



CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

6653

Programme Expérimental de Réhabilitation des Fossés à Poissons

1997-2000

Contrat CREEA

**Malika Bel Hassen
Jean Prou**

CREMA L'HOUMEAU

Centre de Recherche en Ecologie Marine et Aquaculture de L'Houmeau
Place du Séminaire - BP 5
17137 L'HOUMEAU

SOMMAIRE

Introduction	3
Matériels et méthodes	3
I- Etablissement d'une base de données cartographique	3
1- Les photographies aériennes	3
2- Les éléments structurants	4
2.1- Les chenaux et ruisseaux (fichier CHENAUX.SHP)	4
2.2- Les routes et chemins (fichier ROUTES.SHP)	5
2.3- Les fossés (fichiers FOS.SHP)	5
2.4- Les mesures spatialisées sur les fossés (fichiers BIFOS.SHP)	5
II Les paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques	5
III Les ressources planctoniques	7
1- Protocole d'échantillonnage	7
2- Enumération et identification des microorganismes planctoniques	7
2.1- Principe de l'énumération des flagellés	7
2.2- Principe de l'énumération des ciliés	7
2.3- Principe de l'énumération du phytoplancton.	7
3- Détermination du contenu en carbone des organismes planctoniques	7
IV Distribution des macrophytes et des halophytes	8
V La pêche	8
Résultats	8
I-Evolution des paramètres physico- chimiques et hydrobiologiques	8
1- La température	8
2- La salinité	8
3- Le pH	8
4- L'oxygène	9
5- L'azote	9
5.1- Nitrite et nitrate	9
5.2- Ammonium	9
5.3- Urée	9
6- Les phosphates	9
7- La silice	9
8- La chlorophylle	9
9- Les phéopigments	10
10- Analyses statistiques des paramètres physico- chimiques et hydrobiologiques	22
II-Structure taxonomique et abondance des communautés microplanctoniques	24
1- Les diatomées	24
2- Les dinoflagellés	32
3- Les ciliés	34
4- Les flagellés	37
III-Structure taxonomique et abondance des communautés de macrophytes et de halophytes.	39
1- Les macrophytes	39
1.1- Liste descriptive	39
1.2- Répartition géographique	39
2- Les halophytes	40
2.1- Liste descriptive	40

2.2-Répartiton géographique	46
IV- Discussion statistiques des résultats	52
<i>Discussions générales et conclusions</i>	<i>57</i>
Références	59

Introduction

Cette étude s'inscrit dans le cadre du programme expérimental de réhabilitation des fossés à poisson initié au CREAA (1997-2000). Ce programme répond à une demande régionale pour la valorisation des fossés à poissons. Cet écosystème fait partie du patrimoine régional et marque surtout son identité culturelle, une volonté locale a été manifestée pour sa conservation et valorisation. Cependant l'aménagement de ces structures s'avère très coûteux, le grossissement de poissons, essentiellement l'anguille, a été prévu afin de justifier les frais d'aménagement. Par ailleurs, l'élevage extensif de poisson s'accompagne de la pratique d'autres activités telle que l'agriculture ou l'élevage. La cohabitation de ces différents types d'activités peut déstabiliser le fonctionnement du système et générer des conflits d'usage.

Au cours de cette étude préliminaire sur les fossés à poissons les objectifs sont triples : le premier objectif est de recueillir les informations sur l'écosystème 'fossé à poisson' (i.e., environnement physique, chimique et biotique). Déterminer la capacité trophique de cet écosystème en terme de production primaire et secondaire constitue le deuxième objectif. Finalement, justifier les fluctuations du rendement de poissons entre les fossés et déterminer les paramètres qui pourraient l'influencer intègrent le troisième objectif.

Plusieurs actions ont été engagées au cours de cette étude. La première action, menée au CREMA l'Houmeau, concerne l'établissement d'une base de donnée cartographique de l'espace considérée. L'étude des paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques intègrent la deuxième action, elle a été menée parallèlement au CREMA l'Houmeau et au CREAA. La troisième action concernant l'alevinage et le marquage des poissons a été effectuées au CEMAGREF de Bordeaux.

Ce rapport synthétise les données intégrant les deux premières actions de cette étude. Les résultats relatifs à la dernière action seront discutés ultérieurement.

En complément à ce rapport, les fichiers informatiques ayant servi pour l'étude seront livrés au CREAA. Une formation initiale au logiciel ARCVIEW a été effectuée fin février 1998. Désormais, cet établissement possède les compétences nécessaires pour gérer ces fichiers.

Matériels et méthodes

1- Etablissement d'une base de données cartographique

Une première étape de ce travail consiste à élaborer des éléments structurants de l'espace considéré, à savoir la partie haute du marais salé de la rive droite de la Seudre, entre le Chenal du Lindron et le Chenal de Recoulaine.

1- Les photographies aériennes

Une couverture photographique aérienne des marais salés charentais a été effectuée début Août 1997. La société SPHAIR en charge de cette opération a fourni des orthophotos numériques au format raster (extension .TIF) qu'il a fallu transformer au format GRID d'ARC/INFO pour lecture sous ARCVIEW. Pour cela, le logiciel IMAGINE de chez ERDAS a été utilisé sous environnement UNIX.

La démarche séquentielle des commandes est décrite en annexe 1. Elle permet outre le changement de format de rendre les images en coordonnées LAMBERT étendu. Les fichiers de sortie ont un pixel de 50 cm.

es photographies aériennes ont été utilisées comme support pour la digitalisation des éléments structurants.

Pour les besoins de l'étude quatre images ont été transformées et ont pour noms GRSEUD4, GRSEUD5, GRSEUD10 et GRSEUD11 (Fig 1).

Dans une deuxième étape et indépendamment de la présente étude, l'ensemble de la couverture aérienne a été transformée, elle a été mise à la disposition du CREEA pour des études antérieures.

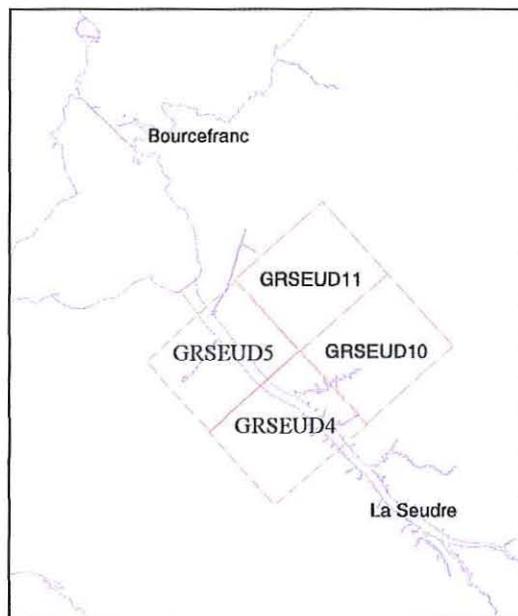


Fig 1 : Plan de situation des photos

2-Les éléments structurants

2.1-Les chenaux et ruisseaux (fichier CHENAUX.SHP)

Les chenaux de la zone considérée ont été digitalisés sous ARCVIEW avec les photos comme support (Fig 2). Les principales difficultés ont été rencontrées lors de l'interprétation des teintes de gris liées aux ombres des bordures. Un champ NOM de la table attributaire contient le noms des chenaux ou ruisseaux lorsqu'il est connu. La longueur des chenaux a été également calculée et reportée dans un champ LENGTH de la table attributaire.

