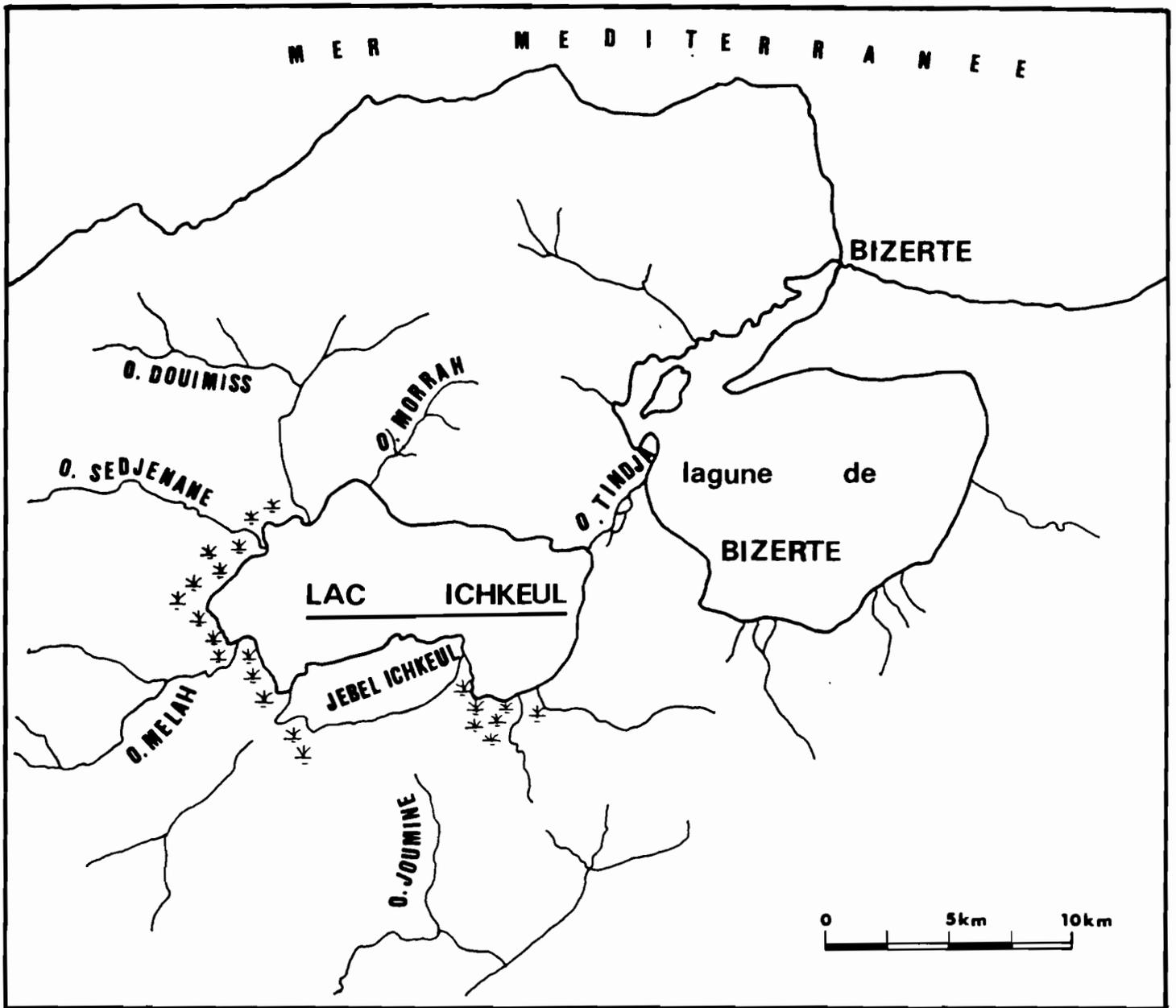
Situé dans le Nord de la Tunisie (Afrique du Nord 37°N, 9°40 E) à l'intérieur du Parc National de l'Ichkeul, le lac Ichkeul en raison de son importance écologique a été retenu par l'U.N.E.S.C.O en 1977 comme réserve de biosphère et inscrit en 1980 comme zone humide d'importance internationale dans le cadre de la convention de RAMSAR.

A l'est du lac de Bizerte (13000 ha), le lac Ichkeul, vaste dépression peu profonde (8900 ha), occupe la partie la plus basse de la plaine de Mateur, ancien fossé d'effondrement comblé d'alluvions récentes. Au sud du lac et des marais se dresse le djebel Ichkeul, massif dolomitique dirigé O.S.O-E.N.E culminant à 511 m.

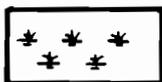
Le lac est alimenté par plusieurs oueds ; le Djoumine, le Sedjenane, le Melah et le Douimis surtout lors de la saison des pluies. Relié par un émissaire unique, l'oued Tindja, le lac Ichkeul communique avec la mer Méditerranée par l'intermédiaire du lac de Bizerte (fig n°1)

La situation du lac Ichkeul, inférieure au niveau de la mer, lui confère une caractéristique particulière, l'alternance d'eau douce et d'eau salée suivant les saisons.

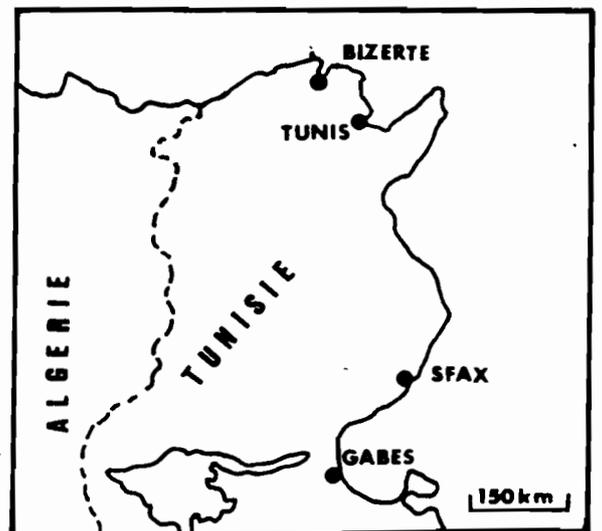
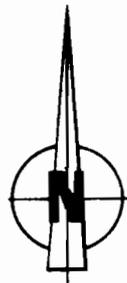
LOCALISATION DU LAC ICHKEUL



LEGENDE



ZONES MARECAGEUSES



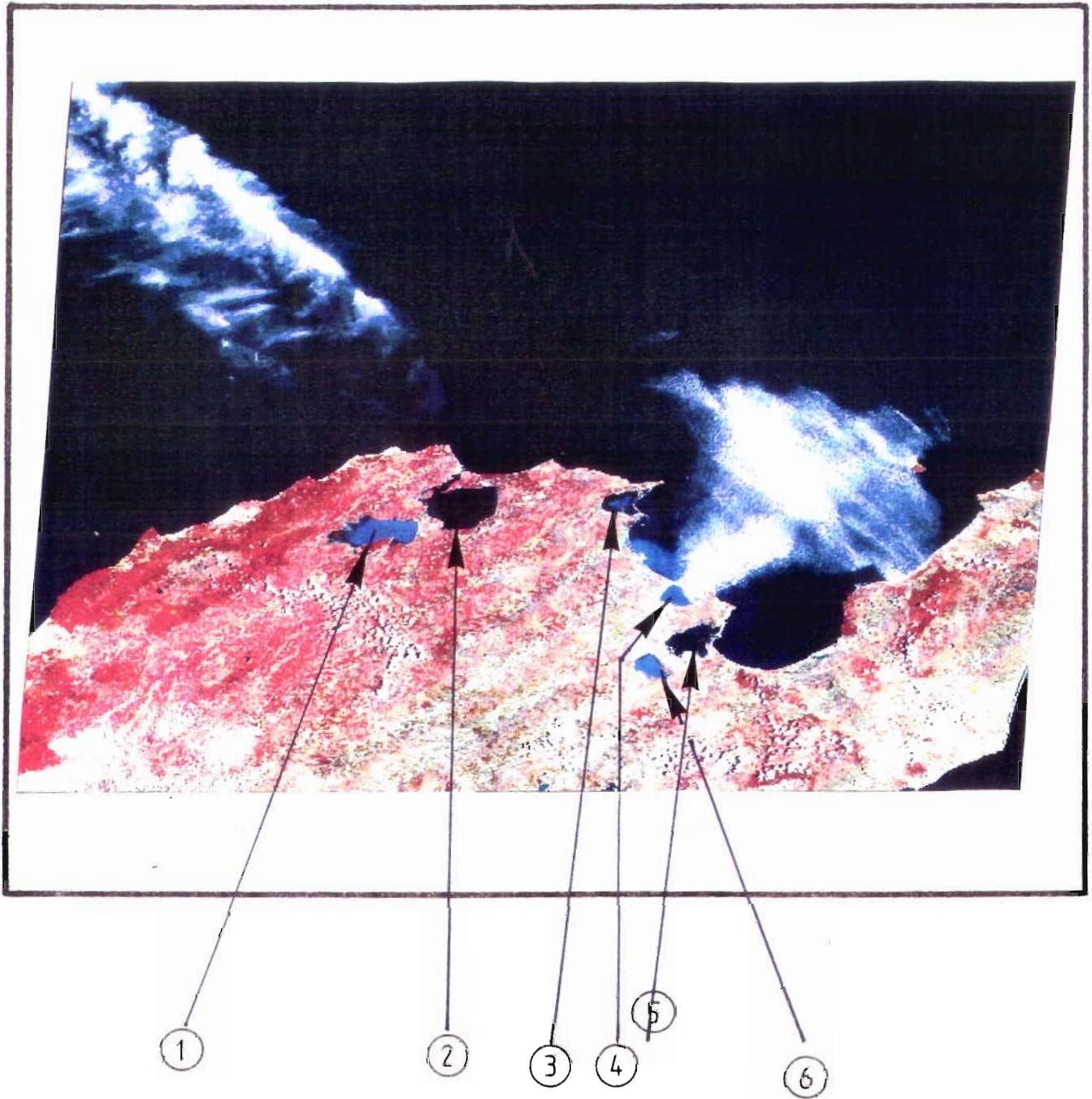


Planche n°1 .19/05/76. Nord Tunisie. Les plans d'eau apparaissent suivant des tons différents en fonction des caractères optiques de leurs eaux et de leur profondeur: 1 le lac Ichkeul, 2 le lac de Bizerte, 3 le lac de Ghar el Melh (ex Porto Farina), 4 sebkha de l' Ariana, 5 le lac de Tunis, 6 la sebkha Sedjouni et la mer Méditerranée.

1.2.1 Facteurs climatiques

Situé dans la zone méditerranéenne sub-humide, la région du lac Ichkeul est caractérisé par un climat variable.

a) Précipitations²

Très saisonnières, les précipitations ont lieu dans 70% des cas d'octobre à février-mars, contre 4 % seulement en été. Ce sont les montagnes du Nord qui accusent les moyennes pluviométriques annuelles les plus importantes. Notamment le bassin de l'oued Sedjnane qui alimente le lac Ichkeul. On a donc un déficit en eau pendant les mois d'avril à octobre.

b) Températures³

Elles sont douces l'hiver, 10° en moyenne, et chaudes l'été entre 20° et 30°. Le mois le plus froid est janvier, le plus chaud août. L'amplitude thermique dénote la faible étendue de l'influence maritime malgré la proximité des côtes au Nord comme à l'Est.

En été la plupart des oueds tarissent, l'évaporation du lac est supérieure à l'alimentation en eau douce.

c) Humidité relative⁴

Elle est assez élevée. Ce fort degré hygrométrique s'explique par la proximité de la mer et la présence des deux lacs.

d) Vents⁵

Les vents dominants sont de secteur Ouest à Nord Ouest. Ils soufflent environ 200 jours par an avec en moyenne 93 jours par an à plus de 5 m/s. Les vents du Sud, vents chauds d'été, sont présents 50 jours par an et les vents d'Est, vents d'automne et de printemps, 20 jours par an.

² Source, données météorologiques: BENZARTI, LEMOALLE, EL GHEZAL.

³ Source, données météorologiques: BENZARTI, LEMOALLE, EL GHEZAL.

⁴ Source, données météorologiques: BENZARTI, LEMOALLE, EL GHEZAL.

⁵ Source, données météorologiques: BENZARTI, LEMOALLE, EL GHEZAL.

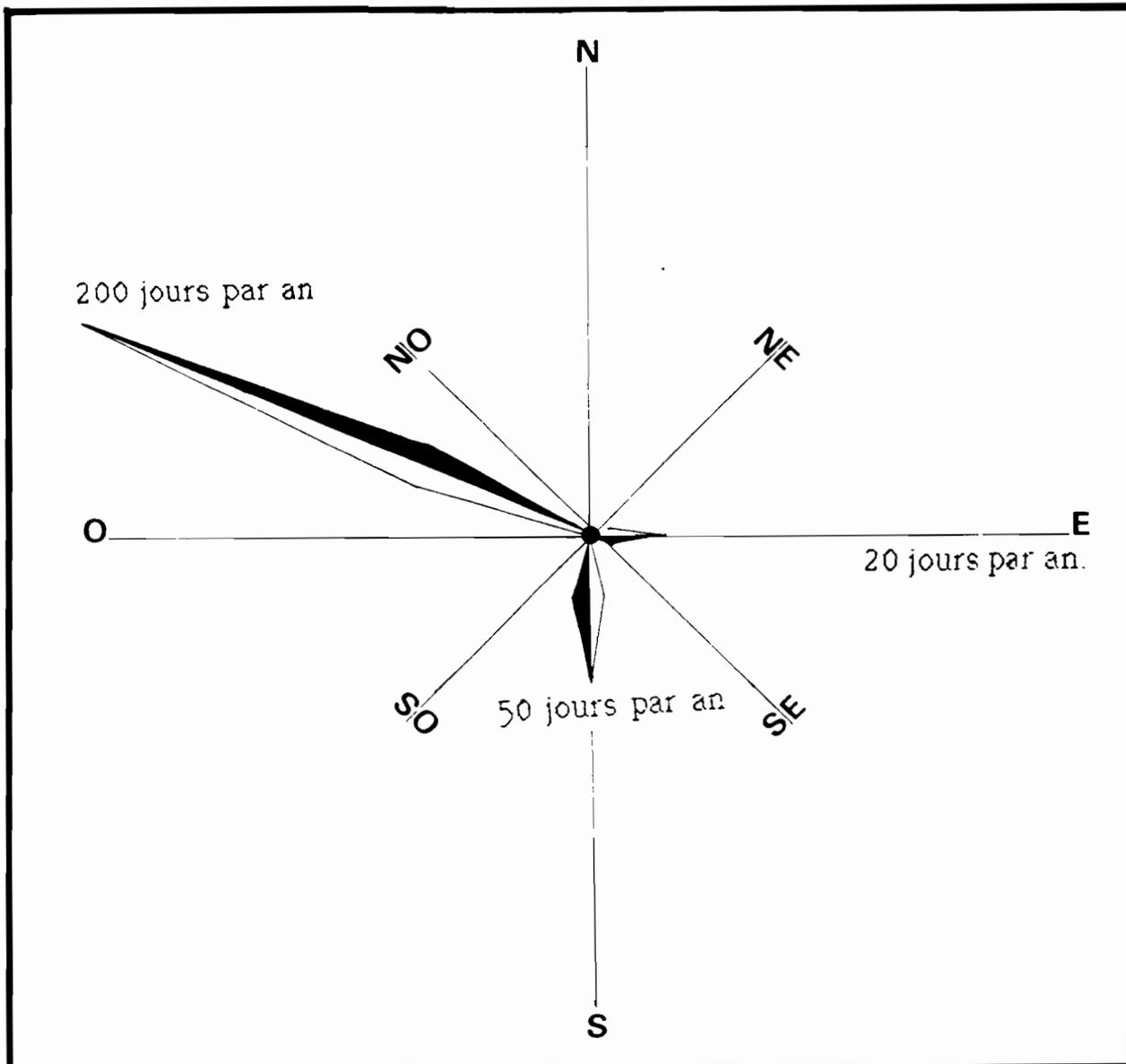


Fig n°2. Rose des vents du lac Ichkeul.

1.2.2 Le lac Ichkeul

Le lac connaît une grande variabilité saisonnière, due d'une part aux précipitations sur le bassin versant en hiver, aux apports d'eau de mer en été, et d'autre part à l'installation de barrages sur les affluents depuis ces dernières années.

Les cartes disponibles indiquent pour le lac une étendue de 89 km². D'après les estimations de Hollis et al (1977), la surface moyenne pour la période 1966-1977 est de 95 km². Le niveau moyen interannuel correspondant à cette surface est $H = 0,66$ m à l'échelle du limnigraphe de l'oued Tindja, et la profondeur moyenne est approximativement 1,2 m (Lemoalle 1983).

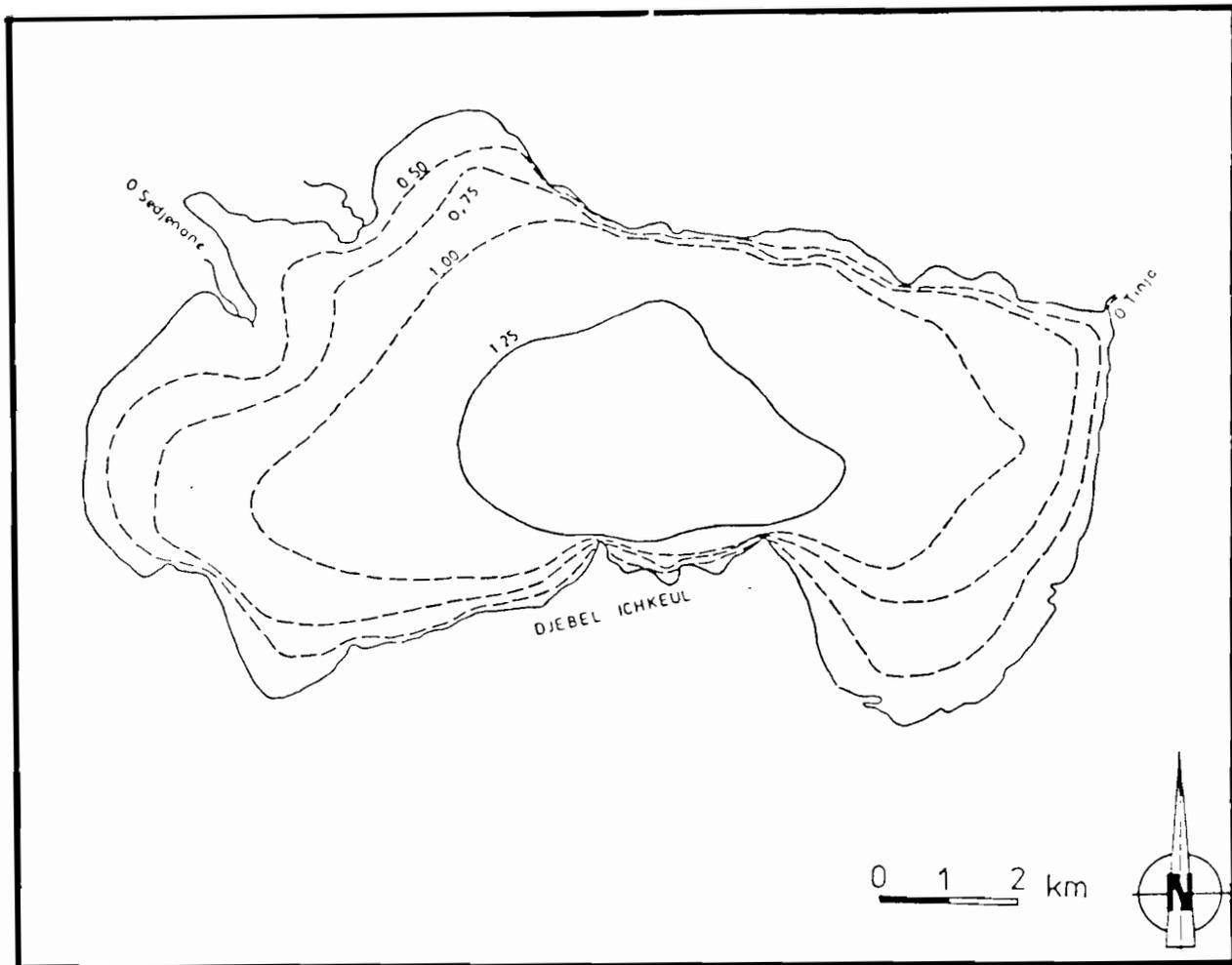


Fig n° 3 . Bathymétrie du lac Ichkeul, d'après la carte 1963.

a) Salinité

Les mélanges sont rapides. La salinité (de 5 à 33 g/l) est généralement répartie de façon uniforme dans la zone centrale d'eau libre du lac (Lemoalle 1983) , tant sur le plan horizontal que vertical. On peut noter des exceptions, en été à proximité de l'oued Tindja qui draine les entrées d'eau de mer, en hiver aux débouchés de l'oued Sejdmane et Djoumine en raison de l'afflux d'eau douce. Celle ci vient se placer au dessus de l'eau salée du lac.

b) Température

La moyenne des températures du lac est très proche de la température moyenne de l'air. Le lac Ichkeul étant peu profond, il possède une moins grande inertie thermique que son voisin, le lac de Bizerte. Il accuse des variations de température plus amples et plus fréquentes.

c) Peuplement végétal

Les variations de salinité et du niveau des eaux influent sur la végétation du lac. A l'Ouest et au Sud, l'Ichkeul est séparé des marais par une ceinture de roseaux (*Phragmites* communis). Les marais correspondent à des zones plus élevées que le niveau de la mer. Le lac est occupé du printemps jusqu'à l'automne par de vastes herbiers (fig n°4) dominés par le *Potamogeton pectinatus* ; on y trouve aussi *P. natans*, *Ruppia* spp et *Zoostera noltii* près de l'oued Tindja (D.Bredin et J.Skinner 1983). L'étendue de ces herbiers est très variable d'une année à l'autre.

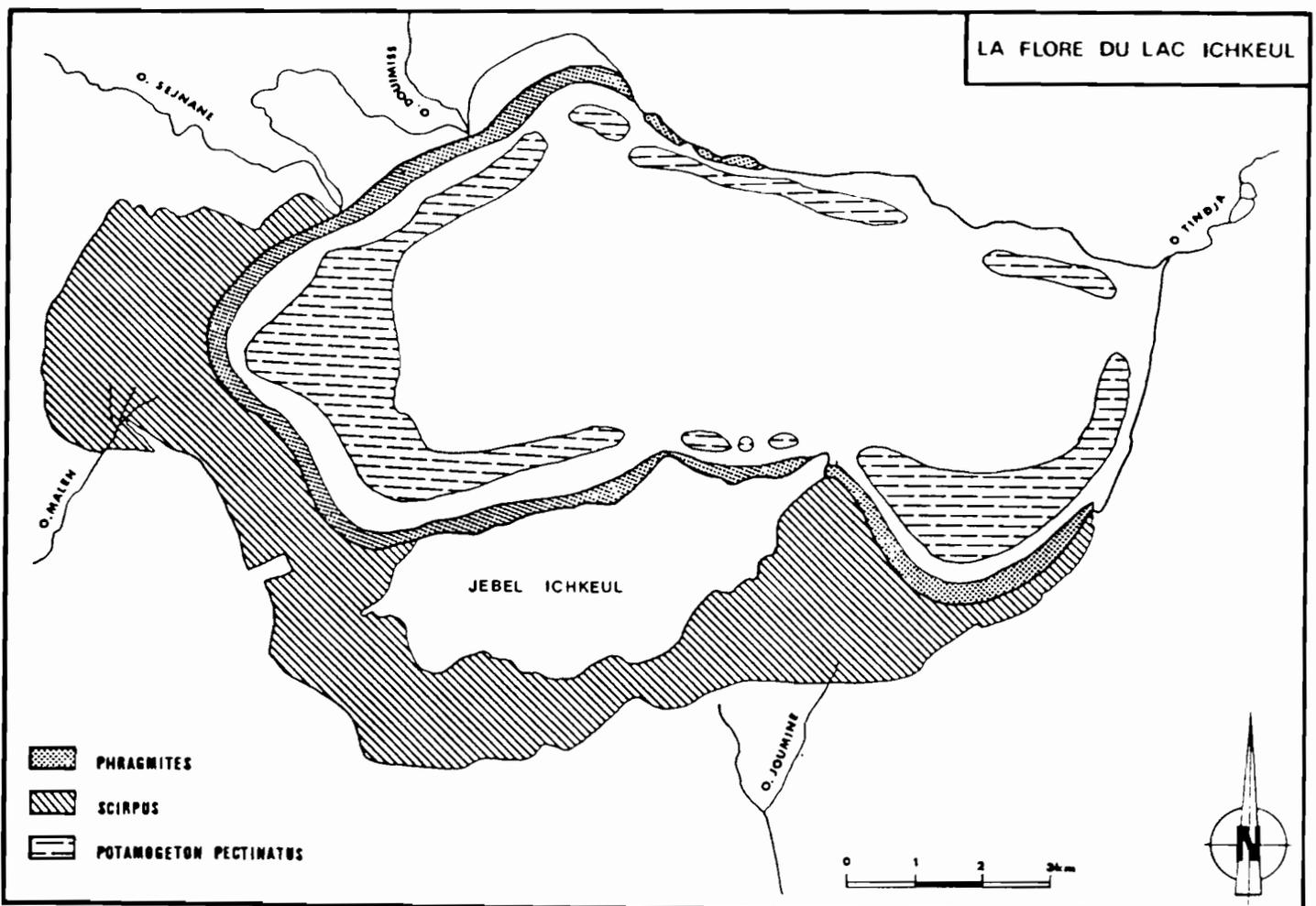


Fig n°4. Flore du lac Ichkeul.

d) Turbidité

La couleur ocre des eaux du lac s'explique par la présence d'argiles en suspension apportées par les oueds du bassin versant, pendant les périodes de crues mais surtout par leur remise en suspension par le

vent. Celui ci joue un rôle très important.

II METHODOLOGIE D'EXPLOITATION DES DONNEES SATELLITAIRES

II. 1 Généralités

a) Le satellite Landsat

Les données utilisées au cours de cette étude proviennent de plusieurs satellites Landsat 1, Landsat 2, Landsat 3. Ils suivent une orbite presque circulaire à 920 km de la surface de la terre. Leur passage sur un point de la face éclairée de la terre se fait du NE vers le SO. Ils repassent tous les 18 jours au dessus du même point., l'azimut à l'équateur de la direction d'où provient le satellite est de 9° 09. Ils sont héliosynchrones. Le satellite Landsat 1, mis sur orbite le 22 juillet 1972 sous le sigle ERTS 1 (Earth Ressources Technology Satellite), cessa toute activité en 1978.

b) Le radiomètre à balayage multispectral (MSS, multi spectral scanner)

Sensible dans quatre bandes spectrales comprises de 0,5 à 1,1 micromètres, c'est lui qui fournit les informations.

Code NASA	Longueur d'onde en micromètres	Couleurs
MSS 4	0,5 - 0,6	vert
MSS 5	0,6 - 0,7	orange rouge
MSS 6	0,7 - 0,8	rouge IR
MSS 7	0,8 - 1,1	IR

Tableau n°1 . La longueur d'onde des canaux et leur couleur.

Un prisme décompose le faisceau lumineux en 4 canaux de longueurs d'ondes différentes. Chaque canal est reçu par 6 cellules sensibles dans chacune des bandes, soit 24 cellules en tout. Elles sont disposées sur le plan focal d'un télescope qui reçoit l'image au sol par un miroir oscillant de 2° 88 à raison de 13 périodes par seconde. Il

s'ensuit un balayage à la surface terrestre par des lignes perpendiculaires à la trajectoire du satellite, qui couvre une surface de 185 km de large. Le balayage est actif d'Ouest en Est , passif dans le sens opposé.

La largeur de chaque ligne élémentaire est de 79 m au sol. L'information mesurée correspond au sol à un carré de 79 m de côté, mais les carrés se recouvrant légèrement dans le sens du balayage, le pixel, tache élémentaire, mesure en fait 79 m sur 57 m.

Vecteur	Capteur	Altitude en km	Pixel en m	Echelles habituelles des cartes
Landsat NASA	Système de balayage multispectral (MSS)	920	79x57	1/50 000 à 1/500 000

Tableau n°2. Les caractéristiques Landsat.

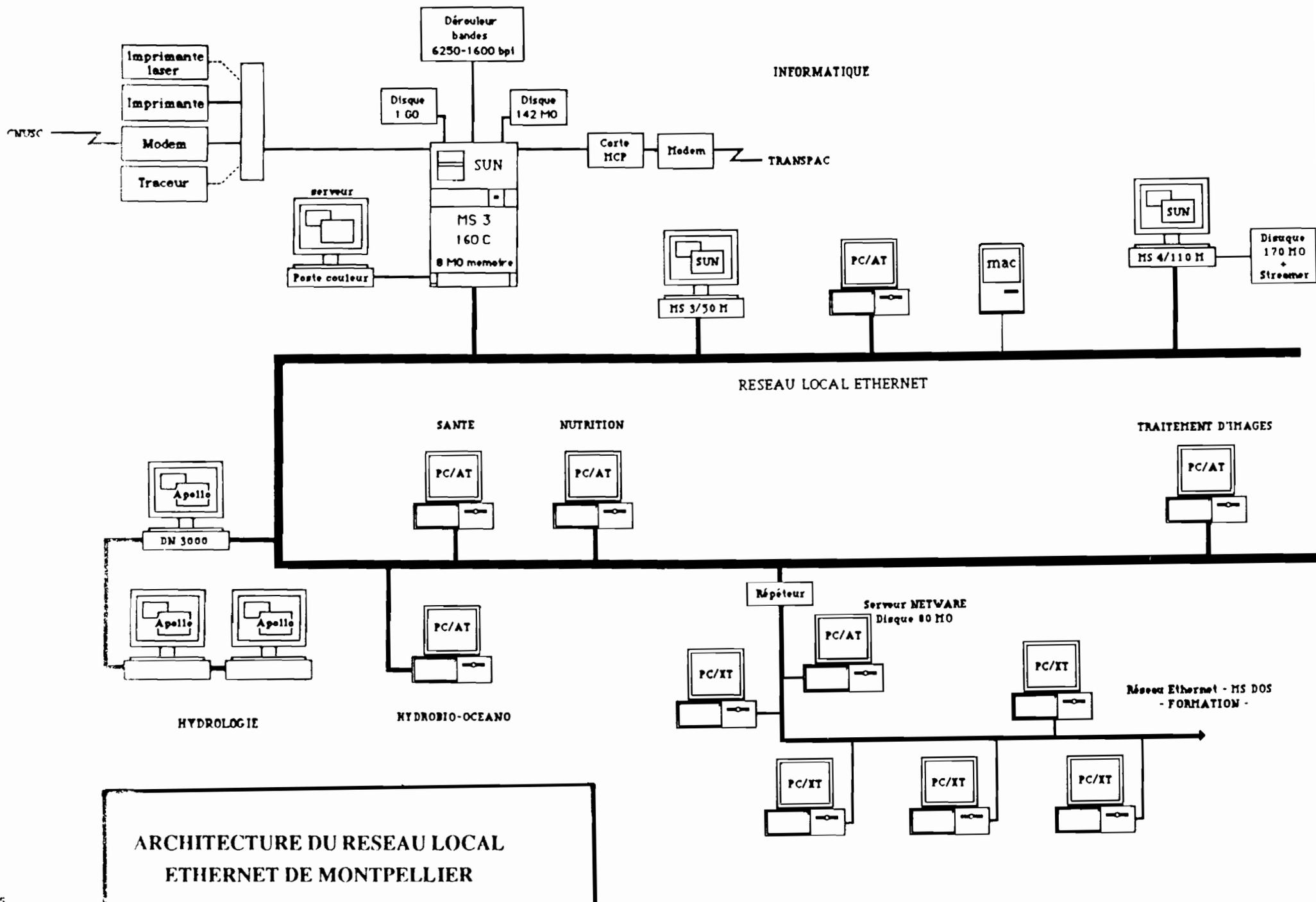
II.2 Matériels disponibles

a) Outils informatiques

Le travail a été effectué sur des machines de marque MATRA-SUN sous système UNIX. Ce système est un ensemble autonome de traitement composé des éléments suivant (fig n°5) :

- _ une console de visualisation de l'image,
- _ un dérouleur de bandes (6250) et autres périphériques standards de manipulation des données,
- _ une mémoire image à usage spécifique,
- _ un logiciel d'interaction et de traitement.

Des micro ordinateurs de type PC/AT et MACKINTOSH ont été également employés. Le PC/AT sous MS/DOS permet de communiquer avec les stations de travail sous UNIX et de transférer les fichiers. Il peut être utilisé au même titre qu'un terminal. Le MACKINTOSH n'est pas encore relié au SUN.



ARCHITECTURE DU RESEAU LOCAL
ETHERNET DE MONTPELLIER

b) Les logiciels

Il s'agit du logiciel de traitement d'images satellitaires "PLANETES" élaboré par l'ORSTOM unité de télédétection du laboratoire informatique appliquées (M. Rakoto, C. Mering, H. Andrianasolo) et du logiciel TIMOR (Traitement d'Images sur Microordinateur Orstom) compatible PC/AT, dont les auteurs sont J-F Parrot et H. Chevillotte.

II.3 Acquisition des données :

Elle a été de trois ordres, et comprend:

- les données numériques.
- les données anémométriques.
- les données bibliographiques.

a) Données numériques.

Il s'agit de bandes magnétiques fournies par les satellites Landsat1, 2 et 3 à 11 dates différentes, échelonnées sur 6 ans de 1976 à 1981. Huit des images satellites se situent du mois de mai au mois d'août, et trois de septembre à mars. Les répartitions saisonnières ne sont pas égales, ces données privilégiant la période estivale. Les phénomènes de turbidité dans le lac Ichkeul associés aux phénomènes liés aux vents sont principalement étudiés.

La hauteur du soleil variant entre chaque saisie l'étude devra tenir compte des variations de luminance selon la date de saisie des données et des conditions atmosphériques.

N° de Bande	Date	Nom de fichier	Nom de l'image
LA 276	19.05.76	ICH 576	B
LA 277	15.06.76	ICH 676	C
LA 286	13.09.76	ICH 976	D
LA 278	21.03.77	ICH 377	F
LA 279	19.06.77	ICH 677	G
LA 280	29.07.78	ICH 778	H
LA 285	25.05.79	ICH 579	I
LA 281	27.06.79	ICH 679	J
LA 282	02.08.79	ICH 879	K
LA 287	12.06.80	ICH 680	L
LA 288	14.09.81	ICH 981	O

Tableau n°3 Liste des bandes magnétiques (source NASA).
D'autres scènes (A,E,M,N), n'étaient pas disponibles sur le SUN.

Dans l'ensemble les images satellites sont de bonne qualité, cependant certaines comportent des imperfections (ex: présence de nuages sur la photo satellite du 21/03/77). Avant d'analyser ces images Landsat, il est important d'étudier les conditions météorologiques du moment et de la période précédant la date d'acquisition. En effet, les phénomènes de turbidité peuvent dépendre de facteurs pouvant être antérieurs à la prise de vue, un fort vent par exemple.

b) Données anémométriques.

Elles proviennent de l'Institut National de Météorologie de Tunisie. Chacune des 11 situations a été examinée sur une période de 33 heures, avant le passage du satellite sur le lac Ichkeul à 9 heures du matin. Ces données regroupées à l'intérieur du tableau n°4 seront reprises ultérieurement.

c) Données bibliographiques..

Aucune observation n'a été faite simultanément aux dates des enregistrements sur des zones tests, et les échantillons de référence sont absents de cette étude. La classification effectuée résulte d'observations à l'écran, et d'une accumulation de renseignements trouvés dans la littérature amplement abondante portant sur le lac Ichkeul (University Collège of London, Lemoalle, Tamisier, D.Bredin

Heures	Dates									
	B/18 et 19 mai 1976		C/14 et 15 juin 1976		D/12 et 13 sept 1976		F/20 et 21 mars 1977		G/18 et 19 juin 1977	
	Dir	Vit	Dir	Vit	Dir	Vit	Dir	Vit	Dir	Vit
0	-	-	N	1	S-E	4	Calme	0	Calme	0
3	-	0	N-W	1	Calme	0	Calme	0	Calme	0
6	calme	0	Calme	0	Calme	0	Calme	0	E	2
9	N-W	1	E-S-E	2	S	3	S	3	E-S-E	2
12	N-N-W	3	E	5	S-S-E	5	S-W	5	E	5
15	N	3	E-N-E	6	S-W	3	W	7	E	5
18	N	1	E-N-E	3	S-S-W	6	W	5	E-N-E	6
21	calme	0	N-E	1	S	2	W	1	Calme	0
0	-	-	Calme	0	S-E	1	Calme	0	-	1
3	-	-	Calme	0	E	1	Calme	0	-	2
6	O	0	Calme	0	S-E	2	S	3	W-S-W	2
9	S-E	1	S-S-E	1	S	4	S	3	N-N-W	4

Heures	Dates											
	H/28 et 29 juil 1978		I/24 et 25 mai 1979		J/26 et 27 juin 1979		K/01 et 02 août 1979		L/11 et 12 juin 1980		O/13 et 14 sept 1981	
	Dir	Vit	Dir	Vit	Dir	Vit	Dir	Vit	Dir	Vit	Dir	Vit
0	Calme	0	N-W	1	E-N-E	1	W	2	W	3	N-N-E	2
3	Calme	0	Calme	0	Calme	0	W	1	W-S-W	1	Calme	0
6	Calme	0	Calme	0	E-S-E	1	W-S-W	1	W-S-W	1	N	2
9	E	2	W-N-W	2	S	4	W	5	E-S-E	3	S-S-E	2
12	E-N-E	4	S-S-W	2	E-N-E	7	N-N-W	6	E-N-E	6	N-E	5
15	E-N-E	5	N-W	4	E	8	W-N-W	6	E-N-E	7	N-E	8
18	E-N-E	5	N-W	1	E-S-E	6	N-N-W	3	E-N-E	5	E-N-E	6
21	E	2	Calme	0	E	4	Calme	0	E	2	N-W	2
0	Calme	0	Calme	0	E-S-E	5	Calme	0	E	3	N-W	2
3	Calme	0	Calme	0	E-S-E	4	Calme	0	E	3	W	2
6	Calme	0	Calme	0	S-S-E	2	Calme	0	E	4	N-W	1
9	E	2	W	3	S-S-E	4	S-S-E	1	E-S-E	5	W	4

Données météorologiques relevées lors du passage du satellite Landsat

et J.Skinner...). Les classes de luminance, telles que perçues par le satellite, ne peuvent donc être reliées quantitativement à des mesures de terrain. Elles sont néanmoins indicatives, sans ambiguïté, de propriétés optiques différentes des masses d'eau ainsi identifiées.

Il est évident que l'identification des classes reconnues et délimitées, nécessite des contrôles sur le terrain, la comparaison des résultats avec d'autres documents permettant de tester la fiabilité de l'analyse effectuée en laboratoire.

II.4 Traitement des données.

II.4.1 Les corrections.

a) Radiométriques.

Les bandes numériques livrées par la NASA sont des bandes magnétiques en 9 pistes . Chaque bande contient un enregistrement correspondant à 2340 lignes de balayage. Elles ont uniquement subi des corrections de niveau 1.A. C'est à dire que seul les traitements radiométriques, notamment l'égalisation des détecteurs, ont été réalisés.

Pendant les temps morts de balayage du miroir du radiomètre MSS une mesure de flux provenant d'une source témoin est enregistrée pour chacune des bandes spectrales MSS4 et MSS7. "Ces données de référence permettent d'estimer des variations de gain et d'uniformiser les différents capteurs installés sur la barette des 6 détecteurs. Cette correction est destinée à faire disparaître le lignage mais son efficacité a été souvent contestée (FRALIT).⁵

Le codage des niveaux de luminance est particulier. Au départ chaque mesure dans une bande spectrale donnée permet une variation de la valeur radiométrique de 0 à 255. Dans le cas des Landsats , les valeurs numériques pour chaque pixel varient entre 0 et 127 dans les canaux 4, 5, et 6, (mode comprimé) et entre 0 et 63 pour le canal 7 (mode linéaire). En effet " les performances du rapport si-

⁵ _ Voir problèmes de lignage en annexe.

gnal-bruit caractérisant le radiomètre MSS ne permettent pas d'utiliser les 256 niveaux possibles de codage sur un octet " (FRALIT, 1977).

b) Corrections atmosphériques

La valeur radiométrique d'une information est plus ou moins parasitée par les effets atmosphériques. L'absorption et la diffusion par les gaz et aérosols sont les principaux phénomènes qui influent sur les mesures radiométriques. Ces phénomènes modifient le rayonnement et "la valeur dans chaque canal pour un pixel représente une mesure intégrant les effets atmosphériques globaux et la réflectance vraie d'un pixel" (OLIVON).

Afin de permettre une comparaison du lac Ichkeul sur les 11 images satellites, il va donc être nécessaire d'introduire une correction de la signature spectrale tenant compte de l'atmosphère.

En 1985 lorsqu'il travaillait sur les herbiers immergés et les marécages du lac Ichkeul, N Chisnall a établi des corrections atmosphériques prenant comme ligne de référence les eaux du lac de Bizerte. Compte tenu d'une gamme de luminance plus réduite, et d'un contraste moins grand entre les canaux, pour les eaux libres du lac Ichkeul nous avons préféré prendre comme étalon les eaux profondes de la mer Méditerranée au large de la côte Est de la Tunisie. En effet bien que relativement profondes, les eaux du lac de Bizerte comportent une concentration de sédiments en suspension non nulle, problème dont on fait abstraction en prenant la mer comme ligne de base.

La normalisation des valeurs radiométriques du lac Ichkeul a été obtenue par un programme statistique, appelé "statis", après avoir établi à l'aide d'un autre programme "zone image" une zone de référence sur la mer dans les zones de plus faible luminance (planche n°2). Rappelons que la mer a une très faible réflectance pour une eau pure et profonde, et que le signal perçu par le satellite est dû essentiellement à l'atmosphère. La moyenne des réponses spectrales correspondant aux pixels contenus dans la zone mer a ensuite été retranchée à la valeur moyenne du lac Ichkeul dans chacun des 4 ca-

naux.

M = mer

L = lac Ichkeul

P = poussières atmosphériques t = facteur temps

$$x = M + P(t)$$

$$y = L(t) + P(t)$$

$$x - y = M + P(t) - (L(t) + P(t))$$

$$x - y = M + L(t)$$

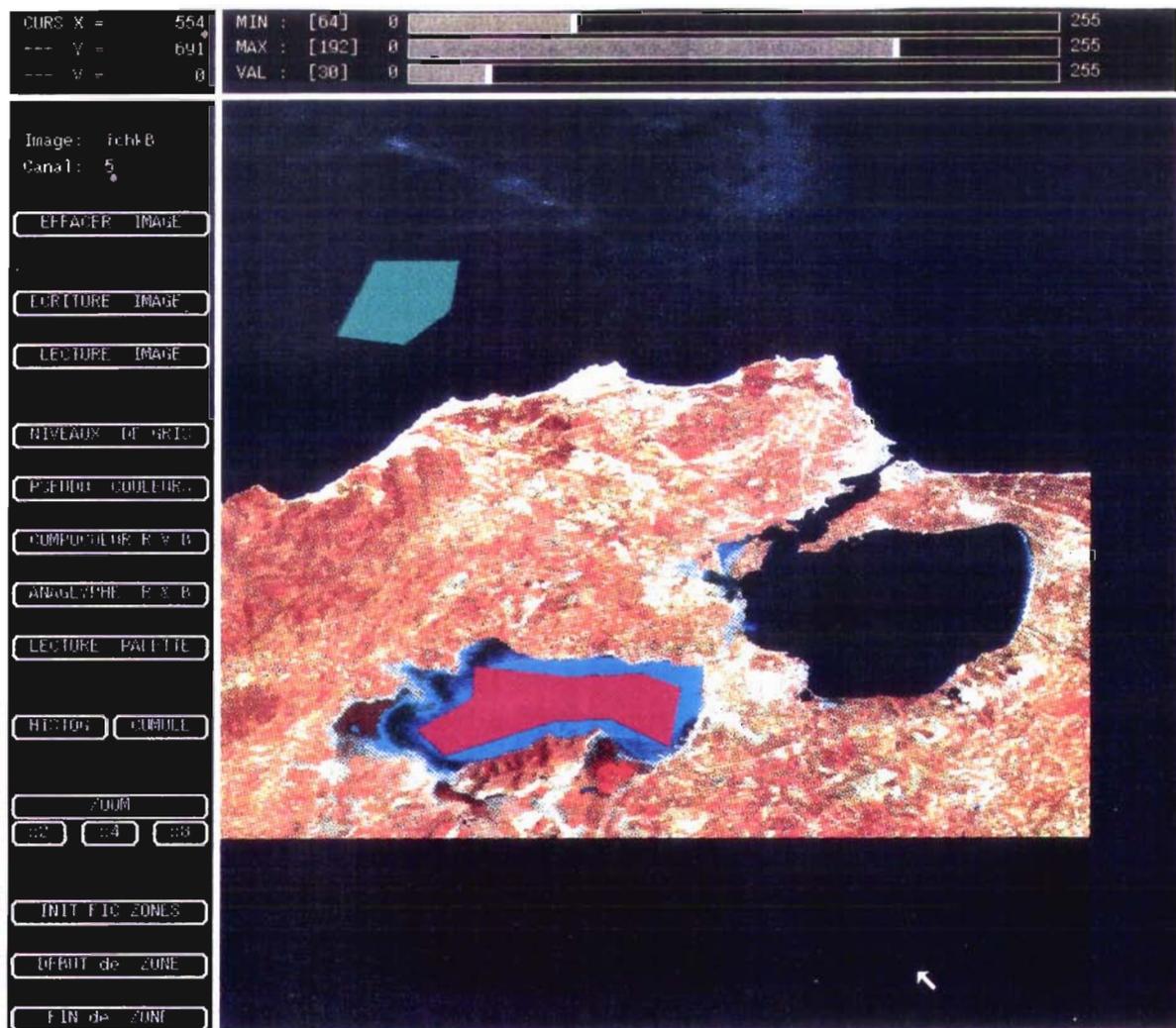


Planche n°2 Etablissement de zones de calculs statistiques dans un but de soustraction des effets atmosphériques. 1 mer, 2 lac Ichkeul.

Valeurs numériques								
N° d'images	Mer (moyenne)				Lac Ichkeul (moyenne)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
B : 19 05 76	29	22	14	8	66	68	32	12
C : 15 06 76	26	19	14	6	58	58	32	10
D : 13 09 76	20	16	12	5	46	56	41	15
F : 21 03 77	24	20	13	8	55	68	52	36
G : 19 06 77	32	28	20	14	65	80	49	24
H : 29 07 78	35	23	17	8	60	46	24	9
I : 25 05 79	23	19	12	7	56	60	28	11
J : 27 06 79	31	28	19	13	63	78	45	22
K : 02 08 79	25	22	14	9	53	52	25	13
L : 12 06 80	33	24	19	12	67	68	41	15
O : 14 09 81	21	18	10	5	48	49	22	9

Tableau n°5. Moyennes des valeurs radiométriques de la mer Méditerranée et du lac Ichkeul.

En examinant le tableau ci-dessus on constate qu'il existe effectivement des différences importantes de radiométrie d'une scène à l'autre sur la mer Méditerranée. Les corrections atmosphériques ne sont donc pas inutiles. Elles permettent par leur élimination une comparaison pertinente des valeurs radiométriques entre elles. Désormais les calculs seront effectués sur les valeurs normalisées.

II.5 Etablissement des documents initiaux.

a) Les compositions colorées.

Ce traitement qui dégrade quelque peu le contenu informatif de l'image n'a été utilisé que dans certains cas. En effet ce sont les images noir et blanc des 4 canaux qui ont servi de support de base aux études analytiques lors de la localisation des phénomènes.

Les compositions colorées ont pour but d'améliorer la qualité visuelle de l'image, de rendre plus faciles certaines procédures telles que d'établir des zones dans un but statistique, de permettre une différenciation accrue entre les unités et d'utiliser mieux la sensibilité de l'oeil qui distingue plus facilement des teintes que des niveaux

de gris. On estime que la distinction de 13 niveaux de gris est un maximum. Elles sont effectuées à partir de la réunion d'informations de 3 canaux. Pour cette opération il est d'usage d'affecter le bleu au canal correspondant au vert (MSS4), le vert au canal correspondant au rouge (MSS5), le rouge au canal correspondant à l'infra-rouge (MSS7). Le résultat est appelé une fausse couleur.

b) Utilisation d'un masque sur la terre.

Le programme masque a été utilisé après l'extraction du lac Ichkeul et des marécages, dans l'image de départ. Ce programme permet d'annuler les valeurs radiométriques des zones non intéressantes, ici la terre, et de réétaler la dynamique sur la zone d'étude. On obtient ainsi des nuances plus importantes.

Ce programme se décompose en deux temps: le premier consiste à donner une valeur fixe au lac (150) et une constante à la terre (0), le second à restituer au lac Ichkeul les valeurs radiométriques dans chacun des 4 canaux. Les programmes CALC2 et CALC ont été employés.

II.6 Extraction de l'information recherchée.

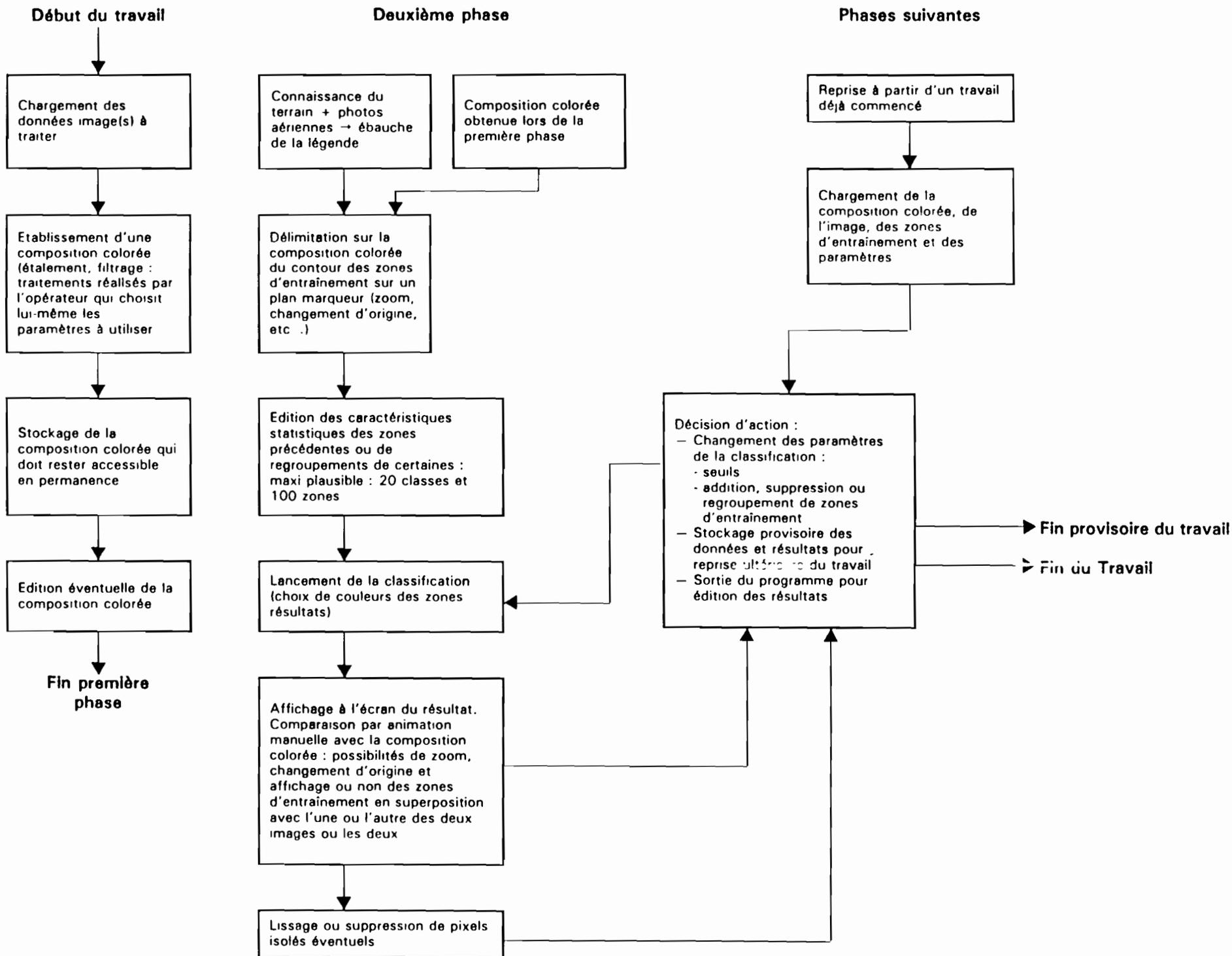
a) Choix de la classification.

Le temps d'étude étant de courte durée, il n'était pas possible d'aborder des aspects complexes. Les critères de classification retenus sont donc des critères simples de radiométrie: il s'agissait d'identifier, quand cela était possible, 3 ou 4 classes de luminances de surfaces significative dans le lac et de les cartographier (fig 6).

Certaines précautions d'interprétation seront prises quant à la signification même des résultats, les phénomènes liés à l'eau étant pour la plupart des phénomènes d'évolution rapide (courant, turbidité...).

Le système de classification est un système dit supervisé. La séparation des différents thèmes ou classes ne se fait pas par calcul statistique sur les différents pixels dans l'espace des 4 canaux.(classification automatique non supervisée).

A l'intérieur du lac, on recherche plusieurs ensembles homogènes



Organigramme d'un traitement d'image pour extraction d'information thématique

en effectuant pour chaque canal un seuillage progressif. Cette recherche prenant en compte les informations thématiques provenant de la documentation disponibles et résultant de discussions avec un thématicien ayant travaillé sur la zone d'étude, Mr J. Lemoalle.

Les zones d'entraînement localisées sont des unités de milieu considérées comme représentatives. La classification des pixels se fait sur critère numérique, c'est à dire que chaque classe est définie par deux bornes dans chaque canal. Ce critère utilise pour le rassemblement en classe la similitude ou la proximité radiométrique. L'information est d'abord qualitative puisqu'elle identifie la nature du phénomène et définit des catégories. Elle est également quantitative puisqu'elle permet par un comptage de pixels de chaque catégorie une évaluation de surfaces.

b) Le processus de classification.