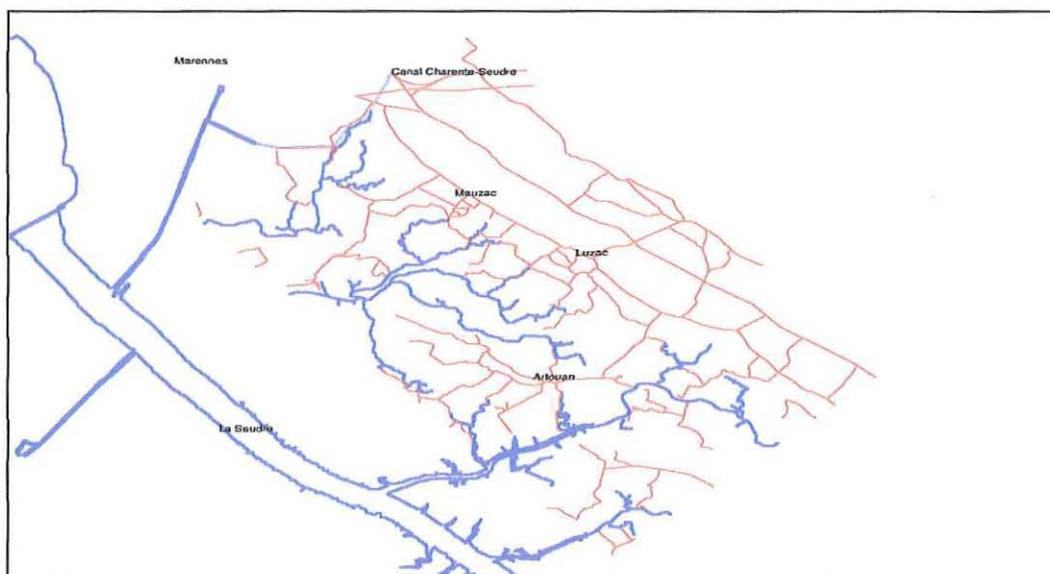


Fig 2 : Répartition des Chenaux, ruisseaux, routes et chenaux dans l'espace géographique étudié

2.2-Les routes et chemins (fichier ROUTES.SHP)

Les routes et chemins ont été digitalisés de la même manière que les chenaux, sous forme de polygones. Les principaux axes ainsi que les voies d'accès aux exploitations peuvent permettre avec l'aide de la couverture « chenaux » de dégager les fossés versants des chenaux et affluents.

2.3-Les fossés (fichiers FOS.SHP)

Sur les 22 fossés, 18 ont été digitalisés à partir de photos (exemples en annexe 2). Il s'agit de digitaliser la surface en eau sous forme de polygones. Des problèmes d'interprétation de niveaux de gris n'ont pas permis de tout faire : certains fossés restent incomplets et nécessiteront des missions complémentaires sur le terrain. Les zones les plus difficiles à interpréter sont les faibles profondeurs d'eau souvent colonisées par les salicornes. Elles révèlent des différences de niveaux d'eau variables entre les saisons. Au contraire, les zones de remblai liées aux travaux d'aménagement des fossés sont bien visibles et paraissent plus claires sur les photos. Une estimation des superficies des fossés a été effectuée. Elles sont reportées dans un champ AREA de la table attributaire.

Ces données offrent une base géographique pour la cartographie des mesures hydrobiologiques spatialisées.

2.4-Les mesures spatialisées sur les fossés (fichiers BIFOS.SHP)

A partir des fichiers FOS.SHP, une série de fichiers BIFOS.SHP ont été générés pour chaque fossé en divisant le polygone initial (le fossé entier) en polygones plus petits ayant été l'objet de mesures. Les polygones ainsi créés correspondent chacun à une longueur de fossé entre 5 et 10 mètres. Un exemple en est donné à l'annexe 3. Ce découpage du polygone initial sert à spatialiser les données recueillies sur l'ensemble du fossé.

Deux exemples de cartographie de données spatialisées sont donnés en annexe 4. L'une concerne les hauteurs d'eau mesurées le long des fossés, l'autre les végétations sub-aquatiques de ces mêmes fossés. Les tables attributaires des fichiers BIFOS.SHP sont renseignées par ces valeurs (annexe 5).

Afin d'évaluer la recolonisation des bordures de fossés par les végétaux, une série de photographies numériques ont été effectuées. L'endroit de la prise de vue ainsi que sa direction sont cartographiés. Ces informations sont stockées dans des fichiers nommés PHOTO.SHP. Sous ARCVIEW, un simple click de la souris sur le symbole représentant l'endroit de la prise de vue permet l'affichage de la photo correspondante (format JPG). Un exemple est donné en annexe 6.

II Les paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques

Des séries temporelles de mesure de sels nutritifs et de chlorophylle ont été effectuées durant les années 1997-1999 dont le CREA a assuré les prélèvements. Les prélèvements ont concerné 5 fossés, répartis différemment dans l'espace échantillonné dont les prises d'eau sont à distances inégales par rapport au chenal principal d'alimentation, la Seudre (Fig 3). La superficie des fossés ainsi que leurs modes de gestion hydraulique dépendent de chaque exploitant. Deux sites ont été échantillonnés sur chaque fossé au 2/3 de chaque extrémité. L'échantillonnage a été bimensuel, il s'est effectué à différents coefficients de marée. Le plan d'échantillonnage classique, réparti entre les marées des vives eaux et des mortes eaux, n'a pas été respecté dans ce cas précis car on a remarqué que la topographie des fossés était très variable. Ainsi la signification des coefficients de marée perd son sens selon que la topographie du fossé est plus ou moins élevée par rapport au niveau de la mer.



0.5 0 0.5 Kilometers



Fig 3 : Dispersion des fossés échantillonnés dans l'espace d'étude. Les chenaux ainsi que le réseau routier sont aussi indiqués.

Les analyses ont été effectuées pour les sels nutritifs: nitrate et nitrite (NO₂NO₃), ammonium (NH₄), silice (Si), orthophosphates (PO₄) en utilisant l'analyseur en flux continu de type Skalar (Strickland & Parsons, 1968). La chlorophylle a (Chl a) et les phéopigments (Pheo) ont été estimés par la méthode fluoremétrique (Holm-Hansen & Riemann, 1978). Les variables tels que la salinité (S‰), température (T), oxygène (O₂) et pH ont été simultanément enregistrés.

III Les ressources planctoniques

1-Protocole d'échantillonnage

L'échantillonnage du plancton s'est effectué à trois périodes caractéristiques de l'année 1999, durant les mois de février, mai et août. Afin de tenir compte de la plus large variabilité spatiale au sein de chaque fossé, les prélèvements ont été effectués à différents sites du fossé échantillonné (environ 5 à 6 sites par fossé). L'eau a été ensuite récoltée dans des flacons de 8 litres de contenance en polypropylène de couleur sombre. Les échantillons pour l'énumération du plancton ont été ainsi prélevés dans l'eau de mélange, considérée comme représentative du fossé échantillonné.