Il comporte deux phases.

- l'établissement des caractéristiques statistiques des luminances des masses d'eau par l'emploi du programme "statis".
- la cartographie de ces masses d'eau suivant le critère turbidité après segmentation de l'histogramme des valeurs de luminance par l'emploi du programme hypcub.

Le programme "statis", nous l'avons déjà vu, effectue une étude statistique sur les zones d'entraînement. Ces zones correspondent à un type d'eau reconnu comme spectralement homogène. Les pixels contenus dans la zone sont supposés purs au vu de la composition colorée, c'est à dire que radiométriquement ils proviennent d'une même masse d'eau.

Quatre zones de turbidité décroissante (1,2,3,4) ont été déterminées sur les 11 images (tableau n°6), la dernière (n°4, verte) correspondant à la zone où se développent les herbiers à Potamos.

Le programme va nous permettre de calculer:

- Le minimum, le maximum, la moyenne et l'écart

type des réponses spectrales des pixels contenus dans la zone d'entraînement.

- Les histogrammes dans chacun des canaux relatifs à l'ensemble des pixels pour chaque zone de turbidité.

Une segmentation introduite sans référence comporterait trop d'inexactitude. Les calculs du minimum et du maximum pour les canaux MSS5 et MSS7 vont être utilisés lors de la détermination des bornes par hypercubes. Ils induisent peu d'erreurs (tableau n°6), et permettent de ne pas faire d'imbrications, c'est à dire d'éviter qu'un pixel appartienne à 2 hypercubes auquel cas il serait affecté à celui de numéro inférieur. Le tableau suivant regroupe les données calculées par le premier programme, nécessaires à la détermination des bornes

Tableau n°6 Statistiques sur les zones d'eau du lac Ichkeul présentant des turbidités différentes.

Image/Date	Canal	Min.	Max.	Moy.	Ecart-type	
B/ 19/05/76	1.	1	35	45	38,5	1,6
		2	46	55	49,7	1,5
		3	16	26	20,3	1,7
		4	0	10	4,9	1,7
	2.	1	33	42	37	1,4
		2	41	45	43,3	1,3
		3	13	20	16,1	1,5
		4	0	7	3,6	1,8
	3.	1	27	38	32,5	2,1
		2	26	42	34,5	3,1
		3	9	19	12,5	1,6
		4	0	7	3,2	1,7
	4.	1	8	20	12,3	2,8
		2	10	25	17	2,5
		3	7	24	15,1	3,5
		4	0	15	7,4	2,9

Image/Date	Canal	Min.	Max.	Moy.	Ecart- type	
C/ 15/06/76	2.	1	30	38	33,4	1,5
		2	40	49	44,3	1,8
		3	16	28	22,5	2
		4	1	22	5,8	2,9
	3.	1	20	35	29,9	3,4
		2	21	42	35,3	4,1
		3	12	27	16,8	2
		4	0	9	4	2
	4.	1	11	20	14,9	2,1
		2	14	27	21,2	2,6
		3	10	56	32,8	10,1
		4	4	30	17,5	7,9
D/ 13/09/76	1.	1	27	33	29,4	1,4
		2	45	56	50	2,1
		3	35	47	41,3	2,7
		4	12	22	17,6	2,2
	2.	1	24	30	27	1,5
		2	37	45	39,9	1,8
		3	19	31	24,2	2,4
		4	4	13	9	1,8
	3.	1	17	30	24,5	2,4
		2	19	40	31,4	4,1
		3	8	28	15,3	3,4
		4	0	12	5,9	2,1
4.	1	3	10	5,6	1,1	
	2	4	13	8,8	1,7	
	3	5	33	17	5,5	
	4	0	21	9,3	3,6	
F/ 21/03/77	1.	1	36	57	42,4	4,7
		2	53	79	62,1	6,3
		3	6	80	57,8	11,2
		4	27	78	50,2	13,1
	2.	1	29	39	33,9	2
		2	43	56	49,7	2,1
		3	0	54	40,1	6,2
		4	12	45	29,1	9
	3.	1	16	35	26,2	4,5
		2	24	47	36,8	3,8
		3	12	47	26,6	5,7
		4	4	41	17	7,9
4.	1	0	15	5,8	2,9	
	2	2	24	11	4,7	
	3	2	16	8,3	3	
	4	0	15	3,4	2,7	

Image/Date	Canal	Min.	Max.	Moy.	Ecart-	
G/ 19/06/77	1.	1	34	42	37,5	1,3
		2	59	75	66,9	3,1
		3	36	58	44,9	6
		4	11	30	19,5	4,5
	2.	1	31	38	36,3	1,5
		2	54	63	57,4	2,2
		3	24	36	30	2,5
		4	4	15	9,6	3
	3.	1	23	35	30,7	3
		2	28	59	41,2	6,8
		3	9	33	16,8	5,4
		4	0	14	5,1	3
	4.	1	3	34	11,6	7,7
		2	8	43	18	8
		3	6	36	19,3	7,2
		4	0	23	9,6	6,3
H/ 29/07/78	3.	1	22	33	29,1	2,2
		2	23	41	31,6	4,2
		3	2	25	13,2	4,3
		4	0	8	3	2
	4.	1	9	28	19,1	4,4
		2	13	31	20,6	3,1
		3	0	23	10,8	5,3
		4	0	11	4	3,2
I/ 25/05/79	1.	1	29	40	35,4	1,7
		2	45	52	49,3	1,3
		3	16	26	20,6	2
		4	0	10	4,5	1,8
	2.	1	29	37	34,3	1,8
		2	40	45	45,7	1,5
		3	14	22	17,8	1,8
		4	0	10	3,7	1,9
	3	1	19	36	27,9	3,8
		2	22	43	33,1	4,8
		3	7	34	12,3	3,5
		4	0	28	2,1	2,6
	4	1	4	17	7,9	3
		2	8	30	16,7	4,7
		3	23	41	32,2	3,9
		4	15	40	30,3	5,4

Image/Date	Canal	Min.	Max.	Moy.	Ecart-	
J/ 27/06/79	1.	1	30	39	35,1	1,7
		2	57	70	61,5	2,5
		3	31	49	38,1	3,6
		4	8	23	14	2,7
	2.	1	28	37	33,9	1,6
		2	50	61	54,5	2,1
		3	23	34	28,8	2,3
		4	4	13	8,9	1,7
	3.	1	21	36	30,5	3,1
		2	25	54	44,1	6,7
		3	7	28	20,6	5,2
		4	0	12	6,9	2,2
	4.	1	5	20	12,4	3,1
		2	7	22	15,1	3
		3	3	1,9	9,6	2,9
		4	0	13	3,3	2,6
K/ 02/08/79	3.	1	21	37	29,3	3,4
		2	21	54	33	16,1
		3	6	27	12	3,9
		4	0	10	3,8	1,8
	4.	1	7	19	11	2,4
		2	10	24	16,1	3,1
		3	11	44	23,5	9
		4	3	33	15,2	8
L/ 12/06/80	1.	1	33	41	37,5	1,9
		2	47	60	53	2,9
		3	20	38	29,3	3,2
		4	2	13	5,8	2
	2.	1	30	41	35,1	2,4
		2	36	47	45,1	1,8
		3	14	30	20,7	2,7
		4	0	7	2,2	1,8
	3.	1	18	34	26,1	3,8
		2	18	47	29	4,8
		3	4	27	11	4
		4	0	9	0,7	1,3
	4.	1	3	21	9,3	3,2
		2	6	25	13,6	3
		3	1	44	22,8	11
		4	0	28	12,2	8,6
O/ 14/09/81	2.	1	29	35	31,5	1,4
		2	42	51	46,7	1,7
		3	18	27	22,3	1,7
		4	5	12	8,1	1,5
	3.	1	24	34	29,1	2,2
		2	27	45	35,4	4,8
		3	7	21	13	3,4
		4	0	9	4	2
	4.	1	5	13	7,9	1,6
		2	8	19	13,8	2,5
		3	8	38	20,4	8,7
		4	1	29	12	7,6

Une fois le programme hypcub exécuté, il est nécessaire de concrétiser cette situation à l'écran pour en faciliter la compréhension.

La présentation de cette classification est effectuée par le programme "paletedit", qui permet de créer une palette pour la représentation d'un canal classé (planche n°3). Cette visualisation est beaucoup plus explicite. Elle permet de mettre en relief des phénomènes que l'on ne perçoit pas sur les compositions colorées (planche n°4).

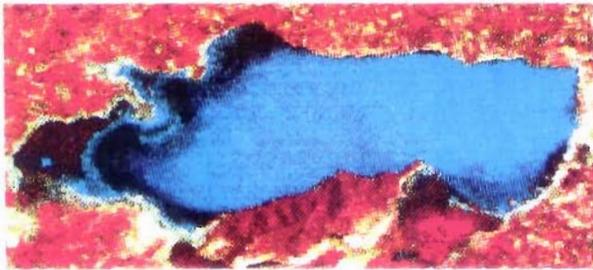
La segmentation ne correspond pas toujours à une séparation parfaite sur le plan spectral. Il y a donc une incertitude au niveau de la discrimination qu'il faut chercher à éliminer en affinant le plus possible les bornes.

c) Evaluation des surfaces en eau du lac Ichkeul par hypcub (tableau n°7 et 8).

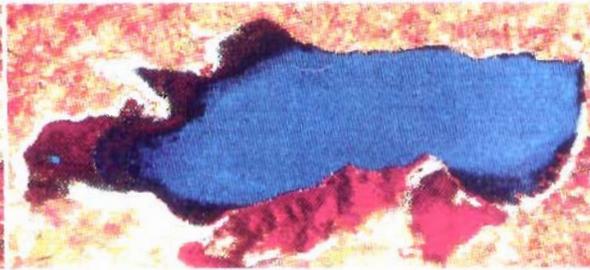
Image/Date	SURFACE					
	Classes d'eau différentes				Totale	
	Bleu	rouge	jaune	vert	Pixels	km ²
B/19/05. 76	7 465	4 662	2 245	1 556	15 928	70,46
C/15/06/76		1 297	12 153	2 740	16 190	71,62
D/13/09/76	4 871	5 101	920	4 544	15 436	68,28
F/21/03/77	6 516	5 616	4 344	3 448	19 924	88,14
G/19/06/77	4 758	2 687	4 139	4 301	15 885	70,27
H/29/07/78			11 226	4 286	15 512	68,62
I/25/05/79	3 214	4 601	9 866	676	18 357	81,21
J/27/06/79	3 880	3 950	5 228	2 357	15 415	68,19
K/02/08/79			10 789	5 311	16 100	71,22
L/12/06/80	6 335	5 209	2 048	3 287	16 879	74,67
O/14/09/81		316	10 277	5 898	16 491	72,95

Tableau n°7. Evaluation des surfaces en eau du lac Ichkeul par hypcub.

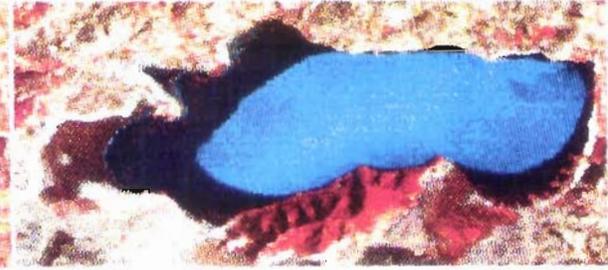
Les classes sont identifiées en comptant les pixels leur appartenant puis en multipliant le total obtenu par la surface du pixel. La taille du pixel détermine le niveau d'incertitude du résultat. Elle permet d'évaluer statistiquement le pourcentage de pixels radiométriquement purs, c'est à dire portant en totalité sur le thème de l'eau, et le pourcentage complémentaire de pixels composites c'est à dire à cheval sur au moins deux thèmes (marais, berges...). L'erreur possible a été estimée ici à 3%.



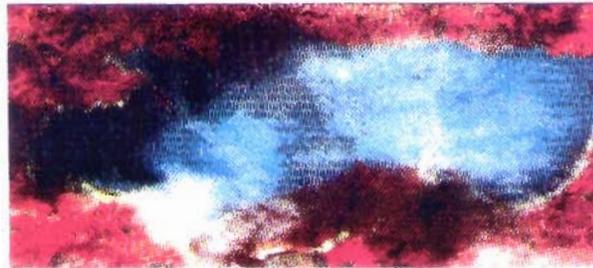
B/Date : 19 05 76



C/Date : 15 06 76



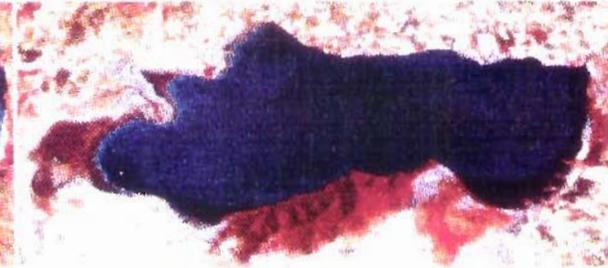
D/Date : 13 09 76



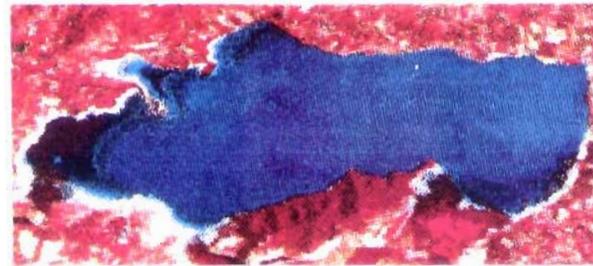
F/Date : 21 03 77



G/Date : 19 06 77



H/Date : 29 07 78



I/Date : 25 05 79



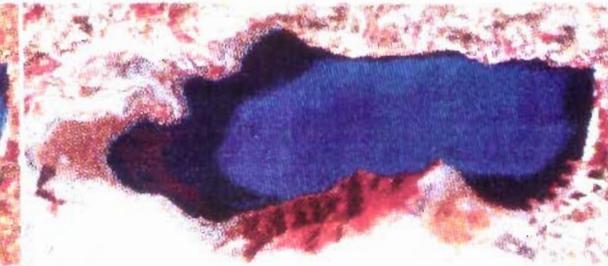
J/Date : 27 06 79



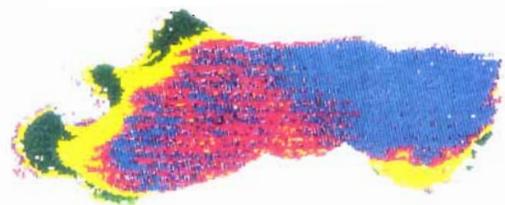
K/Date : 02 08 79



L/Date : 12 06 80



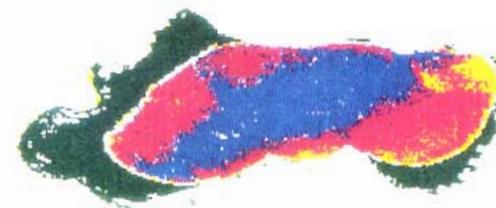
O/Date : 14 09 81



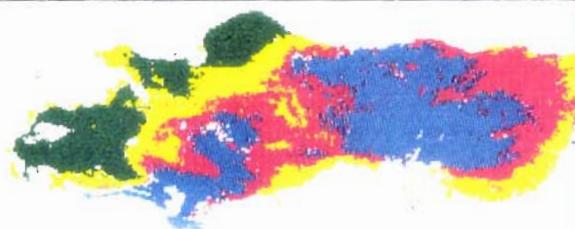
B/Date : 19 05 76



C/Date : 15 06 76



D/Date : 13 09 76



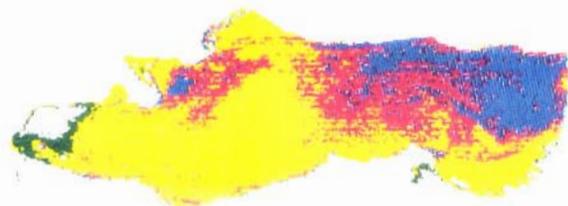
F/Date : 21 03 77



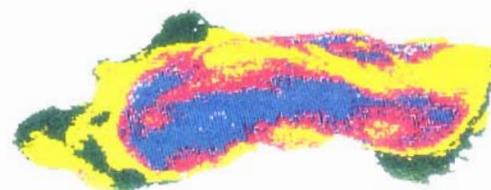
G/Date : 19 06 77



H/Date : 29 07 78



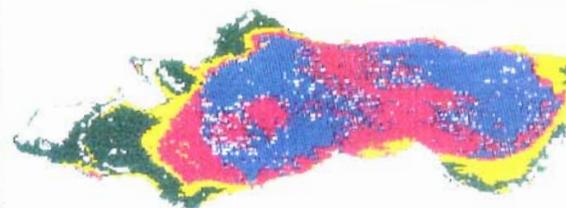
I/Date : 25 05 79



J/Date : 27 06 79



K/Date : 02 08 79



L/Date : 12 06 80



O/Date : 14 09 81

Image/Date	Canal	Moyenne	écart-type
B/ 19/05/76	1	33,8	7,5
	2	41,8	9,5
	3	17,6	3,9
	4	4,7	2,3
C/ 15/06/76	1	28,6	7,7
	2	35,4	8,2
	3	21,3	8,6
	4	7	8,3
D/ 13/09/76	1	20,4	10,9
	2	32	17,3
	3	25,7	10,5
	4	11,1	4,8
F/ 21/03/77	1	27,4	13,3
	2	41,4	18,8
	3	35,5	18,2
	4	26,4	17,3
G/ 19/06/77	1	27,6	12,1
	2	44,4	20,3
	3	27,8	12
	4	11,4	6,7
H/ 29/07/79	1	24,9	4,1
	2	25,4	5
	3	9,8	4,5
	4	2,5	2,4
I/ 25/05/79	1	29	7,3
	2	37	8,8
	3	15,5	6,2
	4	4	6,3
J/ 27/06/79	1	28,3	8,9
	2	43,8	16,5
	3	23,7	9,9
	4	8	4,4
K/ 02/08/79	1	22,9	7,9
	2	26,9	7
	3	15,3	7,4
	4	7,7	6,8
L/ 12/06/80	1	28,3	12,1
	2	37,4	15,7
	3	21,7	8
	4	5,3	6
O/ 14/09/81	1	22,1	9,8
	2	28	10,9
	3	14,5	6,2
	4	6	5,2

Tableau n°8. Statistiques sur la totalité des eaux du lac Ichkeul.

Ces statistiques vont nous permettre d'établir les signatures spectrales des eaux du lac à différentes époques.

III CONTROLE DES RESULTATS, ESTIMATION DE LEUR PRECISION

a) Critiques des données numériques.

Nous l'avons vu précédemment, le processus d'identification des zones turbides est basé sur l'étude de la tonalité des niveaux de gris par canal et la comparaison des 3 canaux superposés 1, 2 et 4. Le succès de la classification dépend de la séparabilité des 4 classes visualisées et de la précision de la détermination. Pour certaines images satellites la discrimination était difficile.

L'image du 21 mars 1977 (F) est de qualité médiocre. La forte nébulosité gêne l'interprétation et introduit des erreurs lors des lectures radiométriques. Celles ci prennent en compte à la fois les valeurs du lac et celles des nuages. Dans le cas de la zone 1, par exemple les valeurs pour les canaux MSS5 et MSS7 s'étalent de (53 à 79) et de (27 à 78).

L'élaboration des zones nécessaires pour le lancement des programmes de calculs statistiques pose problème sur cette image du 25 mai 1979 (I). Il est difficile de trouver une surface suffisamment grande de pixels radiométriquement purs pour les zones 1 et 2 dans le canal MSS5. Cette difficulté se répercute sur le classement des pixels au risque de créer une imbrication des hypercubes.

b) Analyses des résultats.

L'évolution des turbidités du lac Ichkeul est essentiellement dépendante de la circulation atmosphérique, sa faible profondeur, comprise généralement entre 20 cm et 1,50 m facilitant une remise en suspension des particules. La transparence du lac varie en fonction de la force du vent. Les mélanges, horizontaux et verticaux peuvent être très rapides (de l'ordre de l'heure). Inversement, la sédimentation par temps calme est également rapide, la turbidité diminuant très sensiblement en une dizaine d'heures.

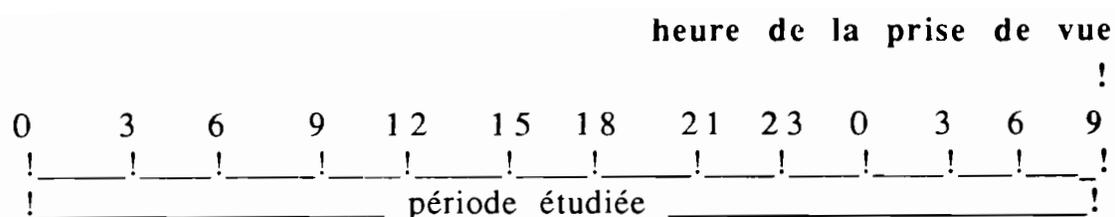
La turbidité des eaux est moins marquée en été qu'en hiver: les vents sont en général moins forts, la course du vent (fetch) est également réduite par la croissance des herbiers et les apports du lac qui proviennent du lac de Bizerte sont alors plus clairs que ceux des oueds en crue l'hiver.

Le facteur dominant reste cependant, et en toutes saisons le vent dans la période précédant immédiatement l'observation.

L'eau de l'Ichkeul présente une coloration ocre indiquant la présence d'argile. Cette argile a pour origine les bassins versants et parvient au lac lors des crues. Sauf rares exceptions, la turbidité observée provient de la remise en suspension par le vent des particules sédimentées sur toute la surface du lac. Un panache de turbidité devant l'embouchure de l'oued Sedjenane, correspondant à un temps d'hiver calme, est toujours de durée limitée.

Dans le cas du lac Ichkeul le fond, bien que proche, intervient relativement peu dans le signal émis par la surface de l'eau. Il peut être considéré comme "optiquement" profond si l'on considère les coefficients d'atténuation verticale de la lumière relativement à la profondeur.

Les conditions anémométriques aux dates du passage du satellite ont été examinées et cartographiées. Les relevés de la vitesse du vent et de sa direction ont été notés pour chaque cas, toutes les 3 heures sur une période de 33 heures.



Les situations comparables entre elles ont été regroupées.

Le 12/05/1976: B

Le 25/05/1979: I

Les vents de secteur N NW précédant l'heure de la prise de vue expliquent le fait que la partie située à l'Est du Djebel Ichkeul, généralement abritée, soit envahie par les sédiments. Cette zone est dégagée sur les images **J, K, C, L** où les vents d'Est dominant.

Sur l'image **B** un vent de S-E s'est levé à 9 h, heure du passage satellite., laissant présager un rapide éclaircissement. A l'ouest, l'aire des herbiers, relativement étendue et peu turbide à cette époque de l'année, ne constitue pas ici, une zone de transparence particulière.

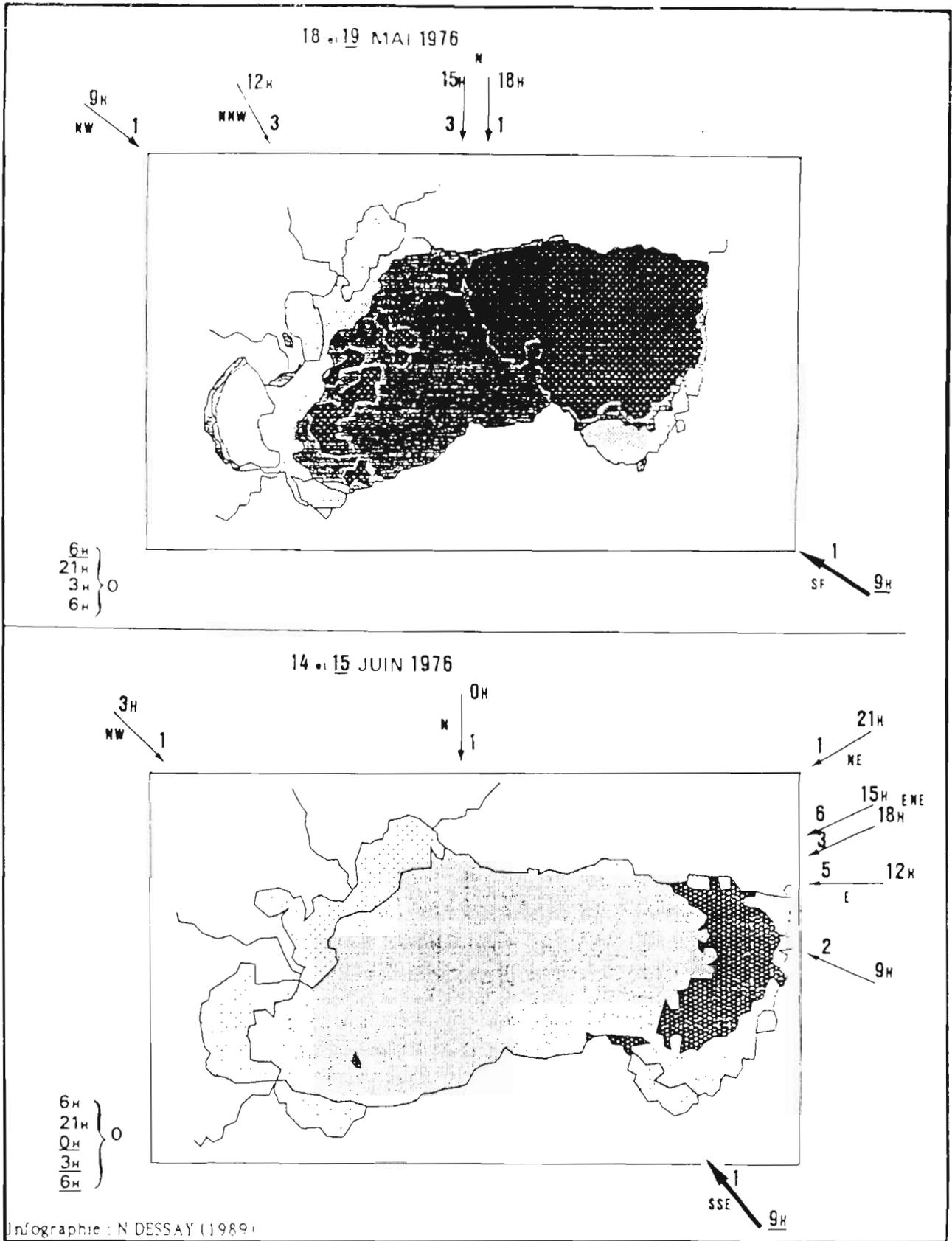
Dans les deux cas, la partie Ouest du lac semble plus calme, et la zone la plus turbide repoussée à l'Est. Sur l'image **I**, cette zone commence à se recourber en forme de demi-lune sous l'effet d'un vent d'Ouest force 3 m/s.

Le 15 /06 /1976: C.

Le 12/ 06 /1980: L.

Sur ces deux images, une journée avant le passage du satellite la direction des vents dominants est de secteur ENE et la vitesse du vent de 5, 6 et 7 m/s, de secteur Est un peu plus tard, et de secteur ENE à 9 h le matin. Les vents forts, d'ENE, créent un balancement des plans d'eau de Bizerte et de l'Ichkeul, favorisant un fort courant entrant d'eau peu turbide.