2-Enumération et identification des microorganismes planctoniques

2.1-Principe de l'énumération des flagellés

(d'après Caron, 1983; Sherr et al., 1994 et Dupuy, 2000)

L'abondance des flagellés est estimée au microscope à épifluorescence, sur des échantillons d'eau fixés au paraformaldéhyde, en utilisant la primuline, un fluorochrome protéique. L'excitation sous lumière UV de la préparation permet de visualiser les protistes nano-planctoniques, grâce à la fluorescence de la primuline, et par un rapide passage en lumière d'excitation bleu, on peut déterminer lesquelles parmi ces cellules sont phototrophes, grâce à l'autofluorescence de leur chlorophylle. Comme la primuline fluoresce peu sous lumière d'excitation bleue, même les faibles autofluorescences peuvent être détectées. Cependant, des colorations non spécifiques peuvent induire des artefacts avec une importante fluorescence de fond dans les milieux chargés en particules.

2.2-Principe de l'énumération des ciliés

(d'après Hass, 1982; Sherr *et al.*, 1994 et Dupuy, 2000)

L'abondance des ciliés est estimée au microscope à épifluorescence, en utilisant des échantillons vivants marqués au proflavine, un fluorochrome protéique, et ultérieurement fixés au glutaraldehyde. L'excitation de la préparation marquée sous une lumière bleue permet la visualisation des protistes nano-planctoniques.

2.3-Principe de l'énumération du phytoplancton.

Les taxons phytoplanctoniques sont identifiés et énumérés au microscope inversé après fixation au lugol et sédimentation une nuit complète dans une chambre spécifique (chambre Utermöhl).

3-Détermination du contenu en carbone des organismes planctoniques

Les teneurs en carbone ont été extraites des travaux de Dupuy (2000) effectués dans un marais expérimental au CREMA. Ces valeurs ont été calculées sur la base d'un volume cellulaire moyen attribué à chaque genre voire espèce rencontré dans le marais. En appliquant un taux de conversion moyen biovolume/carbone (extrait également à partir de la littérature), on détermine la teneurs cellulaires en carbone. Cette évaluation a été particulièrement effectuée pour les ciliés,

diatomées et dinoflagellés. Au cours de cette étude on ne tiendra pas compte des contenus des flagellés de très petite taille. De plus, les genres peu représentés dans le milieu n'auront pas de correspondances en terme de carbone cellulaire, de ce fait ils ne seront pas pris en compte dans l'évaluation de la biomasse de carbone planctonique pour chaque fossé.

IV Distribution des macrophytes et des halophytes

Le découpage du polygone initial, correspondant à chaque fossé, en polygones unitaires de 5 et 10 mètres a servi pour la spatialisation des données recueillies sur l'ensemble du fossé, notamment celles correspondantes à la distribution des macrophytes et des halophytes. Le suivi de la couverture végétale a été effectué pour la plupart des fossés durant l'été, automne et hiver de l'année 1998-1999. Ce suivi a consisté à relever la présence de chaque genre voire espèce de macrophyte et de halophytes dans chaque polygone unitaire précédemment défini. L'absence de technique appropriée pour l'estimation de la biomasse des macrophytes et des halophytes a restreint cette étude à la présence/absence des genres rencontrés.

V La pêche

Les données de pêche concerne une seule espèce cible l'anguille (*Anguilla anguilla*). Les pêches ont été effectuées à terme de trois ans de grossissement. Le recrutement des poissons s'est fait de manière naturelle, ce sont les poissons qui rentrent spontanément lors du remplissage des fossés. Toutefois un alevinage a été pratiqué sur quelques fossés. Parmi les fossés suivis au cours de cette étude trois ont été alevinés, à savoir B15, B10 et B21 à raison d'une densité d'anguillette de 1/m² pour B15 et de 0.5 /m² pour les B10 et B21.

Les opérations de pêche ont été menées par les exploitants. Les engins utilisés sont des verveux dont le nombre et l'emplacement au sein des fossés ont été aléatoires. Jusqu'à l'élaboration de ce rapport quatre sur les cinq fossés suivis ont été pêchés.

Résultats

I-Evolution des paramètres physico- chimiques et hydrobiologiques

1-La température

La température moyenne est de 14.5 °C, elle montre une variation saisonnière très marquée (Fig 4). Les valeurs hivernales sont proches de 5°C, elles fluctuent au printemps autour de 10°C à 20°C. Le maximum est atteint en juillet-août avec des valeurs proches de 25°C. Les températures relevées aux deux extrémités de chaque fossé sont sensiblement proches.

2-La salinité

La salinité moyenne avoisine les 30‰. Toutefois, une tendance saisonnière est observée avec des valeurs estivales entre 35 et 40‰ et des minima en hiver en dessous de 10‰ (Fig 5). Les salinités relevées au deux bouts de chaque fossé sont sensiblement proches. Une distinction est faite pour le fossé (B2) où la dessalure hivernale dure relativement longtemps, soit de janvier à juin, avec des salinités inférieures à 10‰.

3-Le pH

Le pH fluctue généralement entre 7.6 et 9, excepté pour le fossé B6 où les minima sont autour de 8 et les maxima à 9.5 (Fig 6). C'est en période printanière que le pH devient plus basique, s'acidifie en début de l'été (juin, juillet) et augmente légèrement au début de l'automne.

Les deux sites échantillonnés pour chaque fossé montrent des valeurs assez proches, une seule exception a été observée au fossé B6 où le site b est généralement plus basique que le site a.

4-L'oxygène

Les fluctuations des concentrations d'oxygène montrent une forte dépendance saisonnière. Deux périodes ont été distinguées (Fig 7) : d'octobre à avril-mai où les concentrations en oxygène sont généralement supérieures à 6 mg/l et de juin à septembre où elles sont généralement inférieures à 6 mg/l et peuvent atteindre 2 mg/l en été (août). Des liens entre la température et l'oxygène ont été tentés pour l'ensemble des fossés, ils ont révélé que les variations de température pourraient expliquer 68% et 50% des fluctuations d'oxygène au niveau des fossés B2 et B15 respectivement.

5-L'azote

5.1-Nitrite et nitrate

C'est la forme dominante d'azote inorganique dissous enregistrée dans les différents fossés, particulièrement durant la période hivernale. Les concentrations sont élevées en période hivernale, généralement supérieures à 10 μ M entre décembre et avril (Fig 8), elles ont atteint durant l'année 1997-1998 des valeurs de l'ordre de 100 - 150 μ M dans les fossés B2 et B15, voire 300 μ M dans le fossé B21. Ces valeurs ont relativement diminué durant l'année 1998-1999 particulièrement pour B10 et B15.

5.2-Ammonium

Excepté quelques pics, la concentration demeure inférieure à 10 μ M. L'ammonium ne montre pas de variations saisonnières marquées. Toutefois, une légère augmentation est souvent observée durant l'été entre juin et août (Fig 9) à l'exception du fossé B10 où les pics d'ammonium surviennent entre décembre et mars.

5.3-Urée

La concentration en urée est généralement inférieure à 6 μ M (Fig 10), exceptionnellement elle peut atteindre 12 μ M. Idem que l'ammonium, l'urée ne montre pas de tendance saisonnière assez marquée. Cependant une légère augmentation de la concentration d'urée est souvent observée durant les mois de juin, juillet et août.

6-Les phosphates

Les concentrations en phosphates sont très variables d'un fossé à l'autre (Fig 11). Les fossés B2, B21 et B10 montrent des valeurs inférieures à 4 μ M voire 8 μ M pour B10 alors que les fossés B15 et B6 peuvent atteindre des pics assez prononcés, 18 μ M pour B15 et 50-60 μ M pour B6. L'aspect le plus caractéristique de la variation des concentrations en phosphates c'est les pics estivaux, survenant généralement durant les mois de juin, juillet et août. Ce modèle a été observé pour l'ensemble des fossés échantillonnés.

7-La silice

La silice varie généralement en dessous de 40 μ M pour les fossés B2, B15 et B21 et 20 μ M pour B10 et B6 (Fig 12). Cependant, identiquement aux phosphates les concentrations en silice montrent des pics estivaux (juin à août) qui s'élèvent parfois à plus de 150 μ M, tel est l'exemple des fossés B15 et B20.

8-La chlorophylle

Les valeurs de chlorophylle fluctuent en général en dessous de 20 μ g l⁻¹ (Fig 13). Il n'existe pas de réels bloom phytoplanctoniques. En effet, et à l'exception de quelques brefs pics

de chlorophylle, survenus en particulier durant l'hiver 1997 (B2, B15 et B10) et durant l'été 1999 (B2, B10 et B6), les concentrations de chlorophylle ne montrent pas de grandes variations d'amplitudes. L'absence d'efflorescences printanières pourrait être due soit à une efflorescence hivernale précoce due aux fortes charges en éléments azotés, notamment les nitrite et nitrate, qui à terme épuiserait les ressources du milieu ou à un fort broutage de la biomasse phytoplanctonique par la meiofaune et la macrofaune benthiques.

9-Les phéopigments

Les phéopigments constituent le produit de dégradation de la chlorophylle, les concentrations fluctuent généralement en dessous de $5 \mu\text{g l}^{-1}$ (Fig 14). Les pics de phéopigments suivent généralement ceux de la chlorophylle avec un léger décalage, les maxima ont été enregistrées au niveau de B2 avec $45 \mu\text{g l}^{-1}$.

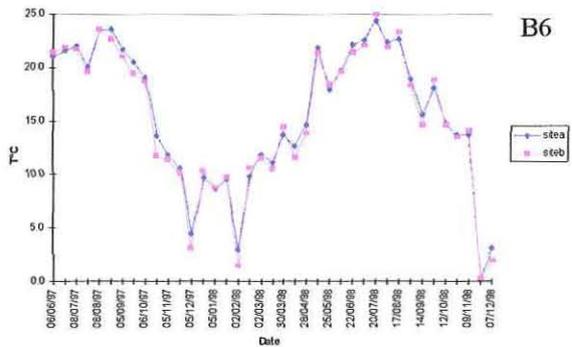
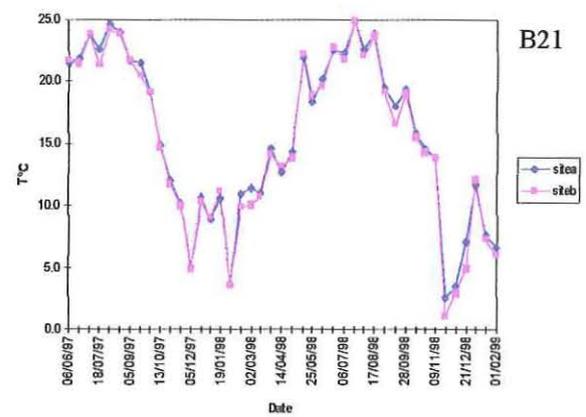
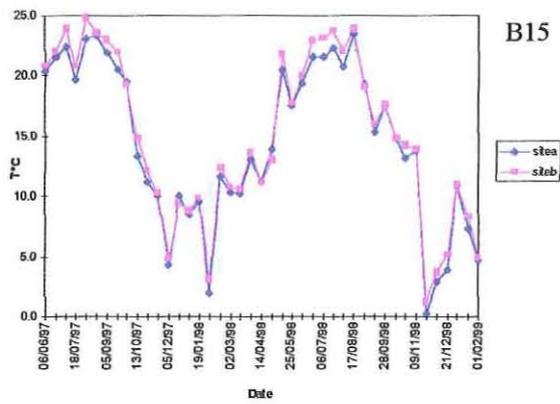
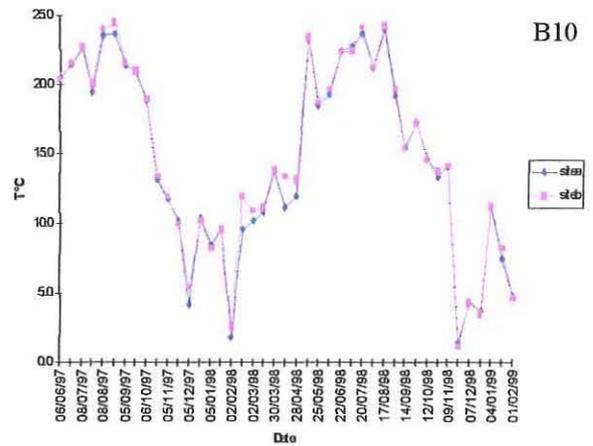
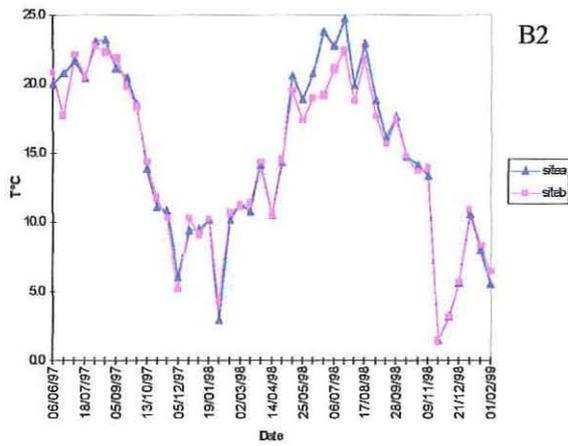


Fig 4 : Distribution bimensuelle de la température des cinq fossés échantillonnés. Les valeurs enregistrées au niveau des deux sites d'échantillonnage sont également reportées.