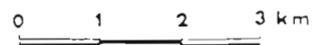
Cartographies des turbidités d'après le programme hypsub,
 en fonction de la vitesse et de la direction du vent.



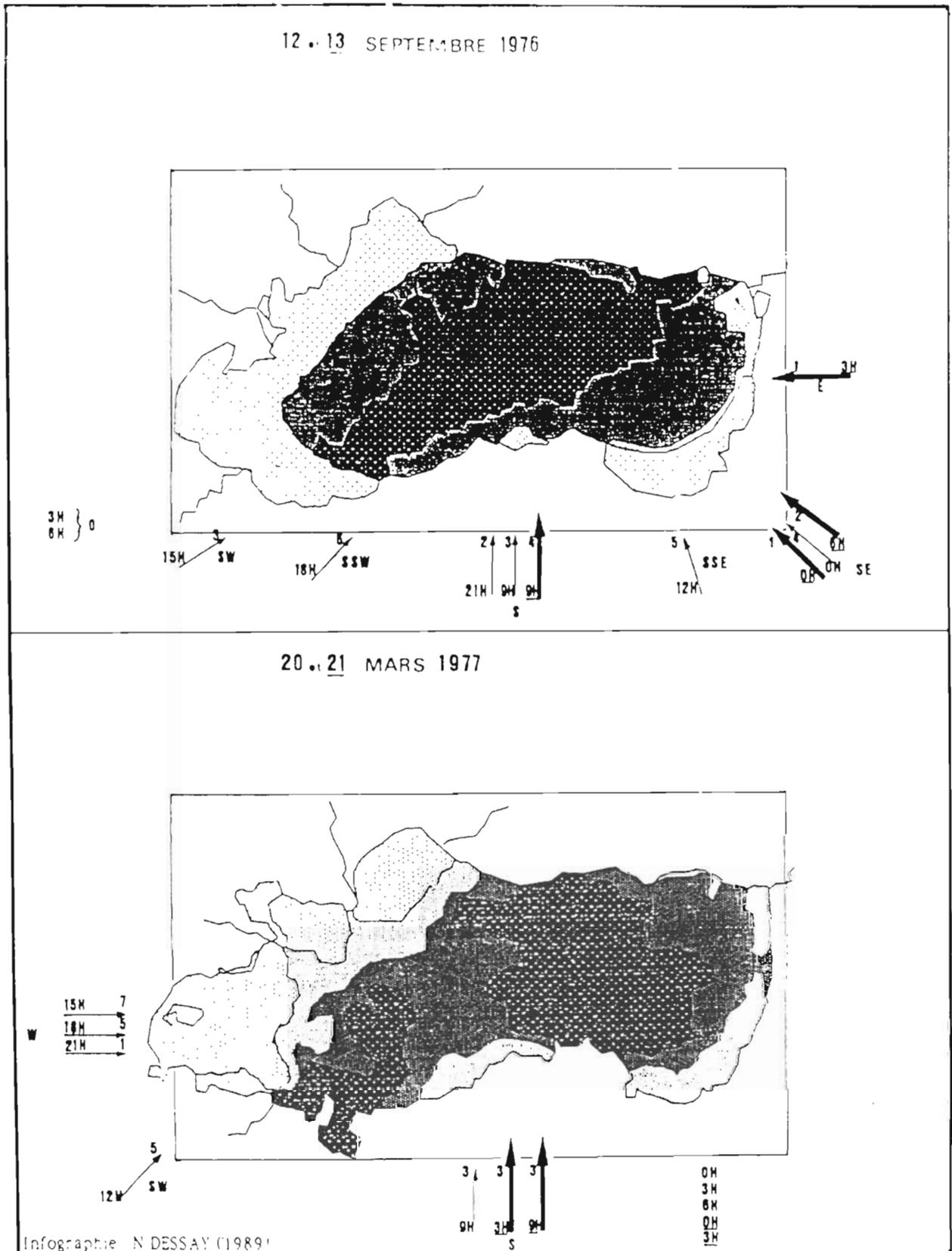
Légende



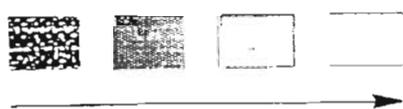
Turbidité décroissante



Cartographies des turbidités d'après le programme Hypac,
 en fonction de la vitesse et de la direction du vent.



Légende



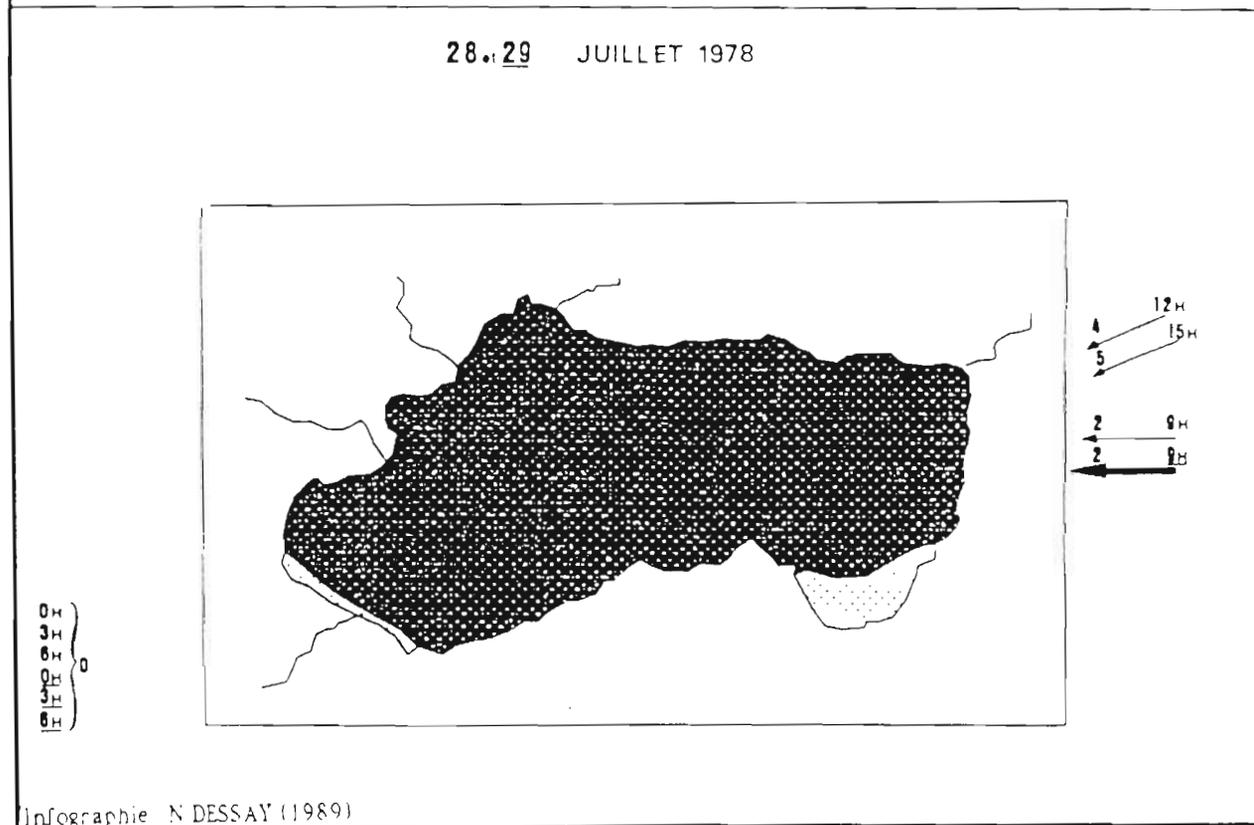
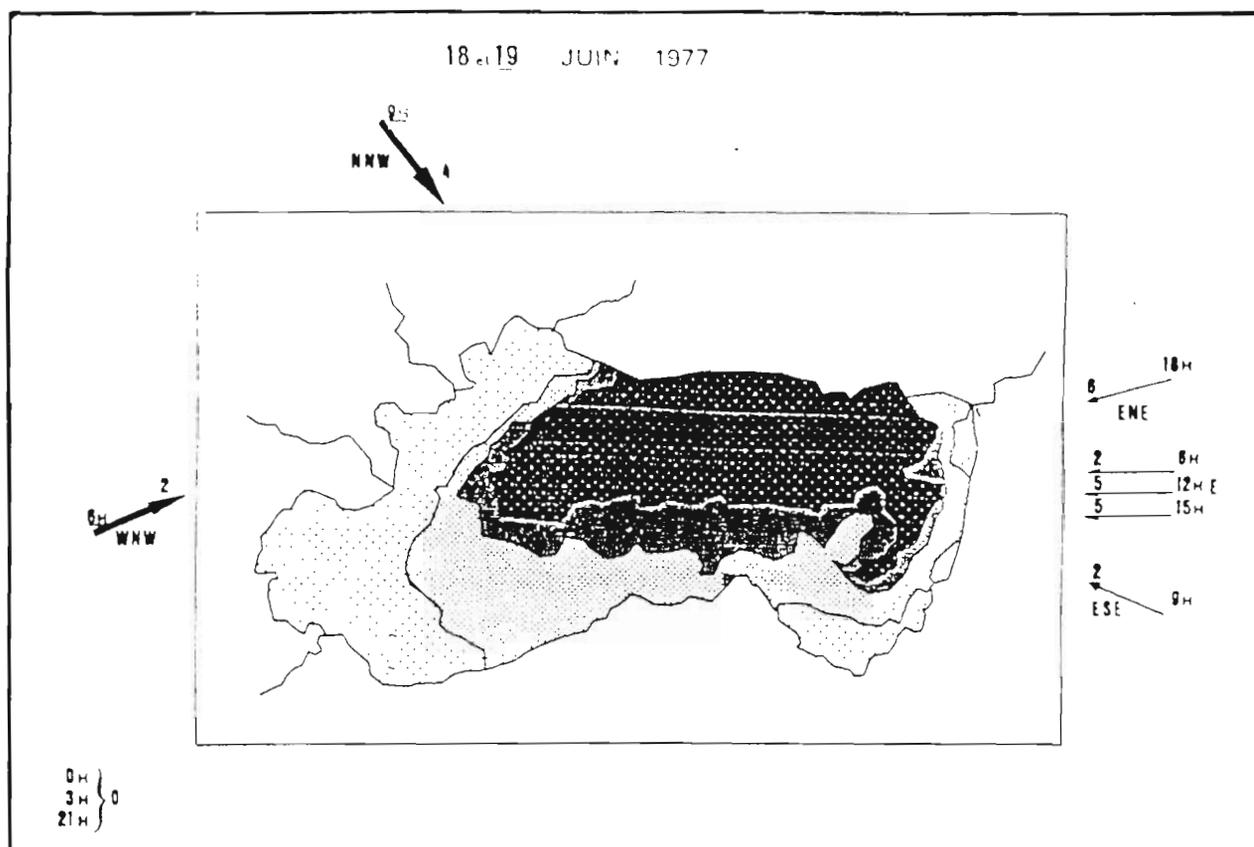
Turbidite décroissante

0 1 2 3 km



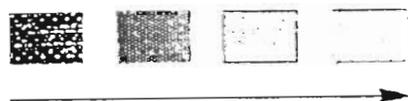
Fig. n°8.

Cartographies des turbidités d'après le programme hypost,
 en fonction de la vitesse et de la direction du vent



Infographie N DESSAY (1989)

Légende



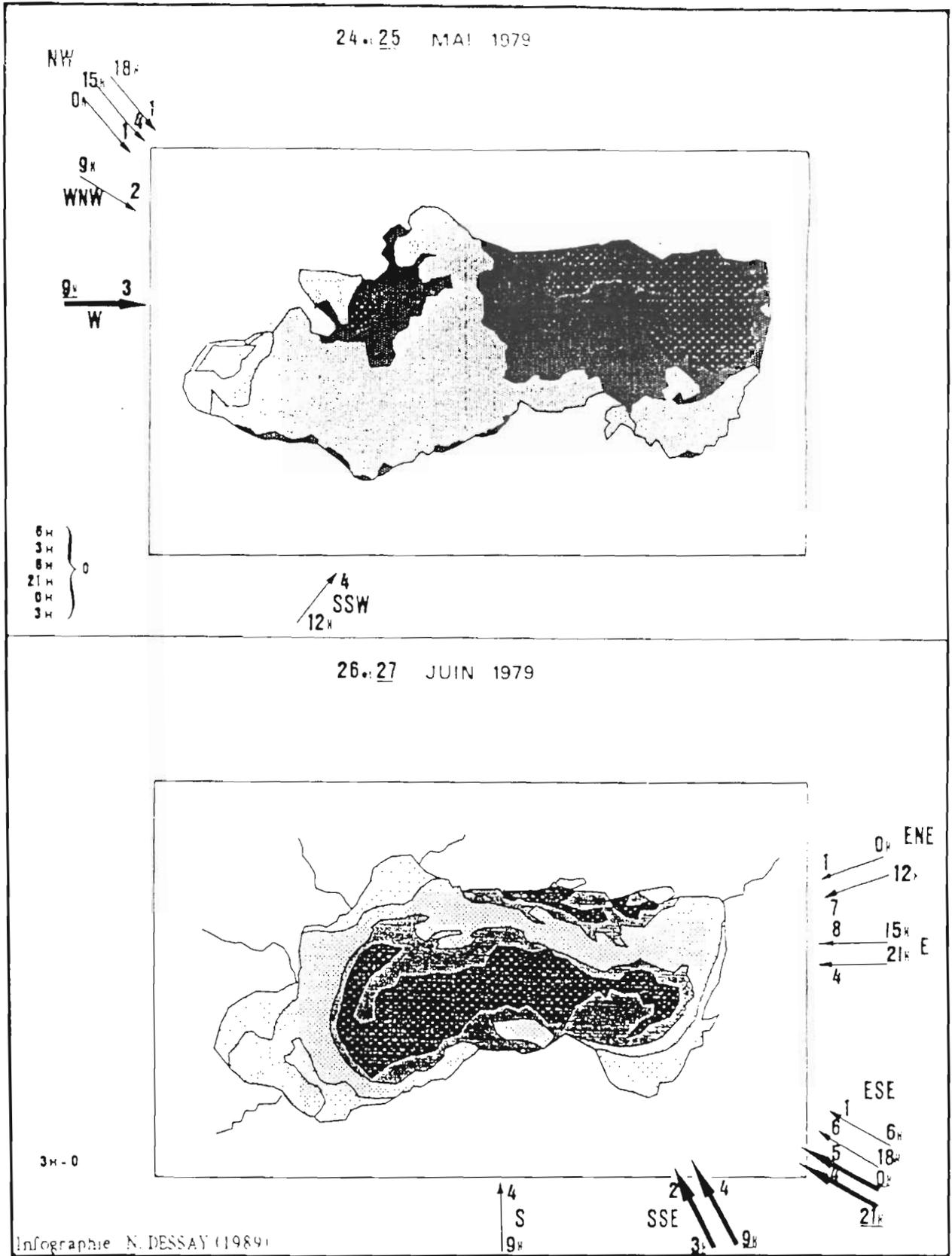
Turbidite décroissante.

0 1 2 3 km



Fig n°9.

Cartographies des turbidités d'après le programme hypcot,
 en fonction de la vitesse et de la direction du vent.



Légende

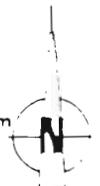
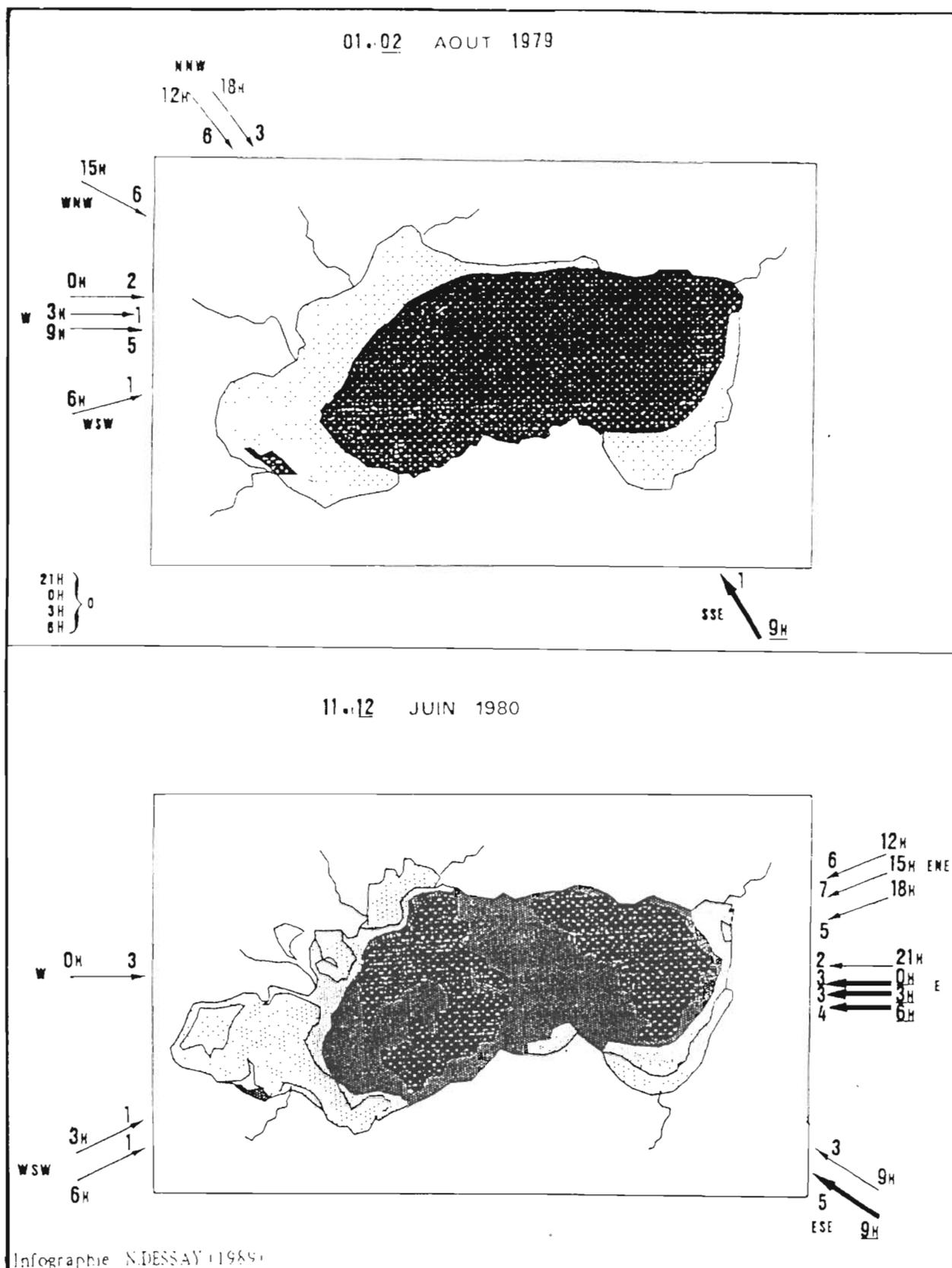


Fig n°10.

Cartographies des turbidités d'après le programme hypéut.

en fonction de la vitesse et de la direction du vent



Légende



Turbidité décroissante

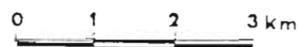
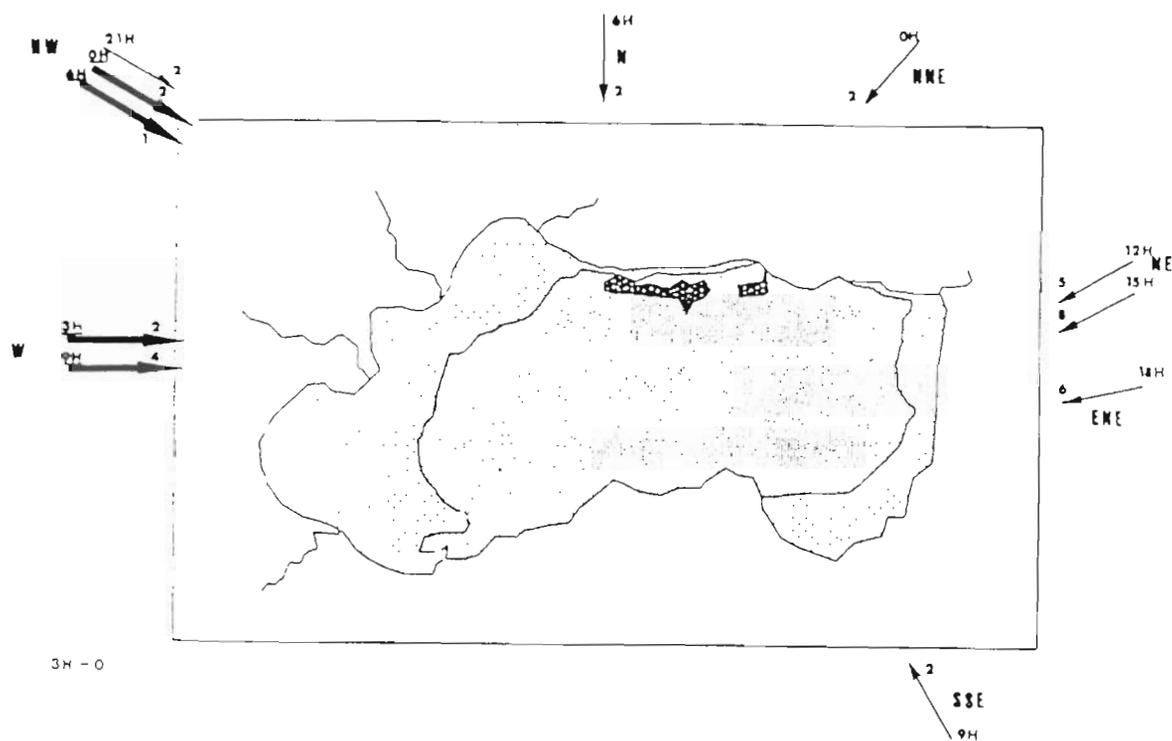


Fig n°11.

13-14 SEPTEMBRE 1981

Cartographie des turbidites déposées à l'origine typique en
fonction de la vitesse et de la direction du vent



Infographie N. DESSAY

Légende

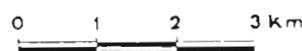
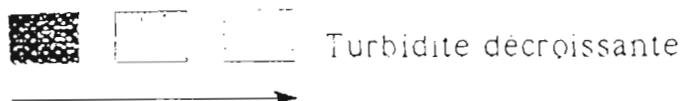


Fig n°12.

Par contre, à l'Ouest du lac ils ont contribué à la remise en suspension des sédiments jusque dans la zone des herbiers de Potamogeton. Cette situation est tout à fait nette sur l'image C. Les herbiers sont envahis par les particules argileuses, conséquence à attribuer aux vents de secteur ENE, et ceci malgré la période de calme précédent le passage du satellite. Le lac apparaît séparé en deux zones turbides distinctes sur l'image L.

Le 13 /09 /1976: D.

Le 27/ 06 /1979: J

La similitude sur ces deux images de la forme ramassée des zones turbides laisse deviner la grandeur des herbiers de Potamogeton complètement développés à cette époque de l'année

Les vents de SW soufflant le 12 09 76 à 15 h et 18 h.ont laissé la trace d'un couloir s'évasant progressivement, de direction SW-NNE. Les vents de SE ont dégagé la zone à l'Est du Djebel Ichkeul.

Le 27 06 79, on distingue très bien des courants. repoussés vers la rive nord du lac Ichkeul par des vents de secteur ESE, de vitesse 5 et 6 m/s. L'eau turbide plaquée le long de cette rive engendre une forme tourbillonnaire très nette d'où se détachent des lambeaux de turbidités au SSW

Le 19 06 1977: G.

Les vents de secteurs WSW et NNW semblent créer un début de spirale à l'Est du lac. On remarque une forte turbidité au nord, très nette par ailleurs sur la composition colorée.

Le 29 07 1978: H.

Les eaux sont de couleur quasiment uniforme sur la totalité du lac, on ne distingue plus la zone d'eau libre de celle des herbiers. Une période de calme précède la prise de vue; à 9 h, le vent est de secteur Est, vitesse 2 m/s .

Le 02 08 1979: K.

Le 14 09 1981: O.

Ces deux images présentent des similitudes, la zone er eau libre est bien distincte de celle des herbiers à potamos. Les vents dominants sont des vents d'Ouest. "Les vents de secteur W, WNW et NW soufflent en moyenne 93 jours par an à plus de 5 m/s, dont 28 jours à plus de 9 m/s. Compte tenu de l'orientation Est-Ouest du lac, la fréquence et la force du vent expliquent la turbidité de l'eau. Il existe une relation entre la vitesse du vent, sa course sur la surface du lac, et la profondeur de la couche touchée par la turbulence ainsi créée. Lorsque la profondeur est inférieure à la zone de mélange, les particules du sédiment superficiel sont remises en suspension" (LEMOALLE 1983).