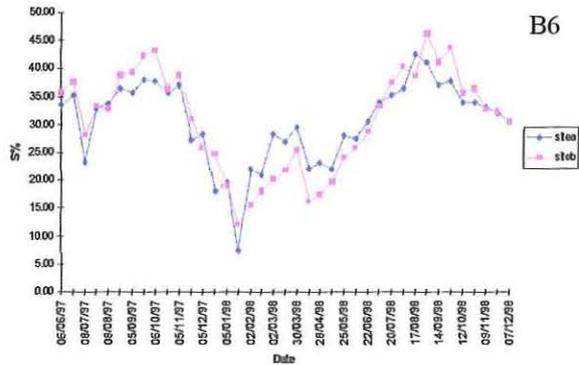
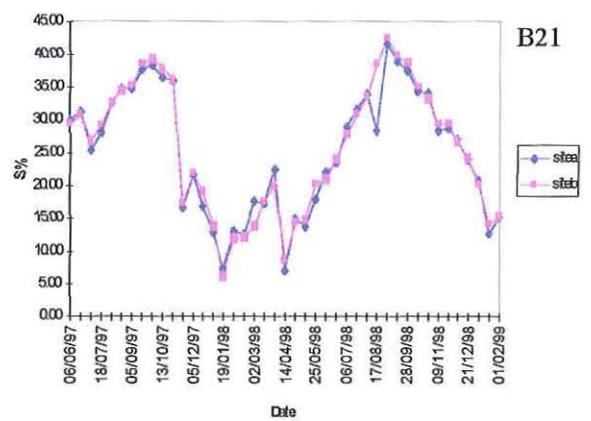
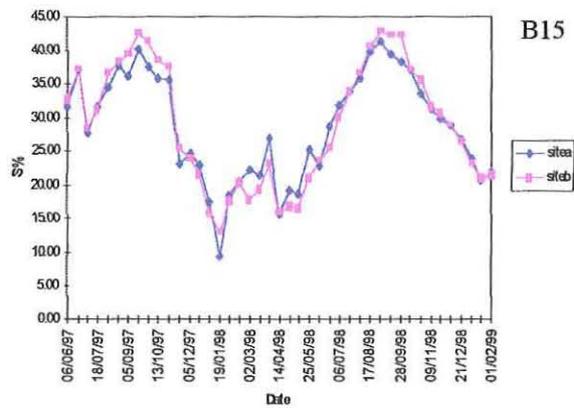
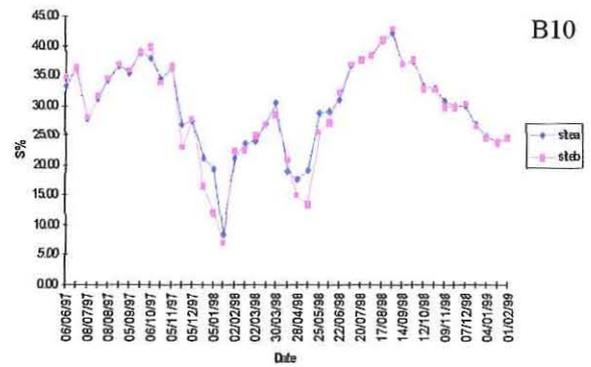
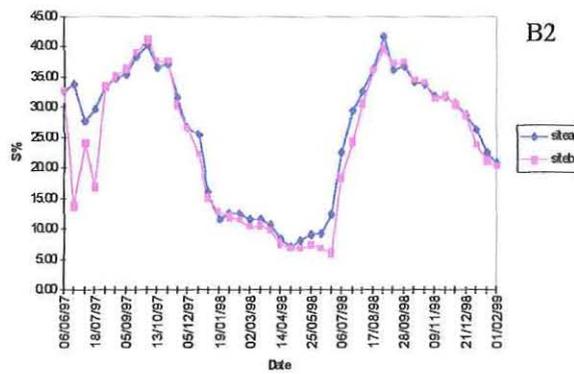


Fig 5 : Distribution bimensuelle de la salinité des cinq fossés échantillonnés. Les valeurs enregistrées au niveau des deux sites d'échantillonnage sont également reportées.

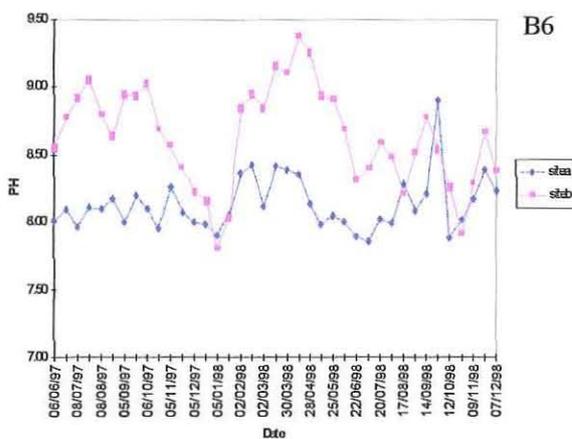
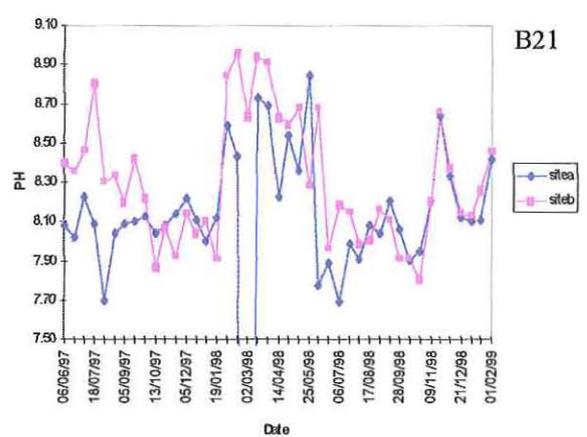
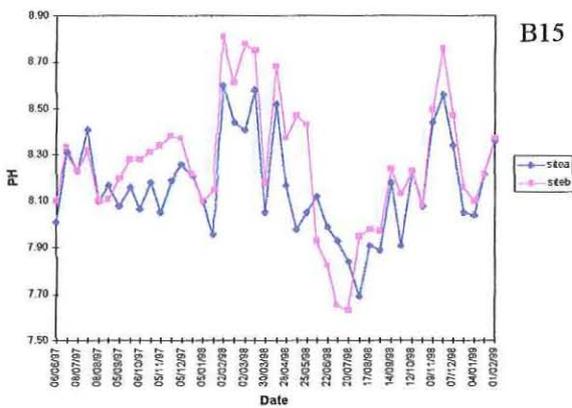
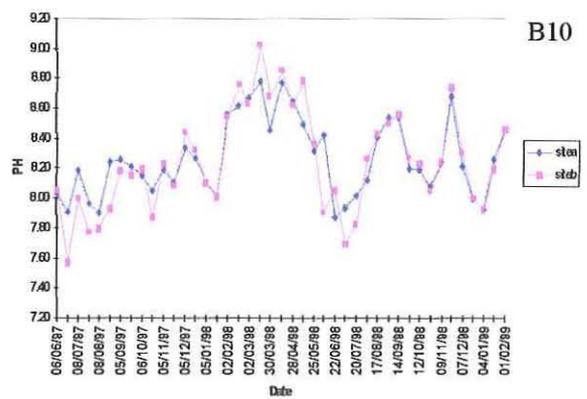
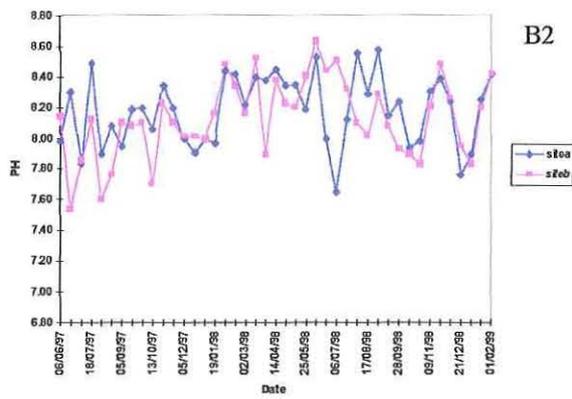


Fig 6 : Distribution bimensuelle du pH des cinq fossés échantillonnés. Les valeurs enregistrées au niveau des deux sites d'échantillonnage sont également reportées.

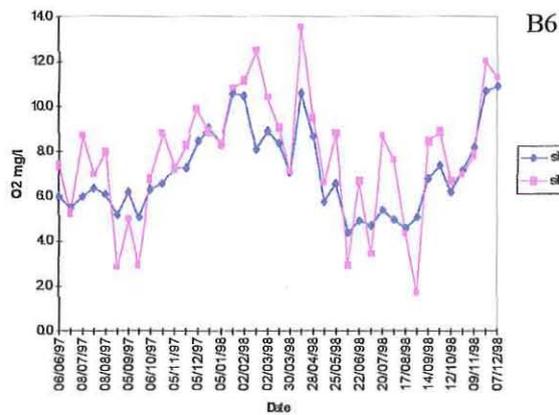
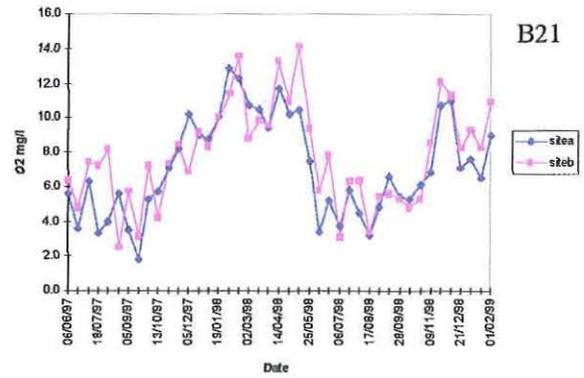
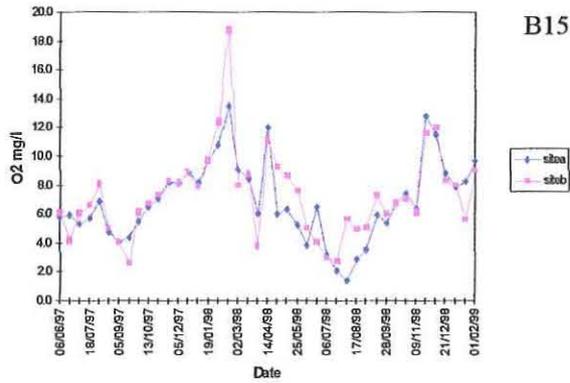
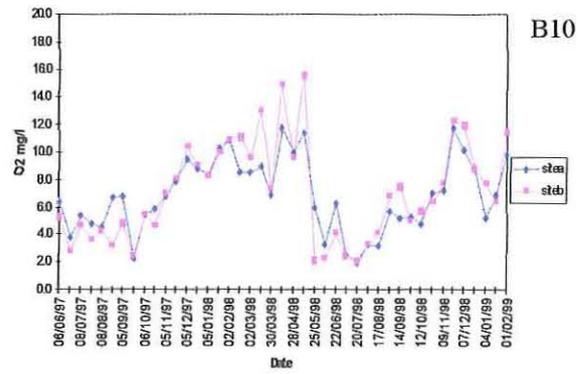
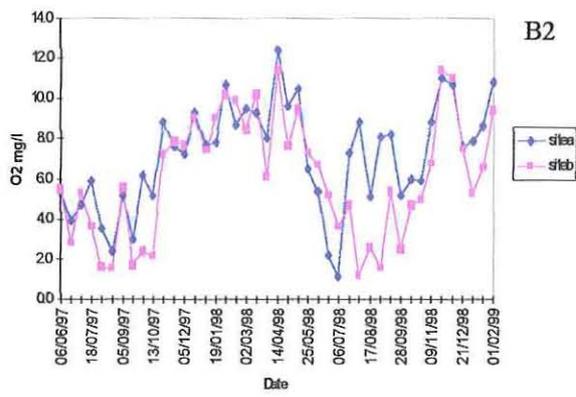
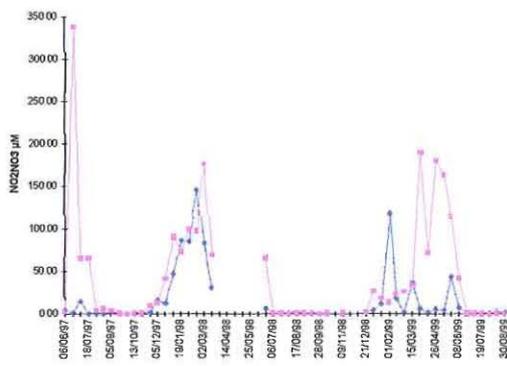
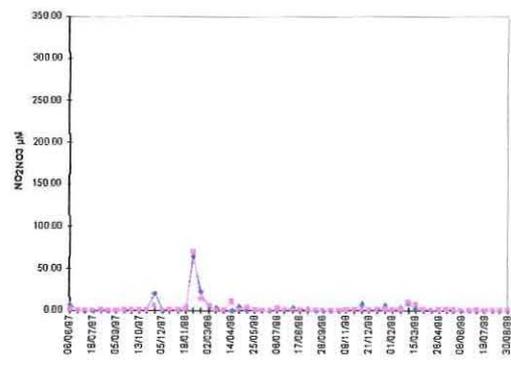


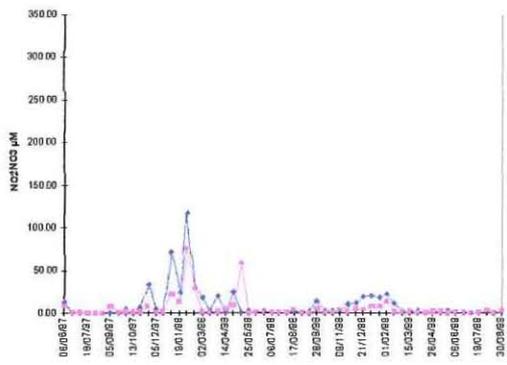
Fig 7 : Distribution bimensuelle de l'oxygène des cinq fossés échantonnés. Les valeurs enregistrées au niveau des deux sites d'échantillonnage sont également reportées.



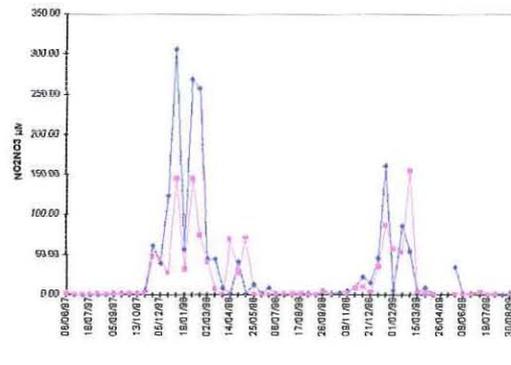
B2



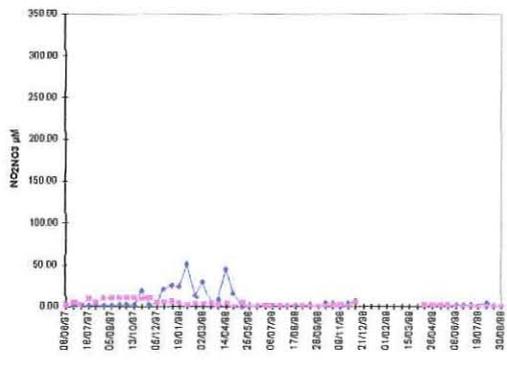
B10



B15



B21



B6

Fig 8 : Distribution bimensuelle des nitrates et nitrites des cinq fossés échantillonnés. Les valeurs enregistrées au niveau des deux sites d'échantillonnage sont également reportées.