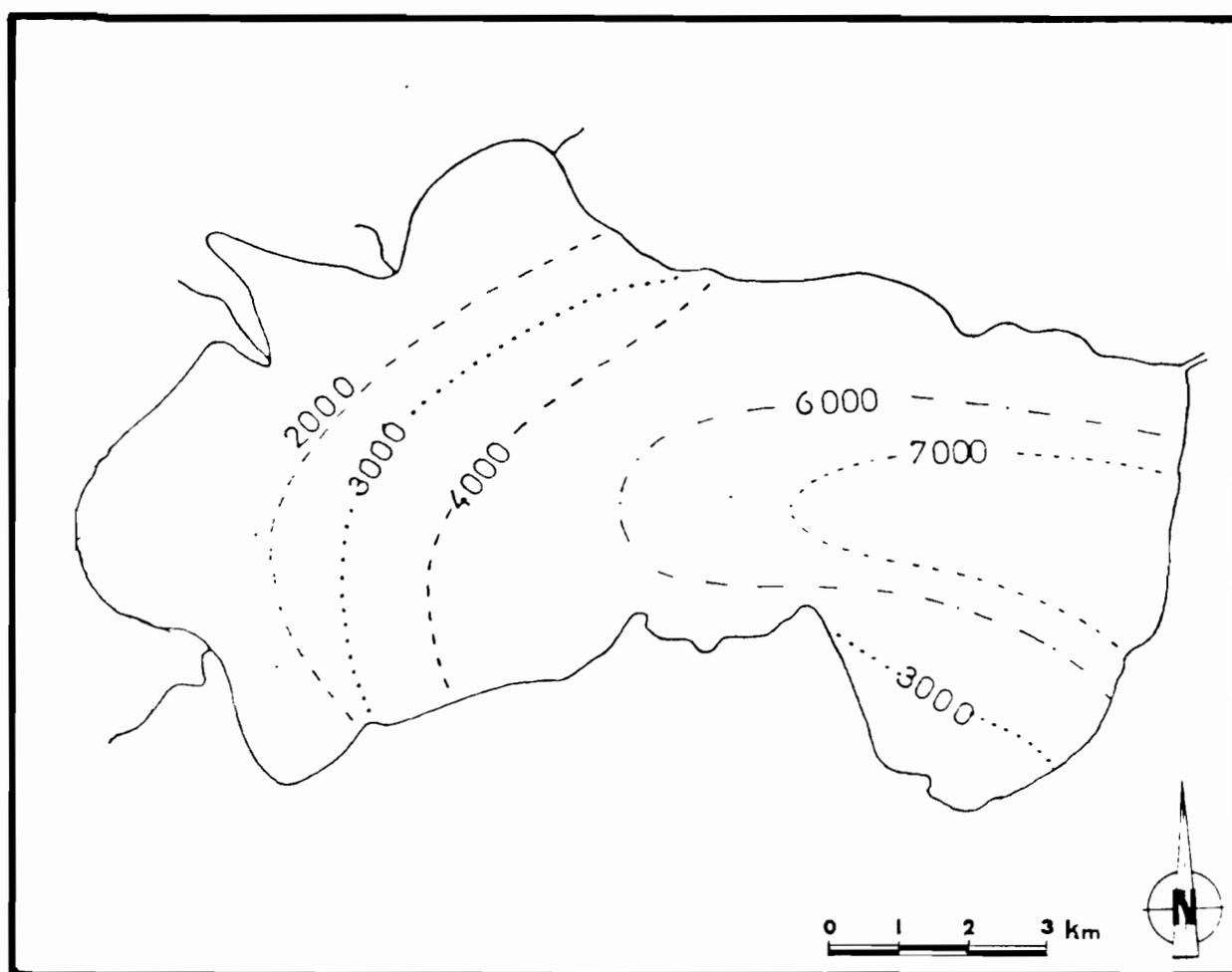
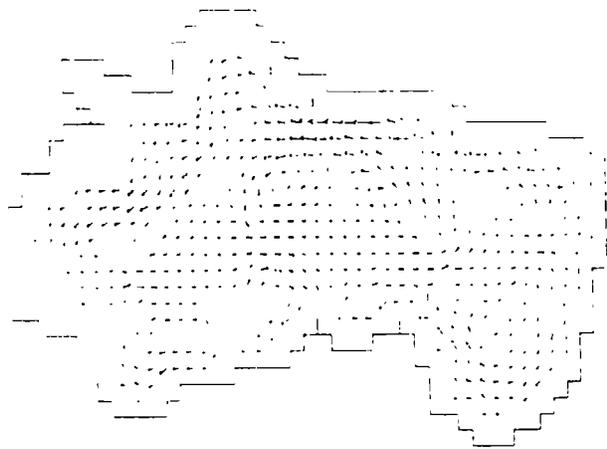


Fig n°13 Ligne d'égale course du vent sur le lac pour un vent de secteur WNW.
Source: LEMOALLE 1983

Fig n°13. Lac Ichkeul soumis à l'action d'un vent variable (7 et 8 septembre) Modèle hydrodynamique de Lahandl



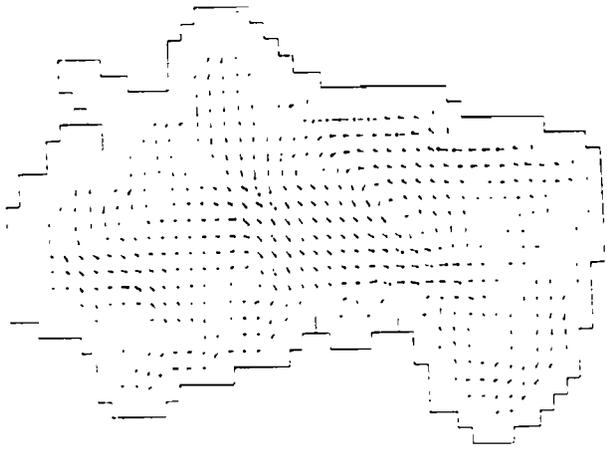
LAC ICHKEUL (TUNISIE) SOUMIS A L'ACTION D'UN VENT VARIABLE (7 et 8 Septembre 81)
DIAGRAMME DES VITESSES APRES 1060 PAS DE TEMPS

0x250 m 07x40 secondes 1/20 m/s



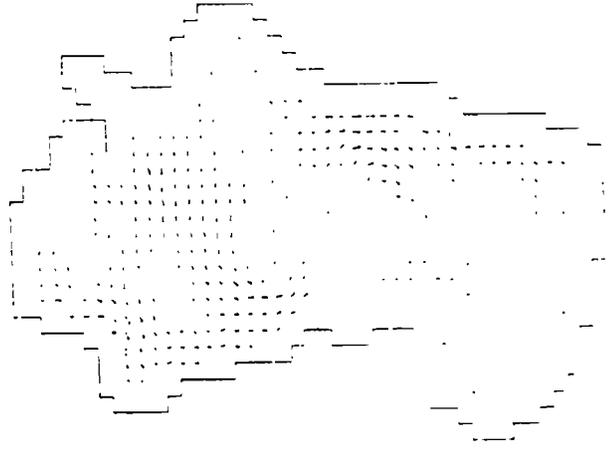
LAC ICHKEUL (TUNISIE) SOUMIS A L'ACTION D'UN VENT VARIABLE (7 et 8 Septembre 81)
DIAGRAMME DES VITESSES APRES 2700 PAS DE TEMPS

0x250 m 07x40 secondes 1/20 m/s



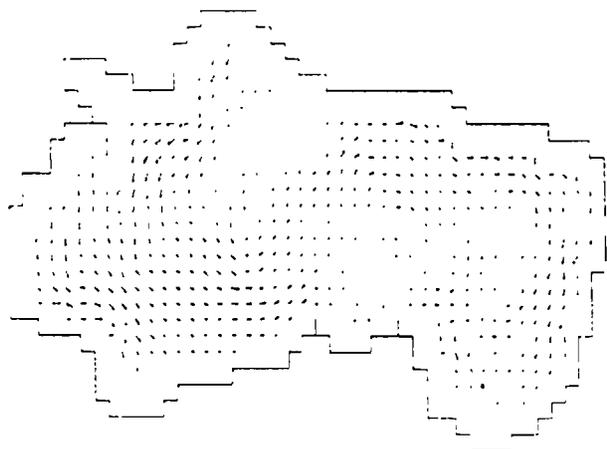
LAC ICHKEUL (TUNISIE) SOUMIS A L'ACTION D'UN VENT VARIABLE (7 et 8 Septembre 81)
DIAGRAMME DES VITESSES APRES 2080 PAS DE TEMPS

0x250 m 07x40 secondes 1/20 m/s



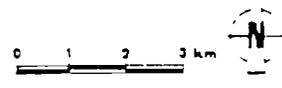
LAC ICHKEUL (TUNISIE) SOUMIS A L'ACTION D'UN VENT VARIABLE (7 et 8 Septembre 81)
DIAGRAMME DES VITESSES APRES 3960 PAS DE TEMPS

0x250 m 07x40 secondes 1/20 m/s



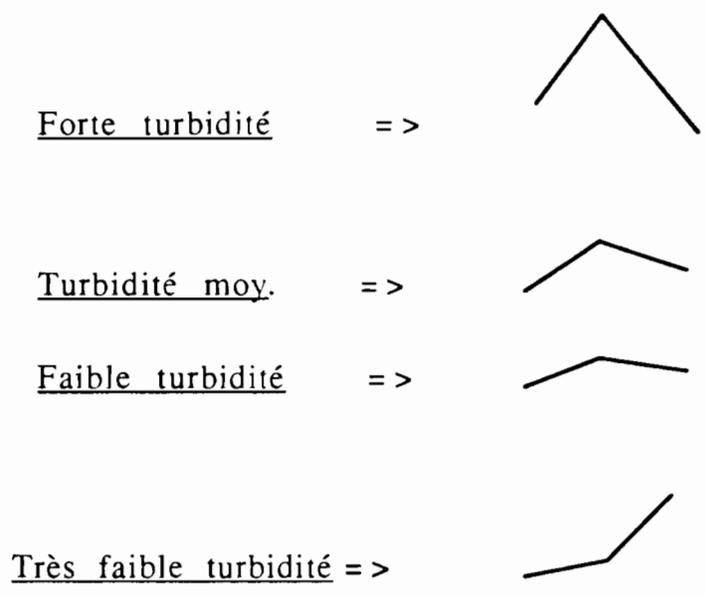
LAC ICHKEUL (TUNISIE) SOUMIS A L'ACTION D'UN VENT VARIABLE (7 et 8 Septembre 81)
DIAGRAMME DES VITESSES APRES 3700 PAS DE TEMPS

0x250 m 07x40 secondes 1/20 m/s



Les signatures spectrales des différentes zones de turbidité du lac Ichkeul (voir graphiques de 1 à 7), sont obtenues à partir des valeurs normalisées. La correction par soustraction fournit des "serpents" semblables à ceux que l'on obtient sur le terrain en terme de réflectance.

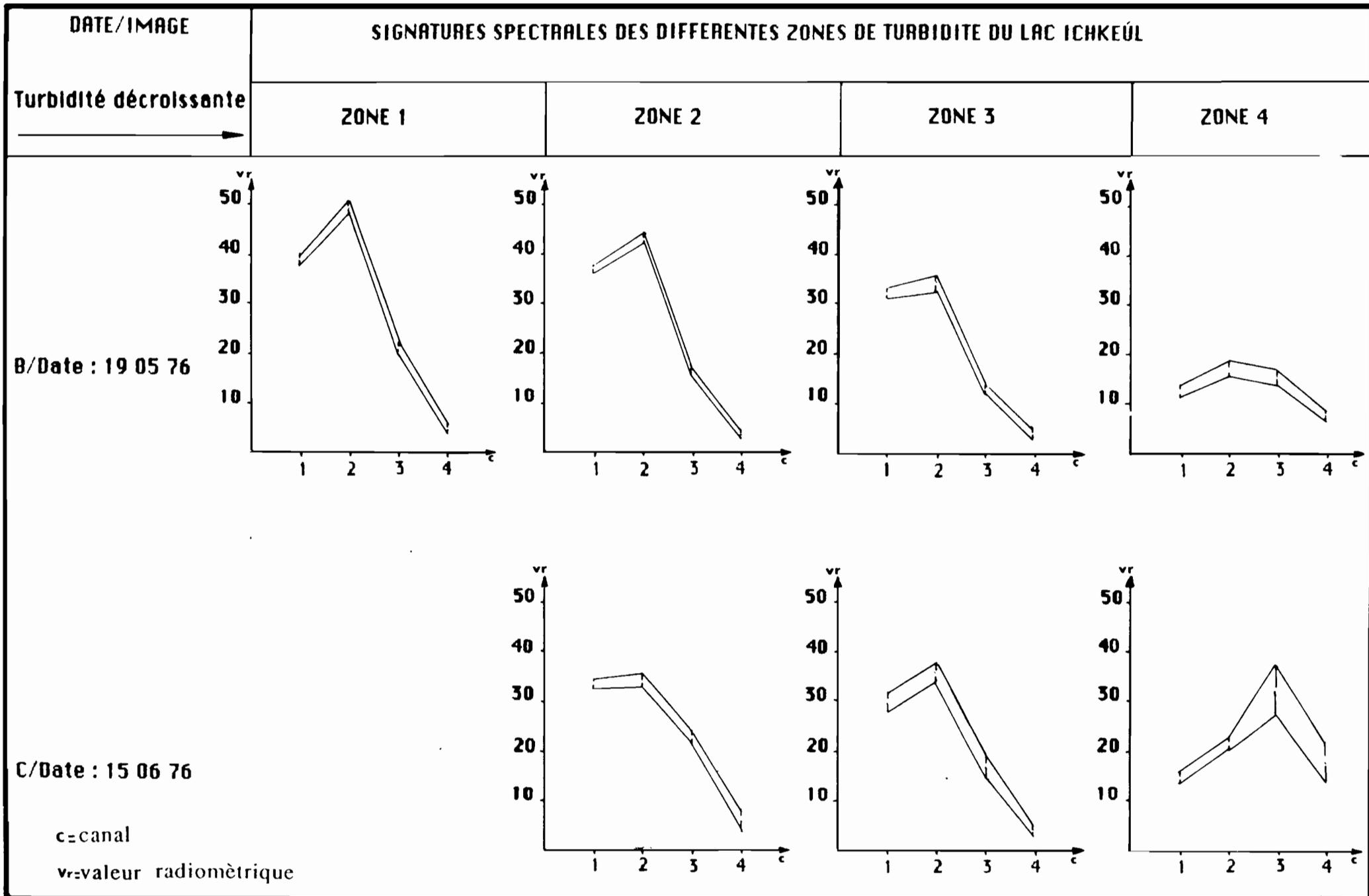
Dans l'ensemble, les résultats semblent cohérents. Les classes de turbidité cartographiées correspondent souvent aux 4 classes de "serpents", indiquant manifestement que la luminance en MSS5 est un bon indicateur de la turbidité en valeur absolue. L'utilisation du multispectral permet de tester la cohérence de la luminance en canal MSS5.



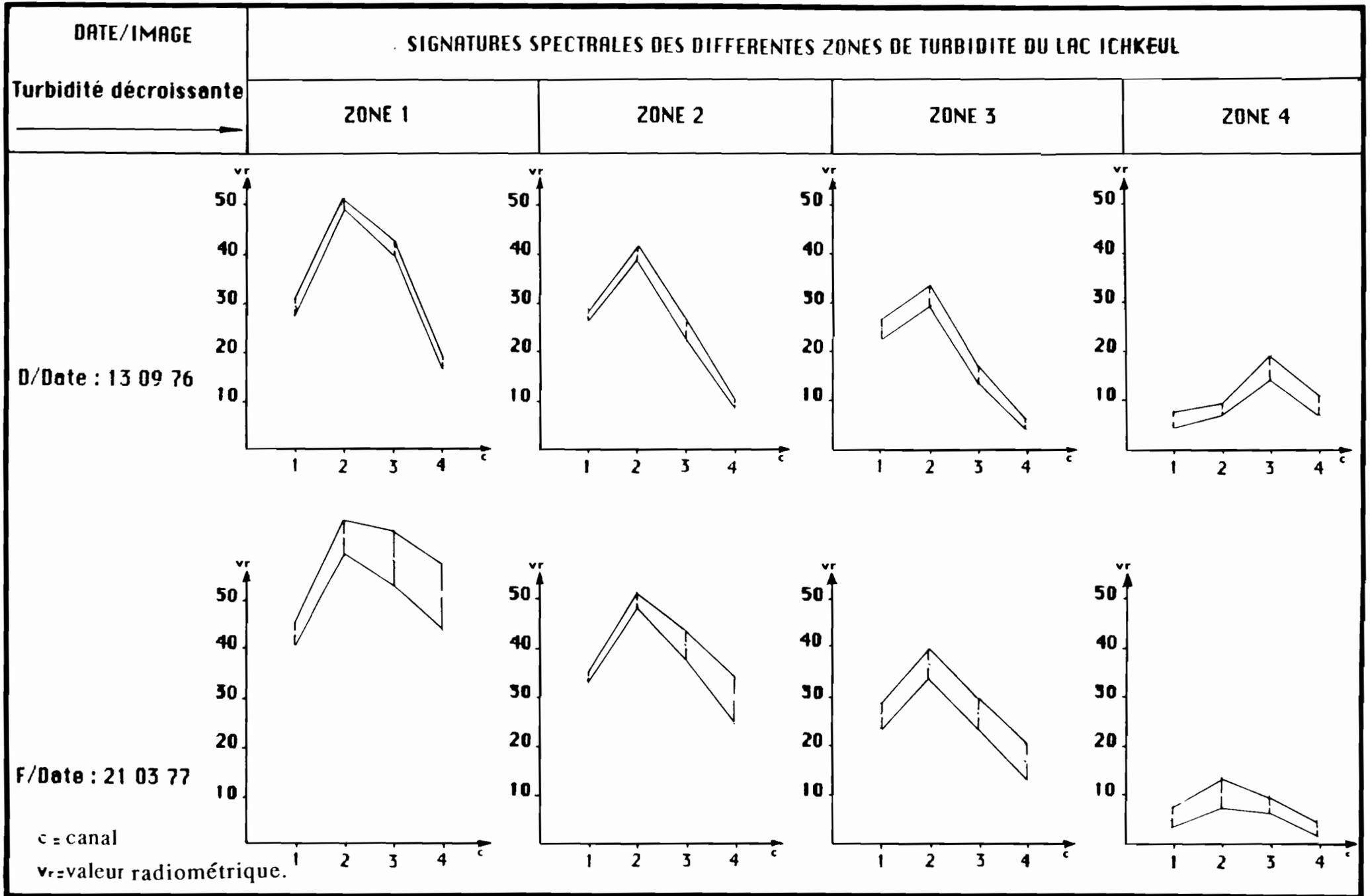
Le dernier "serpent" indique une faible turbidité compliquée par la présence des herbiers. C'est ce qui explique cette soudaine remontée du segment.

Ces graphiques confirment une répartition spatiale des turbidités extrêmement variable. De plus la circulation des masses d'eau dans le lac peut se présenter suivant l'évolution du vent sous forme de plusieurs petites ou grandes cellules (Lahand, modèle hydrodynamique, fig 12)

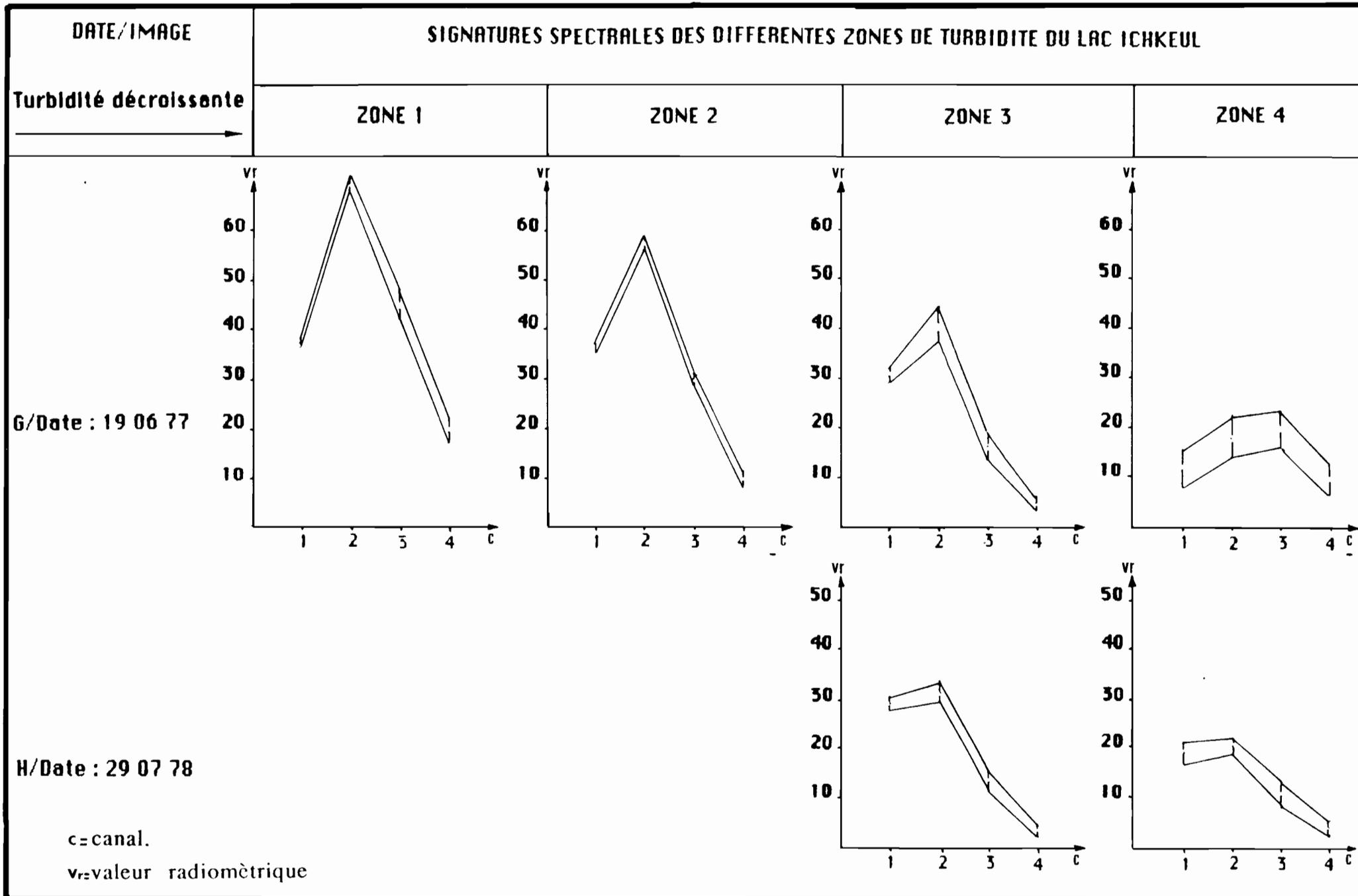
Cette étude quantitative nécessite une analyse plus poussée soit par des mesures synchrones, soit en recherchant la conversion (calibration) des radiomètres Landsat.



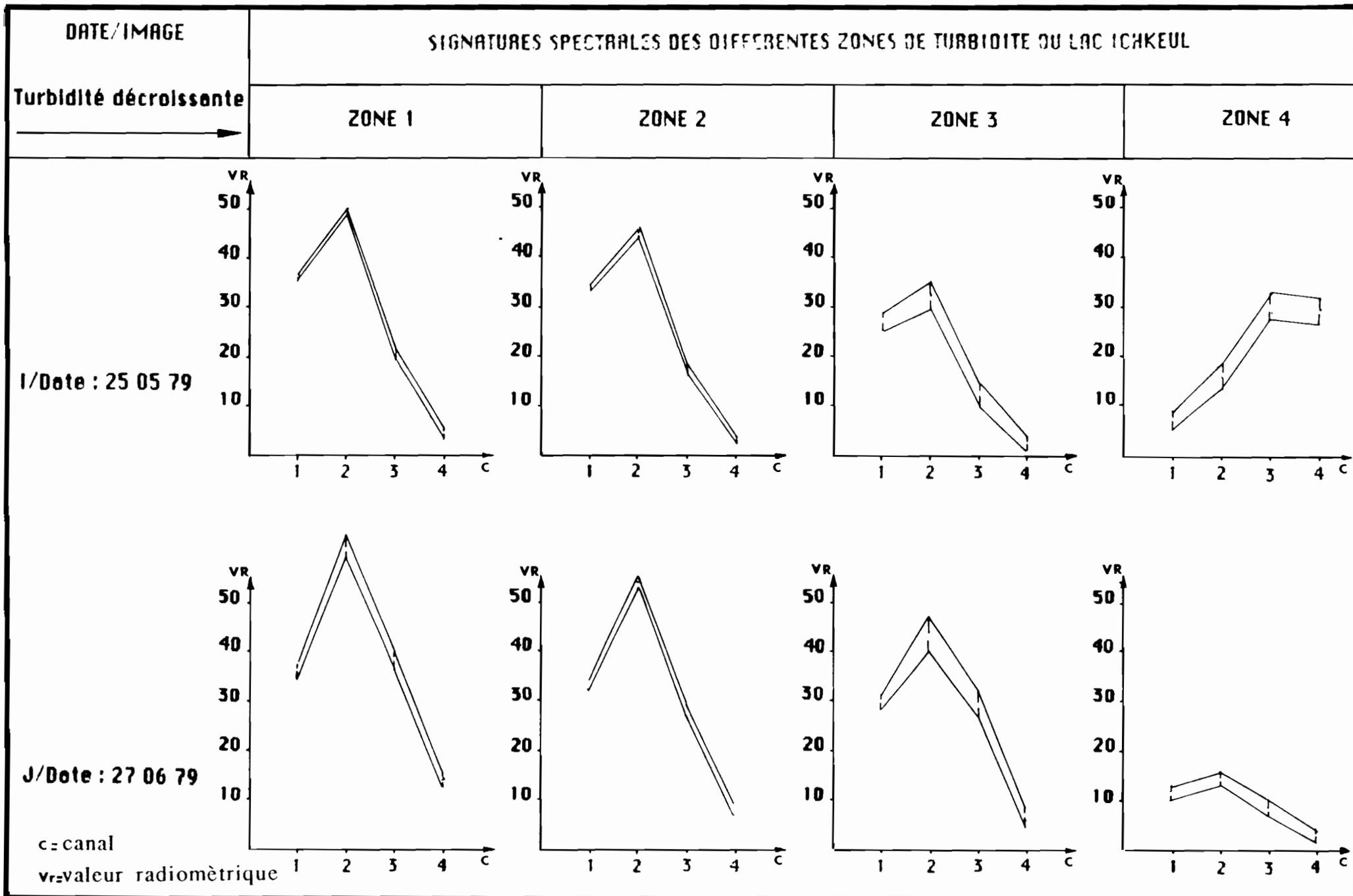
Graphique n°1



Graphique n°2.



Graphique n°3.



Graphique n°4.