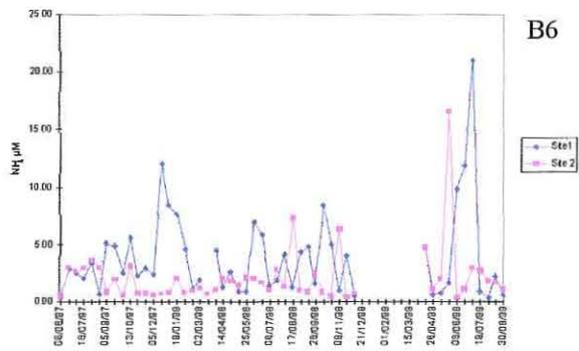
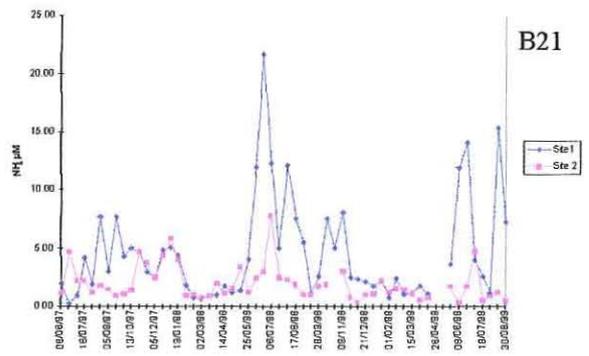
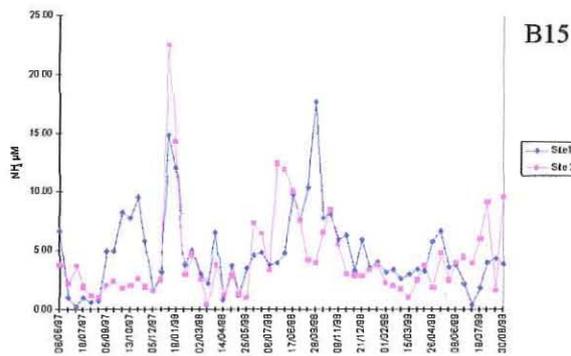
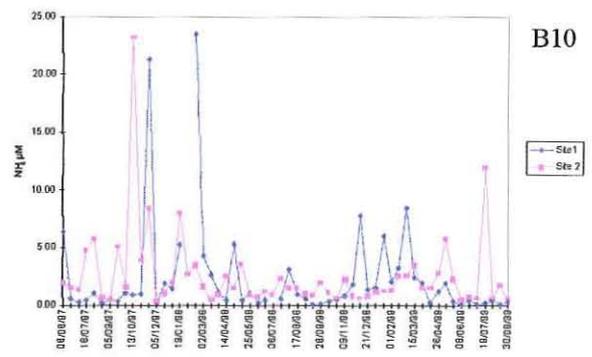
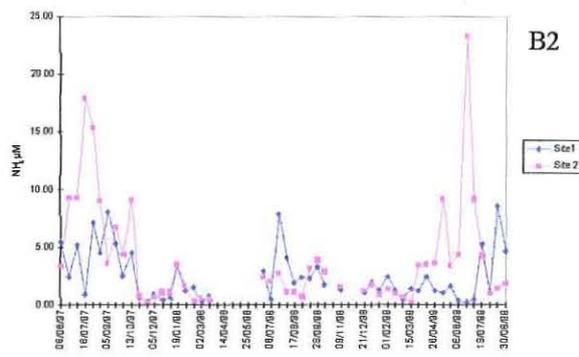


Fig 9 : Distribution bimensuelle de l'ammonium des cinq fossés échantillonnés. Les valeurs enregistrées au niveau des deux sites d'échantillonnage sont également reportées.

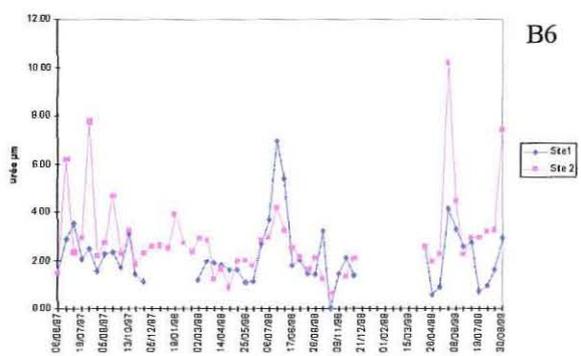
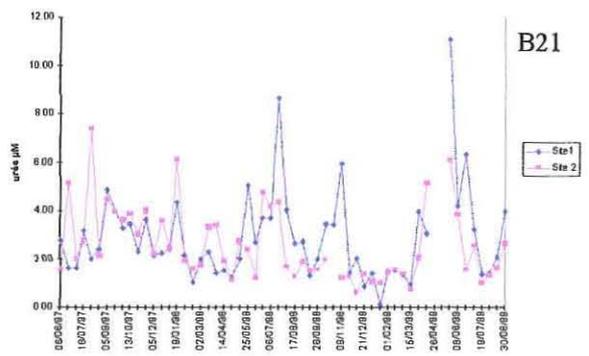
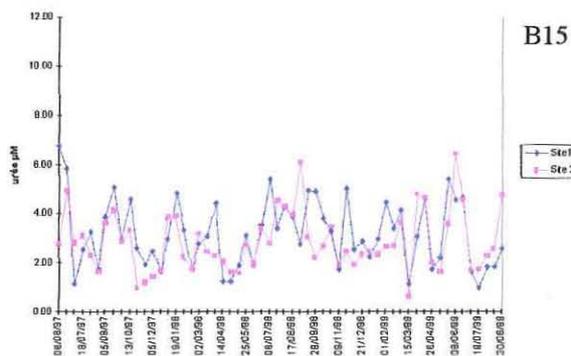
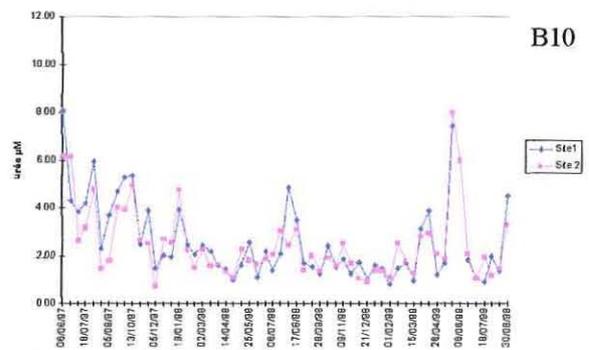
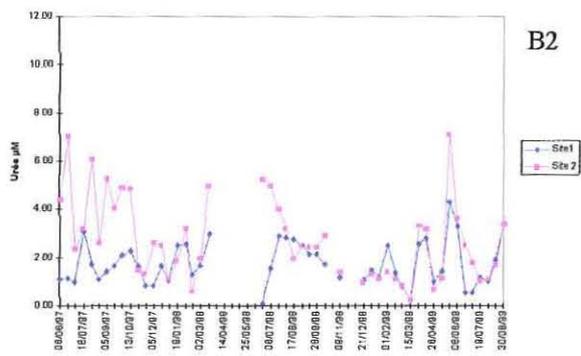


Fig 10 : Distribution bimensuelle de l'urée des cinq fossés échantillonnés. Les valeurs enregistrées au niveau des deux sites d'échantillonnage sont également reportées.