DATE/IMAGE

SIGNATURES SPECTRALES DES DIFFERENTES ZONES DE TURBIDITE DU LAC ICHKEUL

Turbidite décroissante

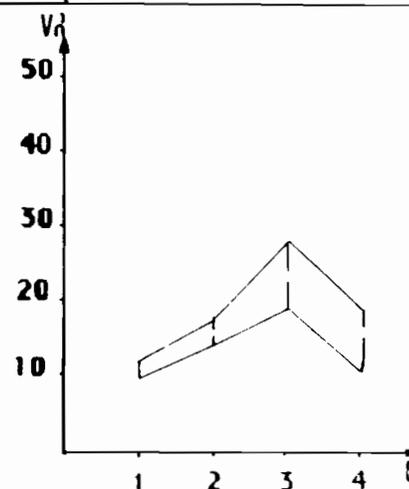
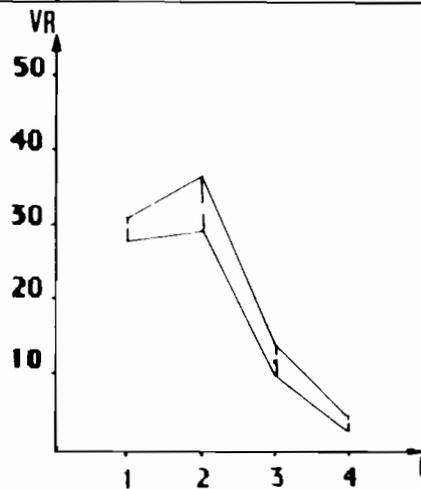
ZONE 1

ZONE 2

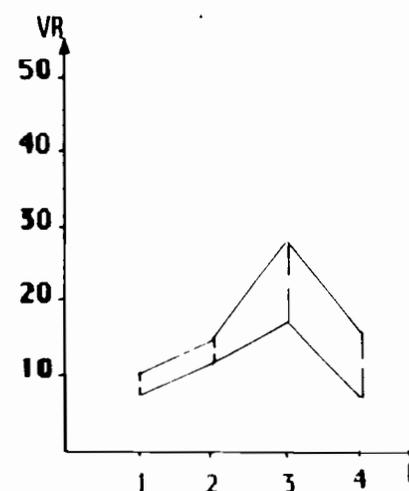
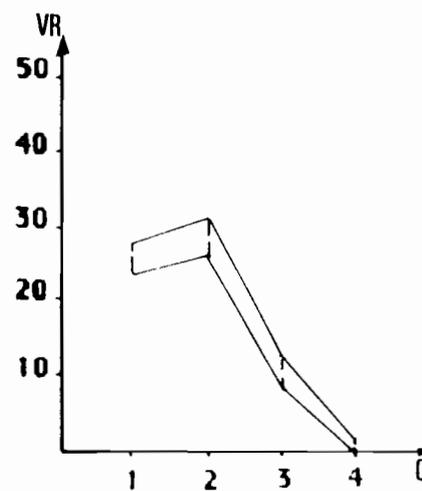
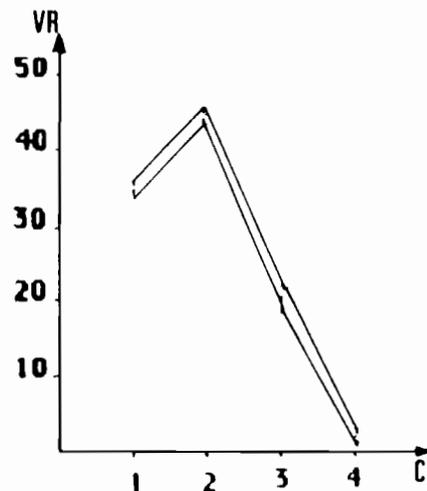
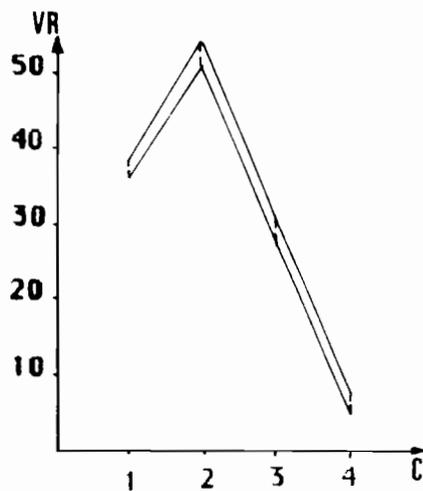
ZONE 3

ZONE 4

K Date : 02 08 79



L/Date : 12 06 80



DATE:IMAGE

SIGNATURES SPECTRALES DES DIFFERENTES ZONES DE TURBIDITE DU LAC ICHKEUL

Turbidité décroissante

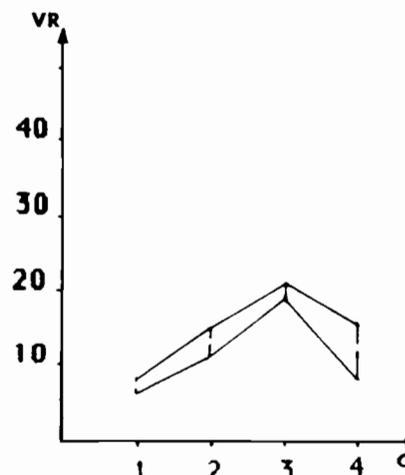
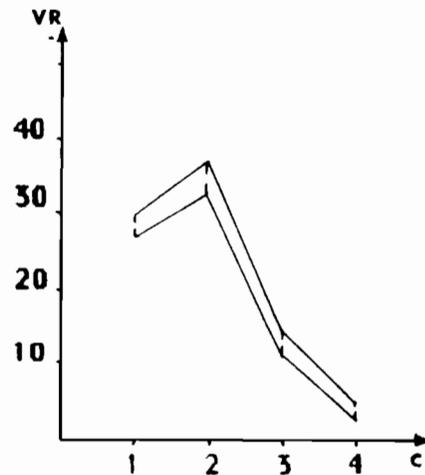
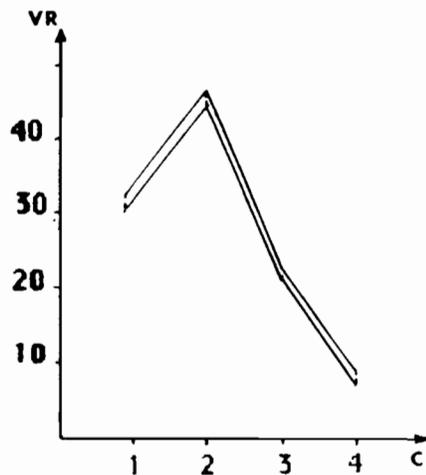
ZONE 1

ZONE 2

ZONE 3

ZONE 4

0/Date : 14 09 81

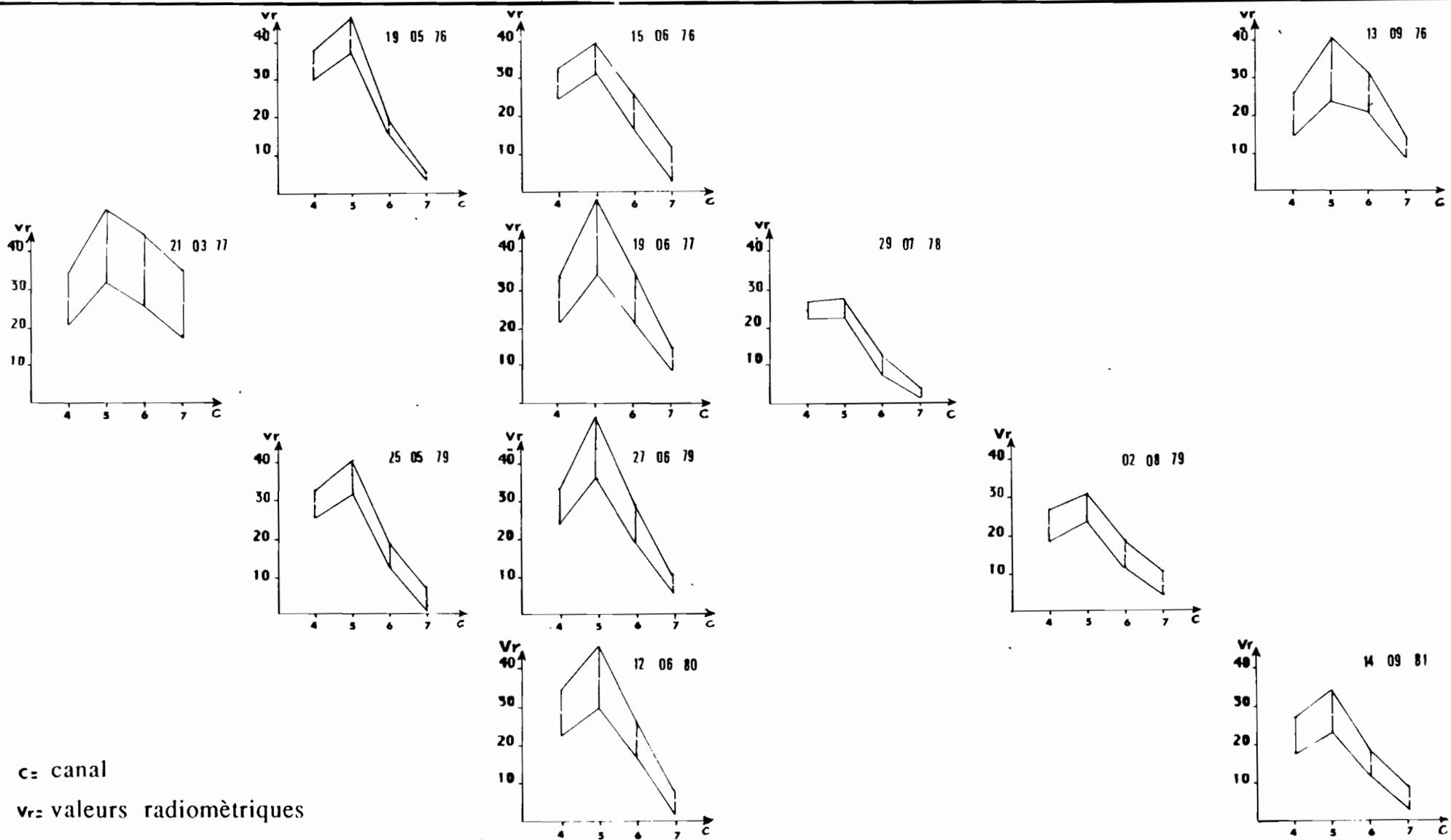


c = canal

vr = valeur radiométrique

SIGNATURES SPECTRALES DU LAC ICHKEUL

sur la totalité de la surface en eau aux différentes dates du passage satellite



c : canal
 v_r : valeurs radiométriques

Suivant le but proposé la solution du problème direct peut varier. Les traitements ne seront pas les mêmes dans le cadre d'une recherche de turbidité ou de l'établissement d'une carte thématique répertoriant les herbiers de Potamogeton. Le choix des bornes lors de la constitution des hypcubs sera totalement différent.

Cette étude représente une première approche de quantification multi-temporelle qui n'est pas si fréquente dans la littérature disponible.

CONCLUSION

Le stage m'a permis de me familiariser,

- avec l'outil informatique appliqué à des programmes spécifiques,

- aux traitements des données numériques de télédétection, avec l'application à une thématique particulière qui est la qualité de l'eau.

De ce fait les résultats obtenus portent sur trois points,

- les traitements effectués sur les données Landsat MSS du lac Ichkeul, (statistiques, cartographies de zones homogènes par classification sur 4 canaux par l'intermédiaire du programme hypercubes),

- des cartographies des luminances de surface du lac Ichkeul,

- un essai d'interprétation de ces résultats.

LISTE DES FIGURES

Fig n° 1 Situation géographique du lac Ichkeul.

Fig n°2. Rose des vents du lac Ichkeul.

Fig n°3 Bathymétrie du lac Ichkeul d'après la carte 1963.

Fig n°4. Flore du lac Ichkeul.

Fig n°5. Architecture du réseau local Ethernet de Montpellier.

Fig n°6. Organigramme d'un traitement d'image pour extraction d'information thématique.

Fig N°7. Cartographies des turbidités d'après le programme hypcub, en fonction de la vitesse et de la direction du vent: le 19 05 76 et le 15 06 76.

Fig n°8. Cartographies des turbidités d'après le programme hypcub, en fonction de la vitesse et de la direction du vent: le 13 09 76 et le 21 03 77.

Fig n°9. Cartographies des turbidités d'après le programme hypcub, en fonction de la vitesse et de la direction du vent: le 18 06 77 et le 29 07 78.

Fig n°10. Cartographies des turbidités d'après le programme hypcub, en fonction de la vitesse et de la direction du vent: le 25 05 79 et le 27 06 79.

Fig n°11. Cartographies des turbidités d'après le programme hypcub, en fonction de la vitesse et de la direction du vent: le 02 08 79 et le 12 06 80.

Fig n°12. Cartographies des turbidités d'après le programme hypcub, en fonction de la vitesse et de la direction du vent: le 14 09 81.

Fig n°13. Ligne d'égale course du vent sur le lac pour un vent de secteur WNW.

Fig n°14. Lac Ichkeul soumis à l'action d'un vent variable (7 et 8 septembre) Modèle hydrodynamique de Lahand)

LISTE DES PLANCHES

- Planche n°1. Image satellitaire prise le 19/05/76.
- Planche n°2 Etablissement de zones de calculs statistiques dans un but de soustraction des effets atmosphériques.
- _ Planche n°3 Compositions colorées sur les 11 images Landsat.
- _ Planche n°4 Classification des différentes zones de turbidité effectuées avec le programme hypcub.

LISTE DES GRAPHIQUES

- Graphique n°1. Signatures spectrales des différentes zones de turbidité du lac Ichkeul: le 19 05 76 et le 15 06 76.
- Graphique n°2. Signatures spectrales des différentes zones de turbidité du lac Ichkeul: le 13 09 76 et le 21 03 77.
- Graphique n°3. Signatures spectrales des différentes zones de turbidité du lac Ichkeul: le 19 06 77 et le 29 07 79.
- Graphique n°4. Signatures spectrales des différentes zones de turbidité du lac Ichkeul: le 25 05 79 et le 27 06 79.
- Graphique n°5. Signatures spectrales des différentes zones de turbidité du lac Ichkeul: le 02 08 79 et le 12 06 80.
- Graphique n°6. Signatures spectrales des différentes zones de turbidité du lac Ichkeul: le 14 09 81..
- Graphique n°7. Signatures spectrales sur la totalité de la surface en eau du lac Ichkeul aux différentes dates du passage du satellite.

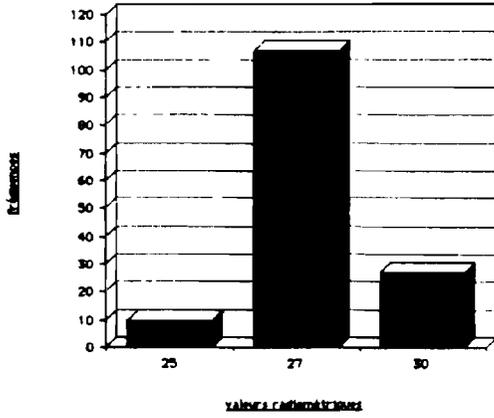
LISTE DES TABLEAUX

- Tableau n°1. Les longueurs d'onde des canaux et leurs couleurs.
- Tableau n°2. Les caractéristiques Landsat.
- Tableau n°3. Liste des bandes magnétiques (source NASA).
- Tableau n°4 .Données météorologiques aux dates de ,prise de vue.
- Tableau n°5 .Moyennes des valeurs radiométriques de la mer Méditerranée et du lac Ichkeul.
- Tableau n°6 Statistiques sur les zones d'eau du lac Ichkeul présentant des turbidités différentes
- Tableau n°7. Statistiques sur la totalité des eaux du lac Ichkeul.
- Tableau n°8. Evaluation des surfaces en eau du lac Ichkeul par hypcub.

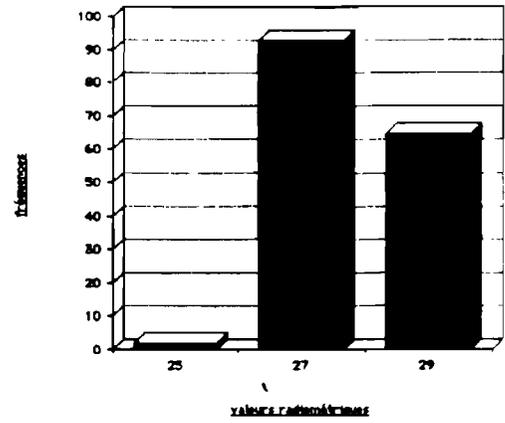
ANNEXES

30	30	28	27	28	28	28	28	28	28	28	27	28	28	28	28
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	30	30	27	30	27	30
27	29	27	29	29	29	27	27	29	29	29	27	27	27	29	29
30	28	28	28	28	28	28	28	28	28	30	28	28	28	28	30
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	26	28	28
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	30	28	28	28
29	27	27	27	29	27	27	27	27	27	25	27	27	29	27	29
29	27	30	27	30	27	27	30	30	27	27	27	27	30	27	27
27	27	27	29	29	27	27	27	29	29	29	27	27	27	29	29
26	26	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
28	28	26	28	28	28	28	28	28	26	28	28	28	30	28	28
28	28	28	28	28	28	28	28	28	26	30	28	28	26	26	28
27	29	27	27	27	27	27	27	29	27	29	27	27	27	27	27
27	30	27	27	30	27	27	27	27	27	27	30	27	27	27	25
27	27	27	27	29	29	29	29	27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	30	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	26	28	28
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	29	27
27	30	27	27	27	27	27	27	27	27	30	27	30	27	30	30
29	29	27	29	29	29	27	27	27	27	29	29	29	29	27	29
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	26	28	28	28	28
30	28	28	30	28	28	28	28	28	28	28	28	28	30	28	28
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
27	27	27	27	27	27	29	29	27	27	27	27	27	27	27	27
27	27	27	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
27	27	27	29	29	29	29	27	29	27	27	27	27	27	27	29
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	26	28	26	28	28
28	28	28	28	28	28	28	28	28	30	28	28	28	28	28	28
26	26	26	28	26	28	26	28	26	28	28	28	28	26	28	26
27	27	27	27	29	27	27	27	27	27	27	27	27	27	29	27
27	27	25	27	25	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
27	29	27	29	29	27	27	27	27	27	27	27	27	27	29	29
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	26	28	28	28	30
26	28	28	28	28	28	28	28	28	28	26	30	28	26	26	28
28	26	26	26	28	28	28	30	28	26	28	28	28	26	26	28
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
25	27	27	27	25	25	27	27	27	27	27	27	25	25	27	25
29	27	27	29	27	27	27	27	27	27	27	27	29	27	25	29
26	28	28	28	26	26	28	28	28	28	28	26	28	26	28	28
26	26	26	30	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
28	26	26	28	28	30	28	28	28	28	28	28	28	28	26	26
27	29	27	29	27	29	27	27	27	29	27	27	29	27	27	27
27	27	27	27	27	27	25	27	30	27	27	27	27	27	27	27
27	27	27	27	27	27	25	29	29	29	29	27	27	27	27	27
28	26	28	28	28	26	26	28	28	28	28	26	28	28	28	28
26	26	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	30	26
28	26	26	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	30	28
27	27	29	27	27	27	29	29	27	29	27	27	29	27	29	27

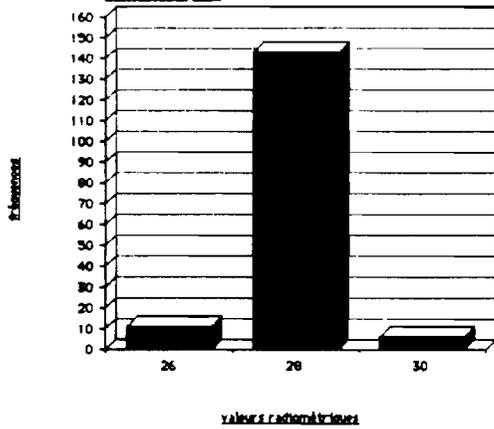
image_ichkR_ligne_128_181_542
MSS4_colonne_35_50_624
Détecteur 1 (MER)



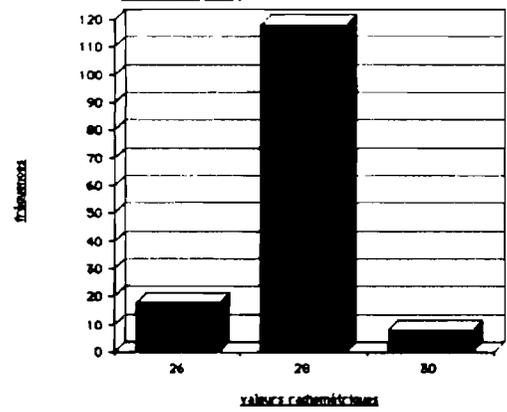
image_ichkR_ligne_128_181_542
MSS4_colonne_35_50_624
Détecteur 2 (MER)



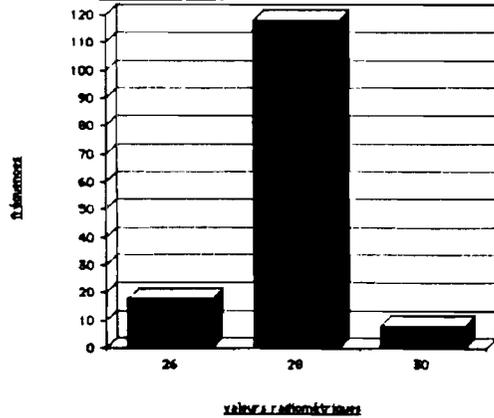
image_ichkR_ligne_128_181_542
MSS4_colonne_35_50_624
Détecteur 3 (MER)



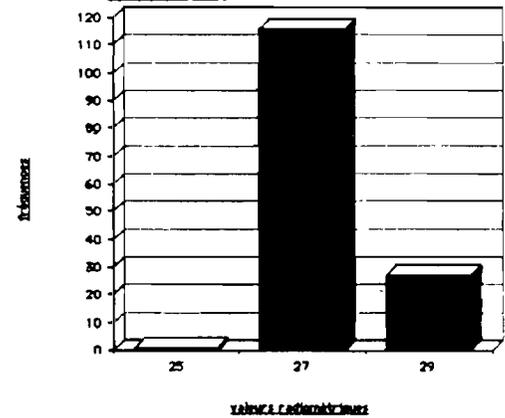
image_ichkR_ligne_128_181_542
MSS4_colonne_35_50_624
Détecteur 4 (MER)



image_ichkR_ligne_128_181_542
MSS4_colonne_35_50_624
Détecteur 5 (MER)



image_ichkR_ligne_128_181_542
MSS4_colonne_35_50_624
Détecteur 6 (MER)

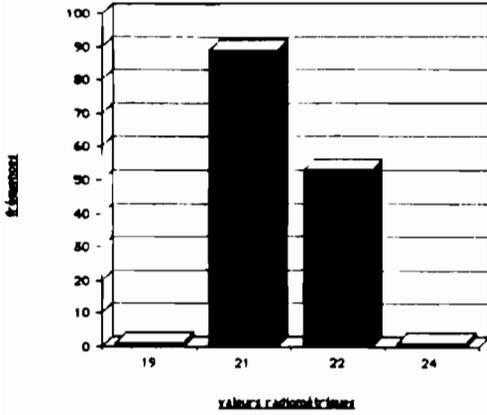


1	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	1
5	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	5
5	21	23	21	21	21	21	21	21	21	23	21	23	23	21	23	23	5
1	22	21	22	21	22	21	21	22	21	21	21	22	22	20	20	23	1
3	22	20	20	22	22	22	22	22	20	20	20	22	22	22	22	22	3
3	23	23	21	23	23	23	23	21	21	23	21	23	23	23	23	23	3
3	20	22	22	22	22	20	22	22	20	24	20	20	22	22	22	22	3
5	21	21	21	23	21	21	21	19	21	21	21	21	21	21	21	21	5
5	22	20	22	20	20	22	22	22	20	20	22	22	22	22	22	22	5
1	22	22	22	19	21	21	21	22	22	22	21	21	22	21	22	22	1
3	22	22	22	22	22	20	22	22	22	22	20	22	20	22	20	22	3
3	21	21	21	21	23	21	21	21	21	21	21	21	19	21	23	21	3
3	20	22	22	22	22	20	22	22	24	22	22	22	22	22	22	22	3
5	21	21	21	21	21	23	23	19	21	21	19	21	21	19	21	21	5
5	22	22	20	20	20	19	22	22	22	22	22	22	20	20	22	22	5
1	22	22	22	22	22	21	22	22	22	22	21	21	21	21	21	21	1
1	20	22	20	20	22	22	22	22	22	22	22	22	20	20	22	22	1
3	23	23	23	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	23	3
3	20	20	20	22	22	22	22	20	20	22	20	20	22	22	24	22	3
5	21	21	21	21	21	23	21	21	21	19	19	23	21	21	19	21	5
5	20	20	22	22	20	20	22	22	20	18	22	20	22	22	20	20	5
1	21	22	22	21	22	21	22	22	21	21	22	21	21	21	21	21	1
1	20	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	20	22	1
3	21	23	23	21	21	21	21	21	23	23	21	23	21	21	23	21	3
3	22	22	22	22	22	20	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	3
5	21	21	21	23	23	19	21	19	19	19	19	21	19	21	19	21	5
5	22	20	20	22	22	22	22	22	22	20	20	22	20	22	20	20	5
1	22	22	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	27	21	22	21	1
3	22	20	22	22	22	20	20	22	22	22	22	22	22	20	22	22	3
5	21	19	23	21	23	21	21	21	19	21	21	21	21	23	23	23	5
5	22	22	22	23	24	22	22	23	20	20	20	20	22	22	22	22	5
5	21	21	23	19	21	19	19	19	19	19	21	21	21	21	21	21	5
5	22	20	20	20	20	22	20	20	20	22	22	20	20	22	20	20	5
1	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	20	20	1
3	21	21	19	21	21	23	21	21	21	21	21	23	19	21	21	21	3
5	20	20	22	22	20	20	22	22	22	20	20	20	20	20	22	20	5
5	21	21	21	21	21	21	19	21	19	19	21	21	21	19	19	19	5
5	22	20	20	20	22	22	22	22	20	20	20	22	20	20	20	20	5
1	22	21	21	21	21	22	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	1
1	20	22	22	20	22	20	22	22	20	20	22	20	22	22	22	22	1
3	23	21	21	21	19	21	21	21	21	21	21	21	21	21	23	21	3
3	22	22	22	20	20	22	22	22	20	22	20	22	20	20	22	22	3
5	19	21	19	21	21	21	21	21	21	21	23	21	21	21	21	21	5
5	20	20	20	20	20	20	22	22	20	22	22	22	22	20	22	20	5
1	21	22	21	21	22	21	21	21	21	21	21	21	22	22	21	21	1
3	22	22	22	20	22	20	20	20	20	22	20	20	22	22	22	22	3
3	21	21	21	21	21	21	21	21	23	21	21	21	21	23	21	21	3
5	20	20	22	22	22	20	22	20	22	22	22	22	20	22	20	20	5
5	21	19	19	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	5
5	22	20	20	22	20	20	22	22	20	22	20	20	20	20	22	22	5

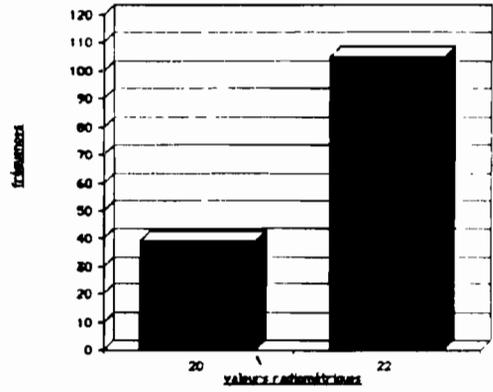
100

101

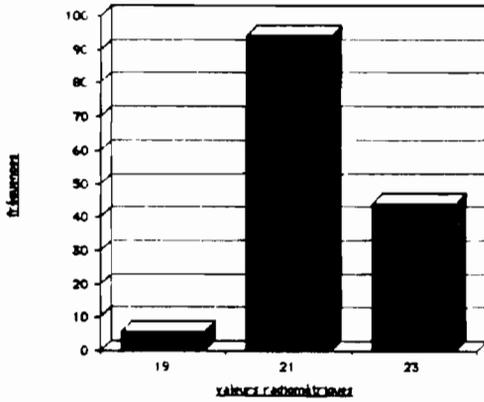
image_ichkR ligne 128 181 542
MSS5 colonne 35 50 624
Déflecteur 1 (MER)



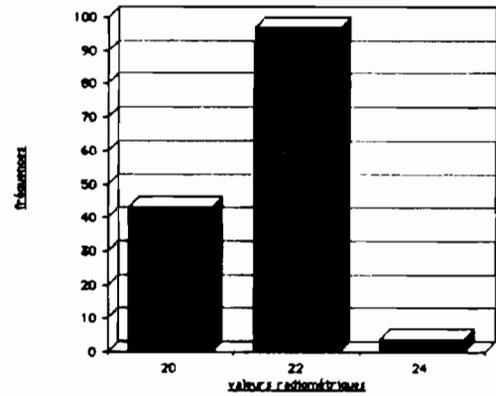
image_ichkR ligne 128 181 542
MSS5 colonne 35 50 624
Déflecteur 2 (MER)



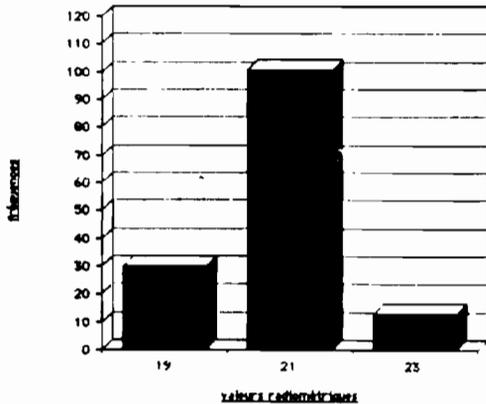
image_ichkR ligne 128 181 542
MSS5 colonne 35 50 624
Déflecteur 3 (MER)



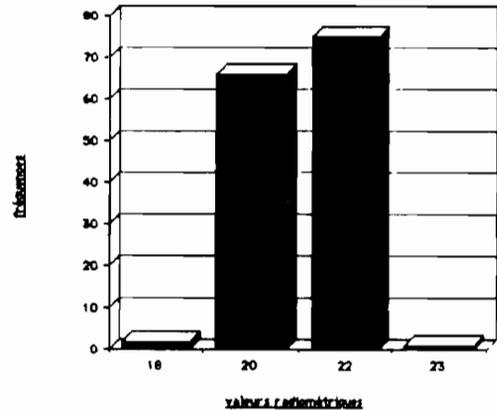
image_ichkR ligne 128 181 542
MSS5 colonne 35 50 624
Déflecteur 4 (MER)



image_ichkR ligne 128 181 542
MSS5 colonne 35 50 624
Déflecteur 5 (MER)



image_ichkR ligne 128 181 542
MSS5 colonne 35 50 624
Déflecteur 6 (MER)



214	11	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
215	11	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
197	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
203	13	14	13	14	14	13	11	11	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
6	11	13	11	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
1	11	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
15	15	13	15	13	13	13	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
6	14	12	14	14	12	12	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
12	12	14	12	12	14	12	11	12	12	11	11	11	11	11	11	14	12	12	12	12
11	13	13	13	11	13	11	13	11	13	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
6	13	13	13	11	13	13	15	11	13	11	11	15	13	13	13	13	13	13	13	13
1	13	11	10	11	11	13	13	11	13	14	13	13	13	13	15	11	11	11	11	11
15	11	15	13	11	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
3	14	12	14	12	12	12	12	14	14	14	12	10	14	12	12	12	12	12	12	12
12	12	14	12	12	12	12	12	14	12	14	12	12	12	12	11	12	12	12	12	12
5	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
6	13	13	13	13	11	13	11	13	11	11	13	11	10	13	11	11	11	11	11	11
1	13	13	15	11	13	13	11	13	11	12	13	11	11	13	13	11	11	11	11	11
13	11	13	13	13	13	13	15	13	13	11	11	11	11	11	13	13	13	13	13	13
3	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
14	12	12	12	12	12	12	14	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
11	13	14	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
6	13	11	13	13	13	15	11	11	10	13	13	15	13	13	13	13	13	13	13	13
1	13	13	11	11	13	11	15	11	13	11	13	13	13	11	13	13	13	13	13	13
13	13	13	13	11	11	11	11	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
12	12	14	14	14	14	14	12	14	12	12	12	10	14	12	14	12	14	14	14	14
14	14	12	11	12	11	12	12	12	12	18	14	12	12	14	12	12	14	12	12	12
11	13	13	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
6	13	11	13	13	13	13	11	13	11	13	13	13	13	11	13	13	13	13	13	13
1	13	11	13	13	13	12	13	13	13	13	13	13	11	13	13	13	13	13	13	13
11	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	11	11	13	13	13	13	13
3	14	12	12	12	14	12	12	12	12	12	12	12	14	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	11	14	12	14	12	12	14	11	12	14	12	14	12	12	12	12
13	13	13	11	11	11	13	14	13	13	11	11	13	11	11	13	11	11	11	11	11
11	11	11	13	13	11	13	13	13	13	11	11	13	11	15	13	11	13	11	11	11
1	13	13	11	13	11	13	11	13	13	13	13	11	13	10	11	13	10	11	11	11
13	13	13	13	11	13	11	13	13	13	13	13	13	11	11	13	13	13	13	13	13
9	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	11	12	14	11	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12
5	11	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
6	11	11	11	13	13	13	15	13	11	13	11	13	11	13	11	11	11	11	11	11
1	15	13	11	13	11	11	13	13	13	13	13	11	11	11	11	11	11	11	11	11
13	13	13	13	13	13	13	11	13	13	11	11	11	11	13	11	13	13	13	13	13
5	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	14	14	14	14	14
11	12	12	11	12	12	12	14	14	12	12	14	12	11	12	11	14	14	14	14	14
5	11	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	11	13	11	13	11	13	13	13	13
1	13	13	11	11	11	11	11	13	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
11	13	13	13	13	13	13	11	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
13	13	13	13	11	13	11	11	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
12	12	14	14	14	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
11	11	12	12	14	11	11	11	12	12	12	12	11	12	11	12	11	12	12	12	12
13	11	11	13	13	13	13	14	14	13	13	13	13	13	13	14	14	14	13	13	13
1	11	13	13	13	15	13	13	13	13	11	11	13	11	13	11	13	13	13	13	13

Det.

Image: 1chKB ligne 128.181.542
MSS6 colonne 35.50.624
Détecteur 1 (MIR)

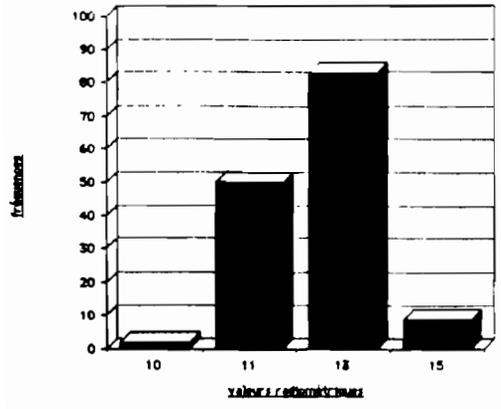


Image: 1chKB ligne 128.181.542
MSS6 colonne 35.50.624
Détecteur 2 (MIR)

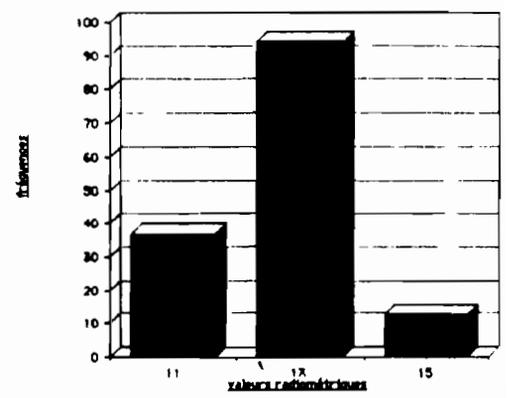


Image: 1chKB ligne 128.181.542
MSS6 colonne 35.50.624
Détecteur 3 (MIR)

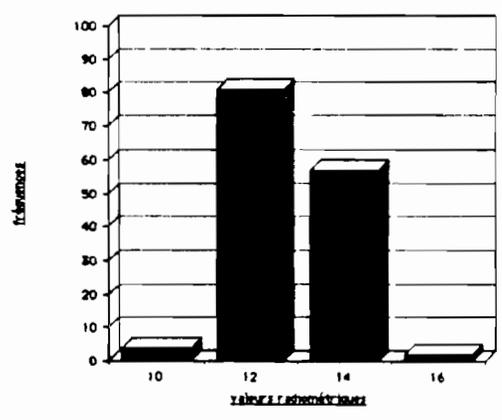


Image: 1chKB ligne 128.181.542
MSS6 colonne 35.50.624
Détecteur 4 (MIR)

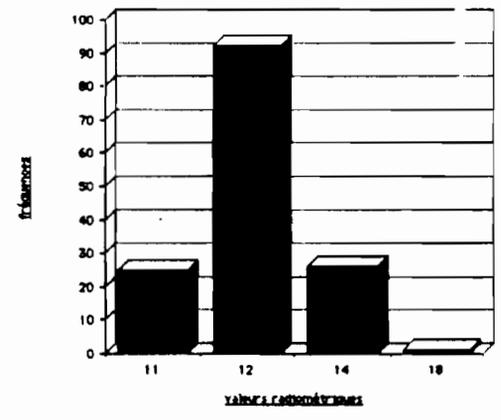


Image: 1chKB ligne 128.181.542
MSS6 colonne 35.50.624
Détecteur 5 (MIR)

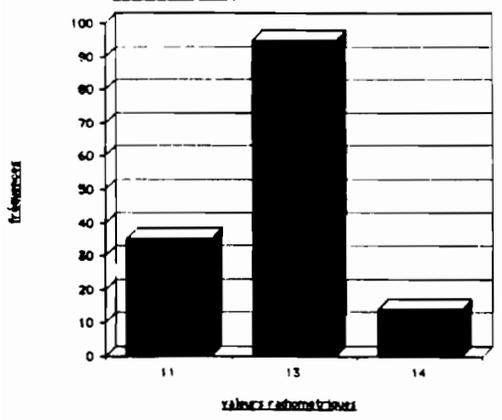
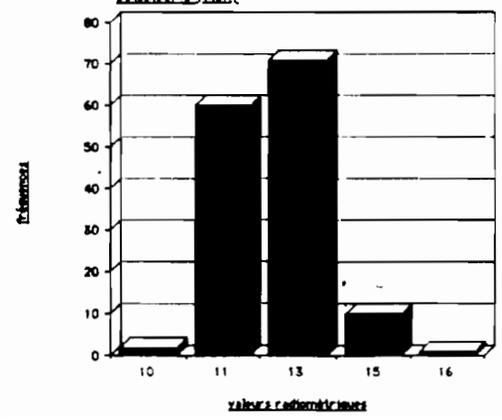
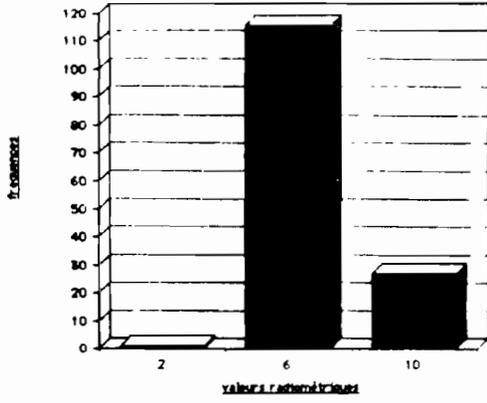


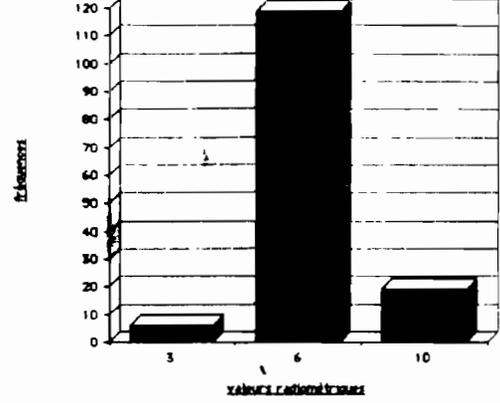
Image: 1chKB ligne 128.181.542
MSS6 colonne 35.50.624
Détecteur 6 (MIR)



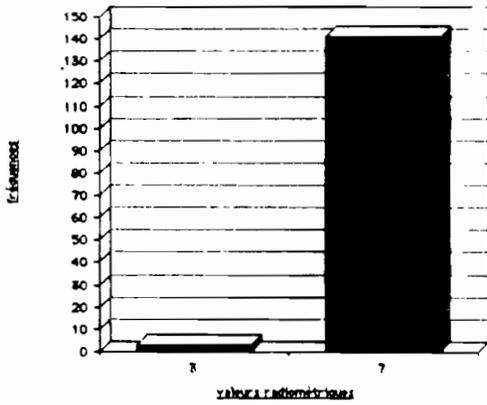
image_ichkR ligne 128 181 542
MSS7 colonne 35 50 624
Détecteur 2 (MER)



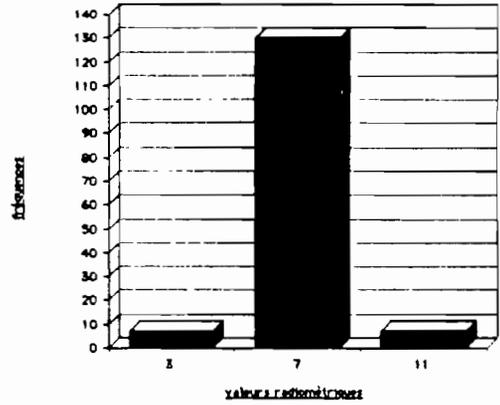
image_ichkR ligne 128 181 542
MSS7 colonne 35 50 624
Détecteur 6 (MER)



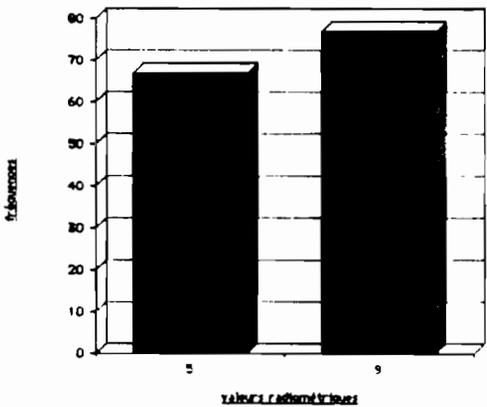
image_ichkR ligne 128 181 542
MSS7 colonne 35 50 624
Détecteur 3 (MER)



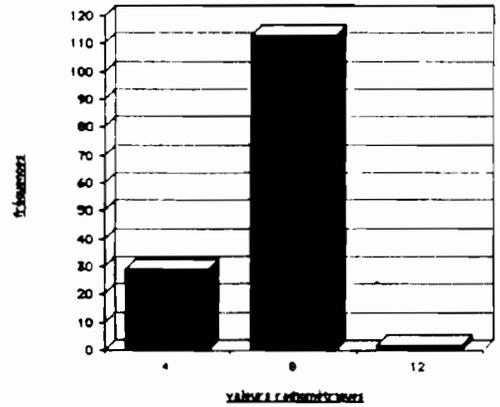
image_ichkR ligne 128 181 542
MSS7 colonne 35 50 624
Détecteur 4 (MER)



image_ichkR ligne 128 181 542
MSS7 colonne 35 50 624
Détecteur 5 (MER)



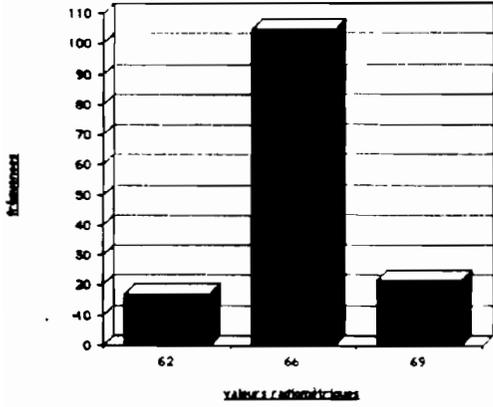
image_ichkR ligne 128 181 542
MSS7 colonne 35 50 624
Détecteur 6 (MER)



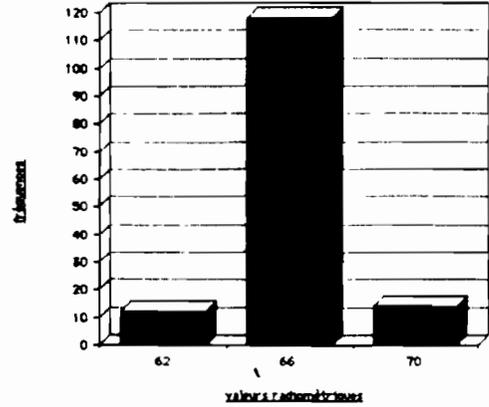
1	62	62	62	65	62	62	62	62	65	67	66	62	66	62	62	62	1
	62	66	70	67	62	66	62	62	66	66	66	66	66	66	70	66	66
	65	65	65	67	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	69	65	65
	64	64	67	67	64	67	67	64	64	67	67	67	67	67	67	67	67
5	68	65	65	65	68	65	68	65	68	65	65	68	68	65	65	68	5
	67	64	67	64	64	64	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
1	66	69	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	69	66	66	66	1
	66	70	66	66	66	66	66	66	70	66	66	66	66	70	66	66	66
5	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	69	65	65	65	65	5
	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
5	65	65	65	65	65	65	68	65	65	65	65	65	65	65	68	65	5
	64	67	64	67	67	67	67	64	67	67	67	67	67	67	67	67	67
1	66	66	66	66	66	66	69	66	66	66	66	69	66	69	66	66	1
	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
5	65	69	65	65	69	65	69	69	65	65	65	65	65	65	69	65	5
	67	67	67	67	67	64	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
5	68	65	65	72	65	68	68	65	65	68	68	68	68	68	68	68	5
	67	64	64	67	67	67	67	64	67	67	67	67	71	67	67	67	67
1	66	66	66	66	66	66	66	69	66	66	66	69	66	69	66	66	1
	66	70	66	66	66	66	66	66	66	66	66	70	66	70	66	66	70
5	69	65	65	65	65	65	65	69	69	65	69	65	65	65	65	65	5
	67	67	67	67	67	64	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
5	65	65	68	65	65	65	68	68	68	65	68	68	65	65	68	68	5
	67	67	67	64	64	67	67	67	67	64	67	67	67	67	67	67	67
1	66	69	69	66	66	66	66	66	66	69	69	66	66	66	69	66	1
	66	62	62	70	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
5	65	65	65	65	65	65	65	65	65	69	65	65	65	65	69	65	5
	64	67	67	67	64	67	67	67	67	67	67	67	67	64	67	67	67
5	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	68	68	65	68	65	5
	67	67	67	67	64	67	67	64	64	64	67	67	67	67	67	67	67
1	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	1
	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
5	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	69	65	65	65	5
	67	64	64	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	64
5	65	65	65	65	65	65	68	65	65	65	62	65	65	65	68	65	5
	67	67	64	67	64	67	64	67	67	67	67	64	64	67	67	67	64
1	66	66	66	66	69	66	66	66	66	66	62	66	69	66	66	62	1
	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	62	62	66	66	66	66	66
5	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	69	5
	67	64	64	67	67	67	67	64	64	64	64	64	67	67	67	67	64
5	68	65	65	65	65	65	65	65	65	65	62	65	65	68	65	65	5
	67	67	67	67	64	64	67	67	67	64	64	64	64	64	64	64	67
1	66	66	66	66	66	62	62	66	66	66	66	66	66	66	62	66	1
	66	62	66	66	62	66	66	66	62	66	66	66	66	66	66	66	62
5	69	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	5
	64	67	64	67	64	67	67	64	64	64	64	64	64	67	64	64	67
5	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	62	65	65	65	65	65	5
	67	67	64	64	64	67	64	67	64	64	64	64	64	67	67	67	64

47
11 -> 66
19

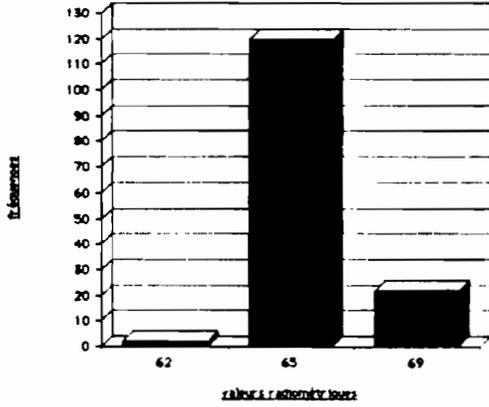
Imme. IchkR ligne 405 458 542
 MSS4 colonne 208 223 624
 Détecteur 1 (Ichkeul)



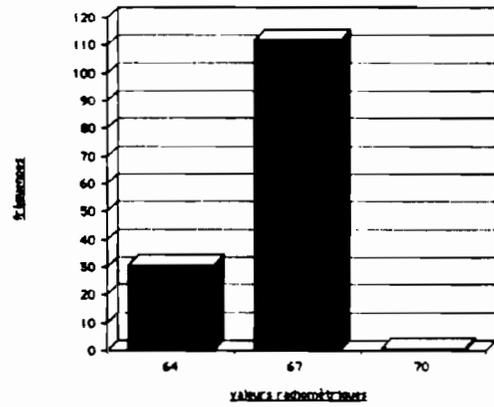
Imme. IchkR ligne 405 458 542
 MSS4 colonne 208 223 624
 Détecteur 2 (Ichkeul)



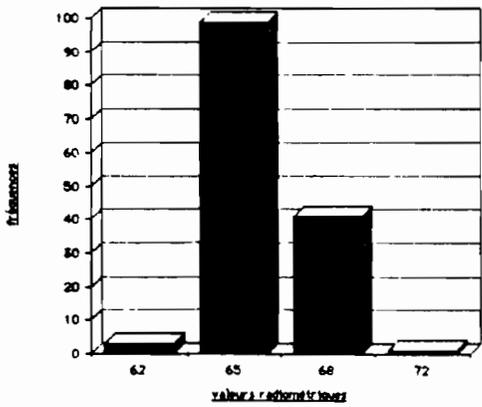
Imme. IchkR ligne 405 458 542
 MSS4 colonne 208 223 624
 Détecteur 3 (Ichkeul)



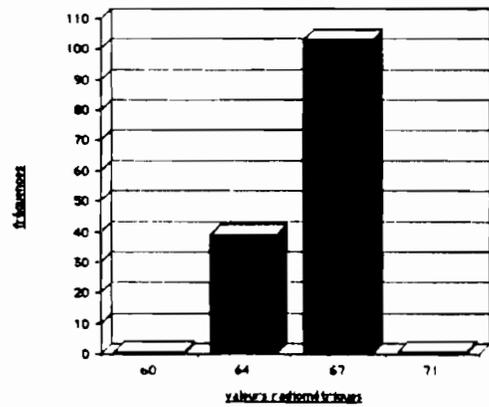
Imme. IchkR ligne 405 458 542
 MSS4 colonne 208 223 624
 Détecteur 4 (Ichkeul)



Imme. IchkR ligne 405 458 542
 MSS4 colonne 208 223 624
 Détecteur 5 (Ichkeul)



Imme. IchkR ligne 405 458 542
 MSS4 colonne 208 223 624
 Détecteur 6 (Ichkeul)



67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
69	69	69	65	65	65	65	69	65	69	65	65	69	72	69	69
69	69	65	65	69	65	65	69	69	69	69	69	69	72	72	72
68	65	72	72	68	65	68	68	68	68	68	72	72	72	72	68
70	71	68	71	71	71	71	68	71	68	68	71	71	71	71	71
70	70	70	73	70	70	70	70	70	70	70	66	70	70	73	70
69	69	72	69	69	69	69	69	69	72	69	69	72	69	69	69
69	69	69	65	69	69	69	69	69	69	69	72	72	69	72	69
68	68	68	68	68	72	72	72	68	68	68	68	68	72	68	72
68	68	68	68	68	68	71	68	71	74	68	71	71	68	71	71
70	66	66	70	66	66	66	70	73	70	70	73	70	70	73	73
67	70	67	67	67	67	67	70	67	70	70	70	67	67	70	70
69	69	69	69	69	65	69	69	69	69	69	69	72	69	69	69
65	69	69	69	69	69	69	69	69	72	72	72	69	69	72	72
68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	72	68	72	72
68	68	68	64	68	68	71	68	68	68	68	71	71	68	71	74
70	70	70	70	66	70	66	66	70	70	70	70	70	70	70	73
67	67	67	70	70	70	67	70	70	70	67	67	70	70	70	70
69	65	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
69	65	69	69	72	69	69	69	69	69	69	69	69	69	72	69
72	68	65	68	68	68	68	65	68	72	68	68	68	68	68	68
68	68	68	68	71	68	68	68	68	68	71	71	71	68	68	68
70	66	66	66	66	66	70	70	70	70	66	66	66	66	70	70
67	67	63	67	67	63	67	67	67	67	67	70	67	70	70	70
65	69	69	65	65	69	69	69	65	69	69	69	69	69	69	72
69	65	69	65	65	65	69	65	65	69	69	65	69	72	69	69
65	65	65	65	65	65	68	68	68	68	65	68	68	68	68	68
64	64	68	68	68	68	64	68	68	68	64	68	68	68	71	71
66	63	66	63	66	66	66	66	66	66	66	66	70	70	70	66
67	67	63	67	67	67	70	67	67	67	67	67	67	67	70	70
69	62	65	69	65	62	62	65	65	65	69	69	69	69	69	69
65	65	69	65	65	65	69	65	65	65	65	69	69	65	69	69
65	65	65	65	68	65	65	65	65	65	65	65	68	68	68	68
68	64	68	64	64	68	64	64	64	64	68	68	68	64	68	68
66	66	66	66	66	66	66	63	66	66	66	66	70	66	66	66
67	63	63	63	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
65	65	65	65	65	65	62	69	65	65	65	65	65	65	65	69
65	65	65	65	65	65	65	65	69	65	65	65	65	65	65	65
65	65	65	65	65	65	65	65	65	68	65	68	65	68	65	63
68	64	64	64	64	68	64	64	64	64	64	64	64	64	64	68
66	63	63	66	66	70	66	66	63	66	66	66	66	66	63	63
63	63	67	67	63	63	63	67	67	63	63	63	67	67	63	63
65	65	65	65	62	65	65	62	62	65	65	65	65	65	65	62
65	65	65	65	65	65	62	65	65	65	62	62	62	69	65	69
65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	61	65	65	65	65	65
64	64	68	68	64	64	64	64	61	64	64	64	64	64	64	64
66	63	66	59	63	63	63	66	66	66	63	63	63	66	66	63
67	67	67	67	63	67	67	63	63	63	67	63	63	63	63	67
65	65	62	62	65	65	65	65	69	62	62	62	69	62	62	62
65	62	65	65	62	62	65	65	65	62	65	65	65	65	65	65
65	65	65	65	65	65	61	65	65	65	65	65	65	65	65	65
64	64	68	64	64	64	61	64	64	61	61	64	64	64	68	64
63	63	63	66	66	66	63	63	63	66	63	63	63	63	63	63

①

Image: ICHKR ligne 405 458 542
 MSS5 colonne 208 223 624
 Détecteur 1 (Ichkau)

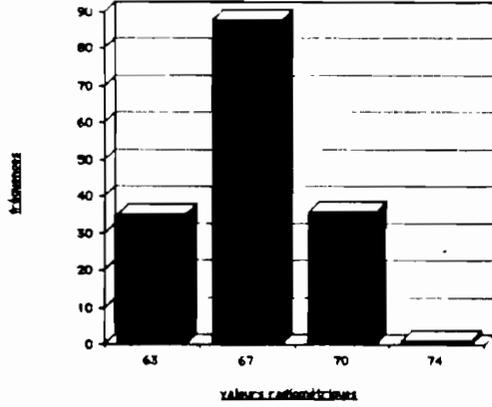


Image: ICHKR ligne 405 458 542
 MSS5 colonne 208 223 624
 Détecteur 2 (Ichkau)

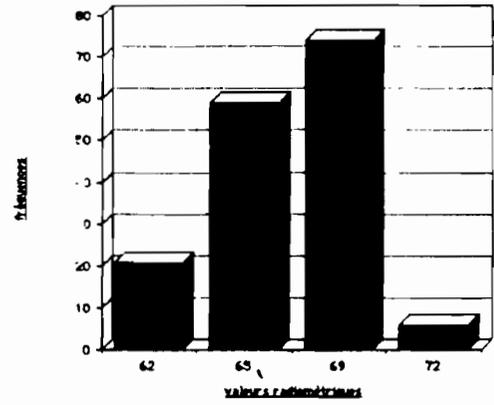


Image: ICHKR ligne 405 458 542
 MSS5 colonne 208 223 624
 Détecteur 3 (Ichkau)

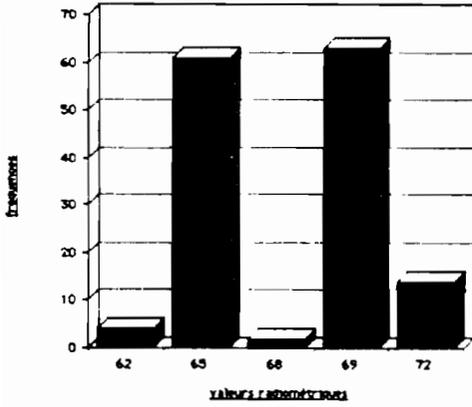


Image: ICHKR ligne 405 458 542
 MSS5 colonne 208 223 624
 Détecteur 4 (Ichkau)

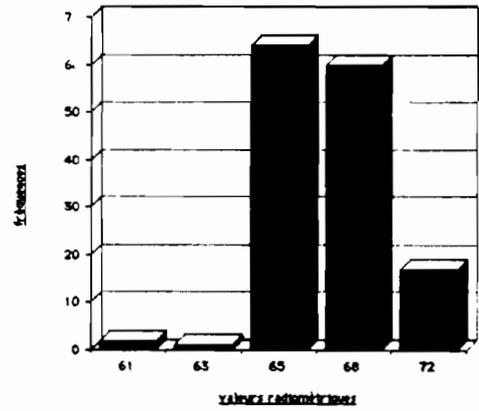


Image: ICHKR ligne 405 458 542
 MSS5 colonne 208 223 624
 Détecteur 5 (Ichkau)

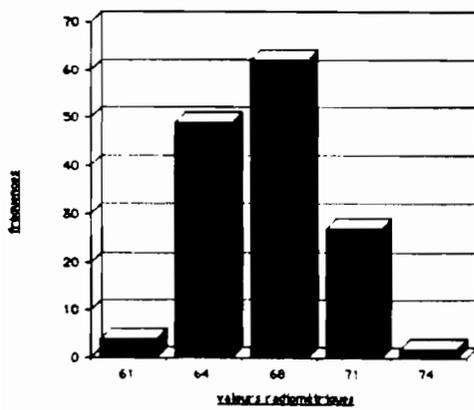
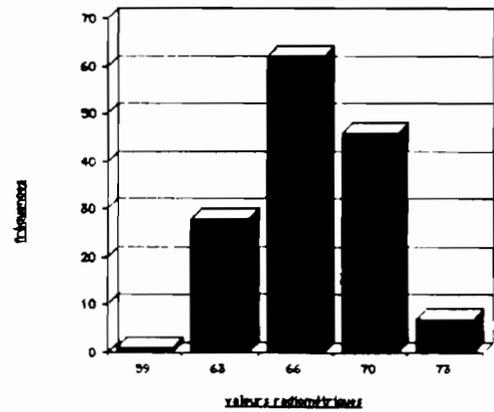
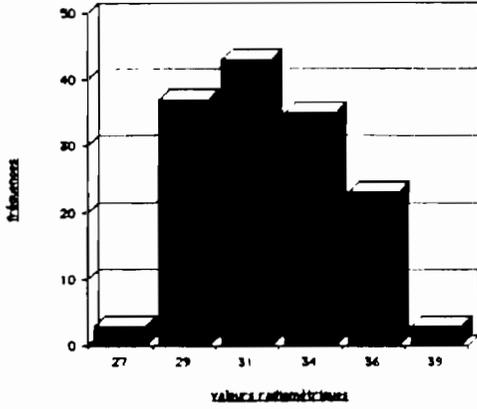


Image: ICHKR ligne 405 458 542
 MSS5 colonne 208 223 624
 Détecteur 6 (Ichkau)

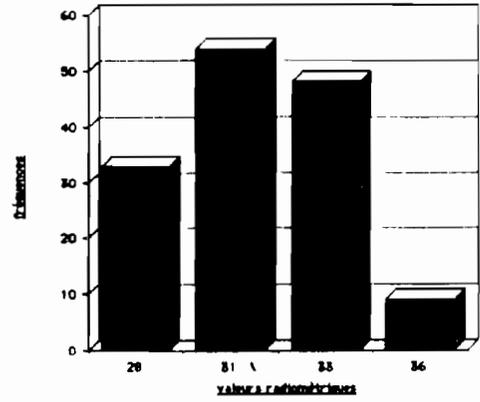


34	36	36	36	34	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	34	36
36	36	36	36	33	33	33	33	33	33	36	33	33	36	33	36	
38	35	38	35	35	33	35	35	35	33	35	35	35	38	35	35	
34	36	34	34	34	34	36	34	34	34	34	34	34	36	36	34	
35	37	35	35	35	35	37	35	35	35	35	35	35	35	33	33	35
34	34	32	34	32	37	34	34	34	34	34	34	34	32	34	34	34
36	36	36	36	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	39	36	36
33	33	33	36	33	33	33	33	33	33	33	33	33	36	33	33	31
35	33	35	33	33	33	38	33	35	35	33	33	33	35	35	35	35
31	31	31	34	34	31	34	31	34	36	34	31	34	34	34	34	34
33	33	30	33	30	33	35	33	33	35	35	35	35	35	35	35	33
32	32	32	32	34	32	30	34	32	32	32	34	32	32	34	34	34
31	31	34	29	34	36	34	31	34	34	34	34	34	34	36	39	36
31	33	33	31	31	33	31	31	33	33	33	33	33	33	33	33	33
31	31	33	33	33	33	33	31	35	33	35	33	33	33	31	33	35
31	31	31	31	36	31	31	31	31	36	34	29	31	34	31	34	31
30	30	33	33	33	30	33	33	33	33	35	33	35	35	33	33	35
28	32	32	32	32	32	28	32	32	32	32	32	32	34	32	34	32
31	31	34	34	34	34	31	34	31	31	34	34	34	36	34	34	34
31	31	33	31	31	31	28	31	31	33	33	33	31	33	33	33	33
31	31	31	31	35	33	31	33	33	33	33	31	33	31	33	31	33
31	31	31	34	29	29	31	31	31	31	31	31	31	34	34	34	34
35	30	30	33	30	33	33	33	33	33	33	33	30	30	30	33	33
32	32	30	30	30	34	32	34	32	30	32	32	32	32	30	32	32
31	29	29	31	29	29	31	31	31	31	31	31	34	36	34	34	31
28	31	28	28	31	33	31	28	31	33	28	31	33	33	33	33	31
31	28	28	31	28	31	33	33	28	31	28	31	33	31	33	31	33
29	31	29	29	29	29	31	29	31	31	31	31	31	29	31	34	31
30	30	28	30	33	33	30	33	33	30	30	33	30	30	30	30	33
30	28	28	30	28	30	28	30	30	30	30	30	30	32	32	32	32
29	29	29	29	29	31	29	31	31	31	31	31	31	31	31	34	31
28	28	31	31	28	28	31	31	31	31	31	31	31	31	28	31	33
31	31	31	31	31	31	28	31	31	31	33	33	28	31	31	31	31
29	29	31	29	29	31	29	27	29	29	29	31	31	31	31	31	31
30	30	30	30	33	30	28	28	30	30	30	30	30	30	30	33	33
30	30	30	30	28	28	30	30	30	30	30	28	28	30	28	32	32
29	29	31	29	31	34	31	31	31	29	29	31	31	29	31	29	29
31	31	28	31	31	31	28	31	31	28	31	31	31	31	31	33	31
31	31	31	28	31	31	31	31	31	33	33	31	33	31	33	31	33
31	29	29	29	29	29	31	29	29	29	31	29	29	29	29	31	29
30	33	30	33	30	30	30	30	30	28	30	30	28	28	28	30	30
30	30	30	30	28	28	30	30	28	30	30	28	28	28	30	30	30
29	31	31	29	29	31	29	29	31	29	29	29	29	29	27	31	31
31	28	28	28	31	28	28	31	28	31	28	31	28	31	33	31	31
33	31	28	31	31	31	28	28	31	31	28	28	28	28	31	31	31
31	27	29	29	29	29	29	29	29	29	29	31	31	29	29	29	29
30	30	33	30	28	28	30	28	33	30	30	30	30	30	28	28	30
30	28	30	28	28	30	30	32	30	28	30	30	30	30	30	30	30
31	29	29	31	29	29	29	31	29	29	29	29	29	29	31	27	27
28	28	28	28	28	28	31	28	28	28	28	28	31	31	31	31	28
28	28	31	28	31	31	28	28	33	31	26	31	28	31	31	31	31
29	31	29	29	29	31	31	29	31	29	29	31	31	31	31	27	31
30	33	30	28	28	28	26	30	28	28	30	30	28	30	33	28	28
30	30	30	28	28	32	30	30	30	30	30	28	28	30	28	30	30

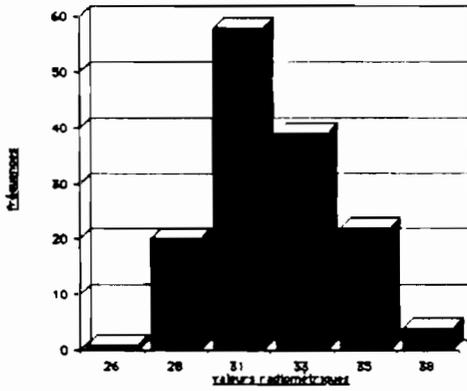
image_ichk8 ligne 405 458 542
 MSS6 colonne 208 223 624
 Détecteur 1 (ichk8)



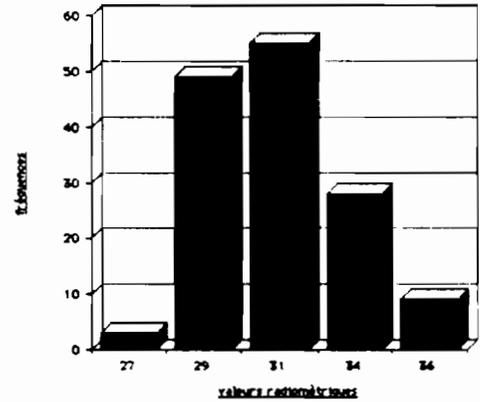
image_ichk8 ligne 405 458 542
 MSS6 colonne 208 223 624
 Détecteur 2 (ichk8)



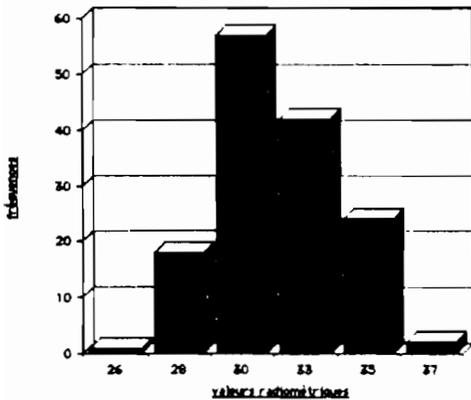
image_ichk8 ligne 405 458 542
 MSS6 colonne 208 223 624
 Détecteur 3 (ichk8)



image_ichk8 ligne 405 458 542
 MSS6 colonne 208 223 624
 Détecteur 4 (ichk8)



image_ichk8 ligne 405 458 542
 MSS6 colonne 208 223 624
 Détecteur 5 (ichk8)



image_ichk8 ligne 405 458 542
 MSS6 colonne 208 223 624
 Détecteur 6 (ichk8)

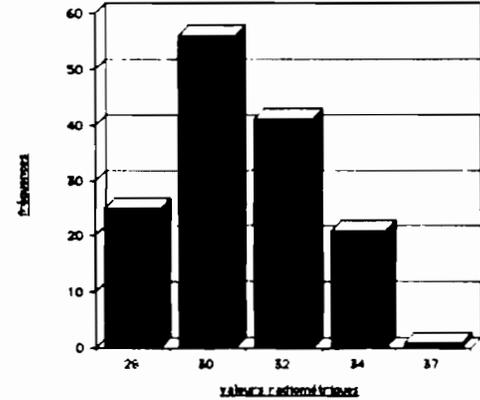


IMAGE : ichkB
CANAL : 4

Ligne : 405 458 [542]
Colonne : 208 223 [624]

14	14	14	14	14	14	14	18	14	14	14	14	14	14	14	14
15	19	15	15	15	15	15	15	11	15	11	15	15	15	15	15
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
13	17	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	17	9
16	12	16	16	16	16	16	12	12	12	12	12	12	12	12	16
14	14	14	14	14	14	14	14	10	14	14	14	14	14	14	14
14	14	14	10	14	14	14	14	10	10	14	10	14	14	10	10
11	15	15	11	11	11	11	15	11	15	15	11	15	11	15	11
14	14	14	14	11	11	14	14	11	14	14	14	14	14	11	14
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
12	12	12	12	16	12	12	12	12	12	12	16	12	12	12	12
10	10	14	14	10	10	10	14	14	14	14	14	10	14	14	14
10	10	10	10	10	14	10	10	14	14	14	14	10	14	10	10
15	11	15	11	15	11	11	11	15	15	11	11	11	15	11	15
11	11	11	14	14	14	14	11	14	14	14	14	11	14	11	11
13	13	13	13	13	13	13	13	9	13	9	9	13	13	13	13
12	12	12	12	12	12	12	12	16	12	12	12	16	12	12	12
14	14	14	14	14	10	14	14	10	10	10	14	14	10	10	14
10	10	10	10	10	10	14	10	14	10	10	14	14	10	10	14
11	15	11	11	11	11	11	15	11	15	11	11	11	11	11	11
11	14	11	14	11	14	14	14	11	11	11	11	11	11	14	11
9	9	13	13	13	9	9	13	13	13	13	9	13	13	9	9
12	12	12	12	8	12	12	12	12	12	16	12	12	12	12	12
14	10	14	10	10	10	14	14	14	14	10	10	10	14	10	10
10	10	10	14	10	10	14	10	14	10	14	10	10	10	10	10
11	11	11	11	15	11	11	11	11	11	11	11	15	11	11	11
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	14
9	13	13	9	13	9	13	13	13	9	13	13	13	9	13	13
12	12	12	12	12	12	12	8	12	12	12	12	12	12	12	12
10	14	10	14	10	14	10	14	14	10	10	10	14	10	14	10
10	10	10	10	10	10	14	10	10	10	10	10	10	10	14	10
11	11	11	11	11	11	11	11	15	11	11	11	11	11	11	11
11	11	11	11	11	11	11	11	11	14	11	14	11	11	14	14
9	13	9	13	9	9	13	9	13	9	9	13	13	9	13	9
12	12	12	12	8	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
10	10	10	10	10	10	10	10	14	14	10	10	10	10	10	10
10	10	14	10	14	10	10	14	10	10	14	10	10	14	10	14
11	11	11	11	11	11	11	15	11	11	7	11	11	11	15	11
11	11	11	11	11	11	11	14	11	11	7	11	11	11	11	11
9	13	13	13	9	13	9	13	9	13	13	13	13	9	13	13
12	12	12	12	12	12	8	12	12	8	12	12	12	12	12	12
14	10	14	10	10	10	14	10	10	14	10	14	10	10	10	10
14	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
15	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	15	15	11	11
11	11	11	11	11	11	14	11	11	11	11	11	11	11	11	11
13	9	9	13	9	9	13	9	13	13	13	13	9	13	13	13
12	12	12	16	12	12	12	12	12	12	8	12	12	12	12	12
10	14	6	10	10	10	10	10	10	10	14	14	10	10	14	10
14	14	14	10	6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	14	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
11	11	11	11	11	11	14	11	11	11	7	11	11	11	11	11
13	9	13	9	13	9	13	13	13	9	9	13	9	9	13	13
12	12	8	12	12	12	12	12	12	12	8	12	8	12	12	12
10	14	10	10	14	10	10	10	10	10	10	14	10	10	14	10

Image: ichtB ligne 405 458 542
MSS7 colonne 208 223 624
Détecteur 1 (ichteu)

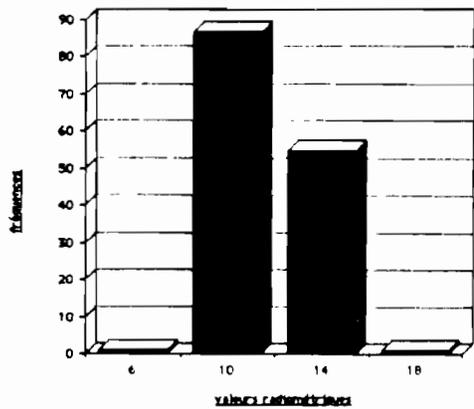


Image: ichtB ligne 405 458 542
MSS7 colonne 208 223 624
Détecteur 2 (ichteu)

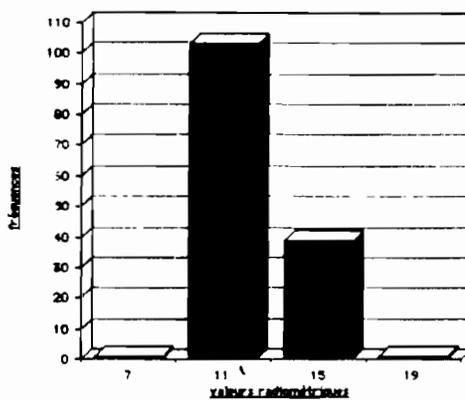


Image: ichtB ligne 405 458 542
MSS7 colonne 208 223 624
Détecteur 3 (ichteu)

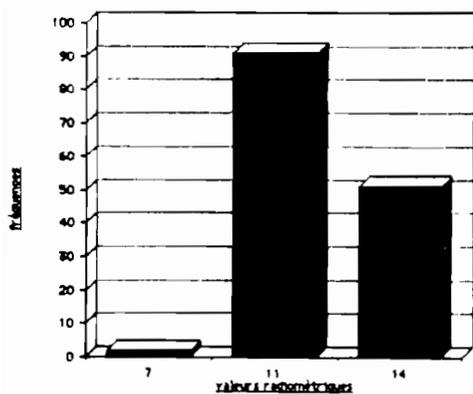


Image: ichtB ligne 405 458 542
MSS7 colonne 208 223 624
Détecteur 4 (ichteu)

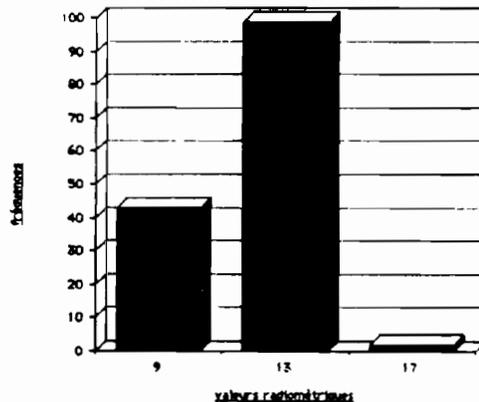


Image: ichtB ligne 405 458 542
MSS7 colonne 208 223 624
Détecteur 5 (ichteu)

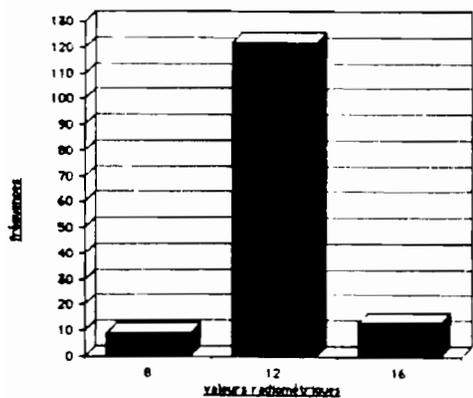
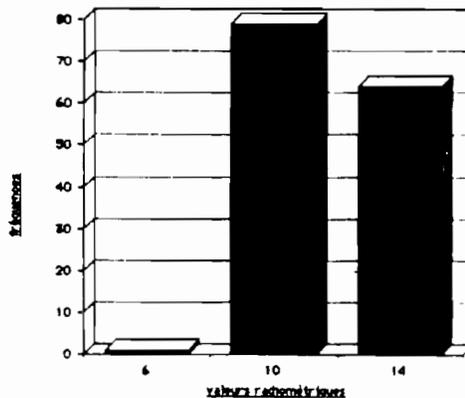


Image: ichtB ligne 405 458 542
MSS7 colonne 208 223 624
Détecteur 6 (ichteu)



BIBLIOGRAPHIE

- **ARNAUD Y.**, Réalisation et amélioration d'une classification multidimensionnelle (spectrale et texturale) sur micro ordinateur, rapport de stage D.E.A " Astrophysique-Géophysique et Techniques Spatiales", juin 1988, 37p.
- **BARIOU R.**, Manuel de télédétection photographie aériennes-images radar thermographies satellites, édition Sodipe, 1978, 349 p.
- **BENZARTI J.**, "Bilans hydriques du bassin versant de l'Ichkeul", thèse de doctorat de 3^o cycle en géographie physique dirigée par Mr. le professeur P. Pedelaborde, université de Paris-Sorbonne IV, déc 1979, 115 p.
- **BREDIN R., and SKINNER J.**, The effects of water levels on wintering anatidae and coot at lac Ichkeul (Tunisia). A preliminary study(winter 1982-83). Centre d'écologie de Camargue, Univerty Collège London, june 1983 ,
- **CHAUME R., COMBEAU A.**, (1983), Evolutions saisonnières comparées des signatures spectrales de divers milieux pérennes (forêts, prairies, sols nus) à partir de documents Landsat, O.R.S.T.O.M, télédéction 8, Paris 1983, 1 à 49 pp.
- **CHAUME R.**, Observation sur les modalités d'évolution de la signature spectrale des eaux en fonction de l'accroissement de la charge en suspension. Séminaire sur la télédétection organisé par l'IFREMER pour la visite du Dr. KLEMAS de l'université de Delaware (USA). Centre Océanologie de Bretagne. Atelier de Télédétection Bondy, Brest: 4-8 juin 1984, 8 p.
- **CHAUME R.**, Observation sur les modalités d'évolution de la signature spectrale des eaux en fonction de l'accroissement de la charge solide en suspension, lac Ichkeul, panache de turbidité du fleuve Sénégal), O.R.S.T.O.M, 8 p.
- **CHISNALL N.**, Feasability study on the production of an opérationnal remote sensing system to map biomass levels at the Ichkeul national park north Tunisia, University Collège London, july 1985,
- **CHISNALL.**, ANALYSE MULTIVARIABLE, PROCÉDURE "LOTÉRIE", application à l'analyse multispectrale en Télédétection, n^o 2, O.R.S.T.O.M,

Paris 1978, 78 p.

- **COMBEAU A.**, Simulation des données du futur satellite SPOT Ermenonville 1980. Résultats dans le domaine de l'occupation des sols et comparaison Landsat. Simulation SPOT, Télédétection 7, Paris 1982, 41 p .
- **DEBUSSCHE G.**, Analyses des images Landsat du Sud de la Tunisie. Premiers résultats et programmes engages. Séminaire de sensibilisation " Télédétection des Ressources Terrestres", expérience ARZOTU, Tunis 29-30 oct 1975, 45 p.
- **DESCHAMPS P.Y., TANRE D.**, Corrections atmosphériques pour la télédétection de la couleur de l'océan, journées d'études nationales organisées par le CNES et le CNEXO - Brest, 6-8 fév 1978, Publ. Sci. Tech. CNEXO : Actes Colloq, n°5, pages 133 à 140.
- **Ecology and Conservation Unit University Collège London**, . A feasibility study for a sluice on the oued Tindja in the Ichkeul Wetland National Park Tunisia. A report on aspects of the hydrology, sedimentology and ecology of the project.
- **EL GHEZAL A.**, Préservation du milieu naturel et développement économique en Tunisie, cas du parc national de l'Ichkeul, thèse de doctorat de spécialité, Montpellier, 98 p.
- **ENGEL J.C .**, Guide d'utilisation du sun, avec les notes annexes de: H.Chevillotte et D.Rémy, O.R.S.T.O.M, 99 p.
- **FOIN P.**, Cours de Télédétection, fascicule 1 "Bases physiques" 53 p, fascicule 2 "Bases sur le milieu naturel et humain" 78 p, fascicule 5 "Méthodologie de la Télédétection" 83 p, Ecole Nationale des Sciences Géographiques, 1985.
- **FRALIT.**, Télédétection du littoral océanique de la France, collection de l'école supérieure de jeunes filles n°11, 1977, 310 p.
- **GAGNIER F., TAMISIER A., LEMAIRE S., LACAZE B.**, Exploitation comparée des images satellite (Landsat TM et Spot) et des photographies aériennes pour mesurer la distribution des différents types de milieux camargais, BSLG tome 22 fascicule 1-2, Montpellier 1988, 33 à 61 pp.
- **LACAZE B.**, Analyses des données numériques Landsat du Sud de la

Tunisie. Premiers résultats et programmes engagés. Séminaire de sensibilisation. "Télédétection des Ressources Terrestres", expérience ARZOTU, Tunis 29-30 oct 1975, 14 p.

- **LE FLOC'H E. PONTANIER R.** Phyto-écologie du CNES et Pédologue de l'O.R.S.T.O.M , Problèmes posés par l'interprétation thématique des images et des données numériques Landsat du Sud de la Tunisie, expérience ARZOTU, édité par le C.E.P.E.L Emberger, Montpellier janvier 1976, 44 p.
- **LEMOALLE J.**, 79, Application des données Landsat à l'estimation de la production du phytoplancton dans le lac Tchad, cah O.R.S.T.O.M série hydrobiol, vol XIII n°1-2, 1979-80, 35-46 pp.
- **LEMOALLE J.**, et **VIDY G.**, Données sur la pêche du lac Ichkeul, n°1 O.R.S.T.O.M, 1983, 51 p.
- **LOINTIER M. ROCHE M.A**, Salinités et suspensions des estuaires de Guyane, Méthodes et résultats, Quatrième journées hydrologiques de l'O.R.S.T.O.M à Montpellier, colloques et séminaires, 14-15 sept 1988, 81 à 125 pp .
- **OLIVON P.**, Premiers résultats concernant l'utilisation des données multispectrales pour l'étude bathymétrique des lagunes méditerranéennes, GRIM et laboratoire de géomorphologie de l'EPE, Paris, 597 à 643 pp.
- **ORSTOM.**, Les satellites d'observation de la terre "LANDSAT" description sommaire, acquisition des données, Télédétection 1, O.R.S.T.O.M, Paris 1977 42 p.
- **RAKOTO M., C. MERING H.ANDRIANASOLO**, Guide de l'utilisateur de " Planètes", Laboratoire Informatique Appliquée,O.R.S.T.O.M, 130 p.
- **RIFFLET J.M.**, La programmation sous UNIX, Mc Graw-Hill 349 p.
- **THOMAS Y.F.**, Utilisation des données Landsat pour la mise en évidence de la turbidité en zones littorales, limites des méthodes. Journées d'études nationales organisées par le CNES et la CNEXO , Ecole Normale Supérieure, Montrouge - Brest, 6-8 fév 1978, 13 p.