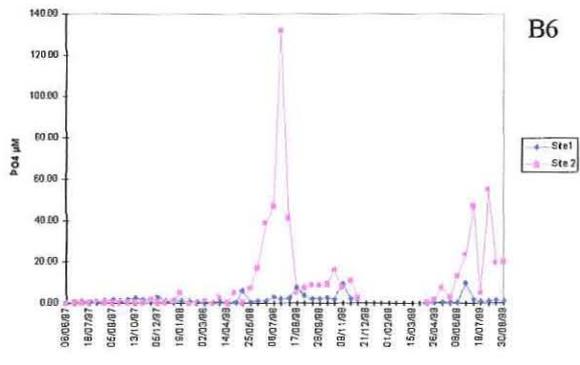
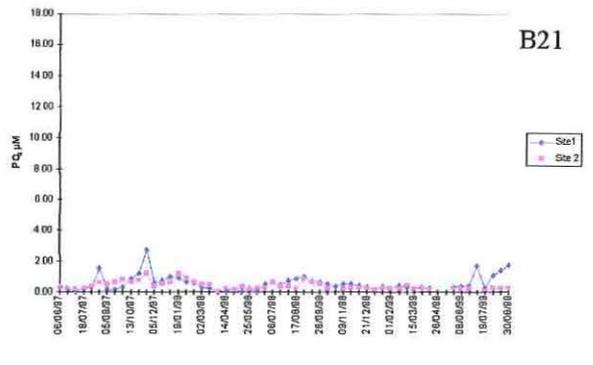
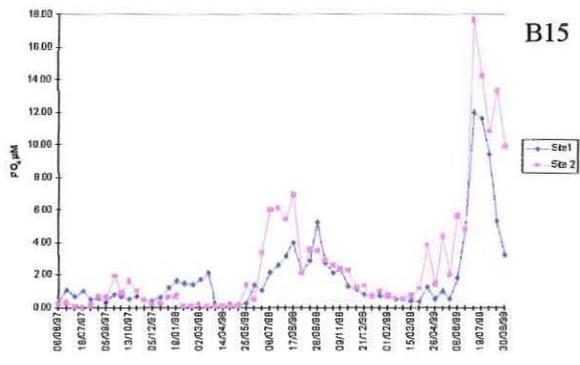
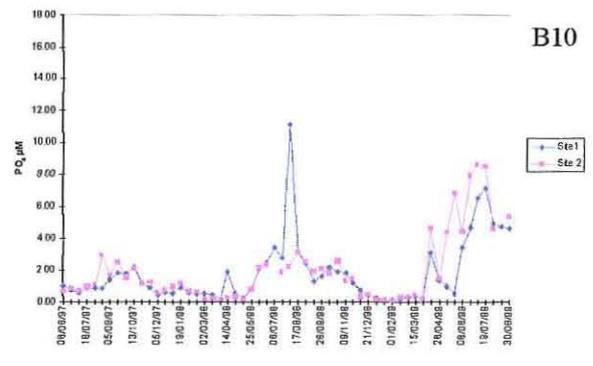
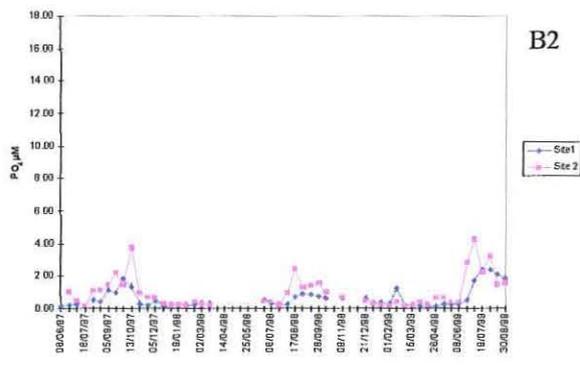


Fig 11 : Distribution bimensuelle des phosphates des cinq fossés échantillonnés. Les valeurs enregistrées au niveau des deux sites d'échantillonnage sont également reportées. Une variation d'échelle est appliquée pour le fossé B6.

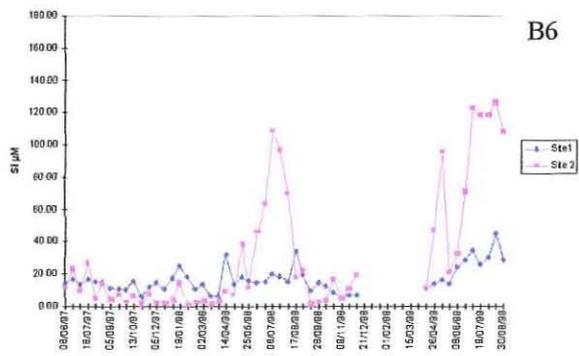
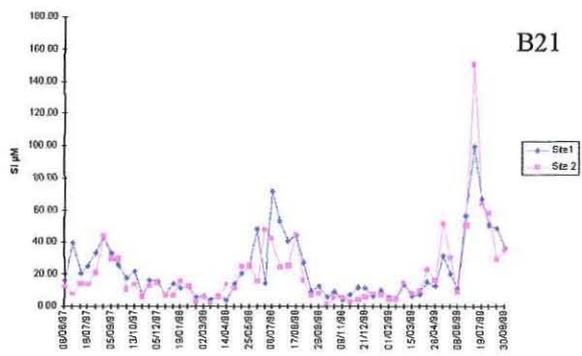
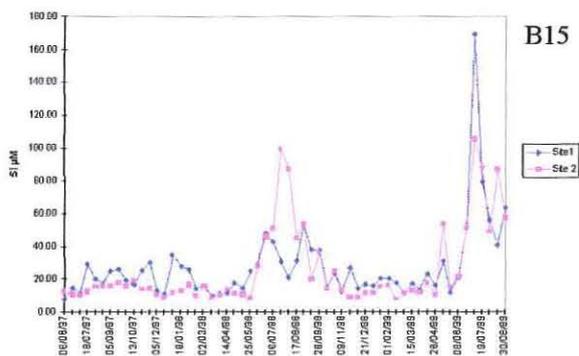
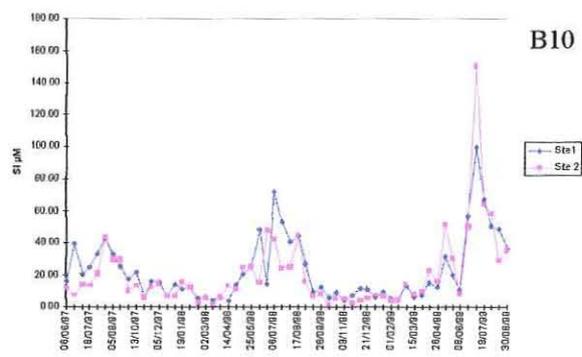
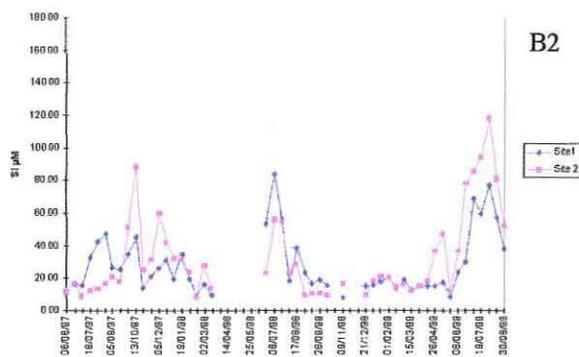


Fig 12 : Distribution bimensuelle de la silice des cinq fossés échantillonnés. Les valeurs enregistrées au niveau des deux sites d'échantillonnage sont également reportées.

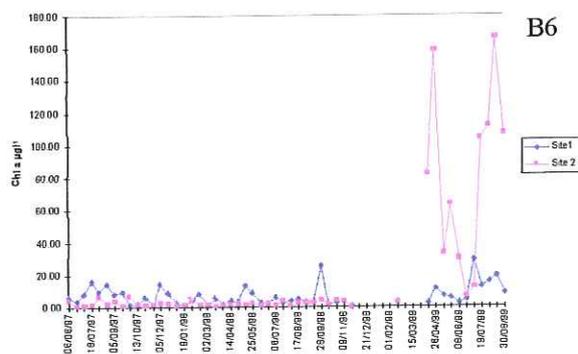
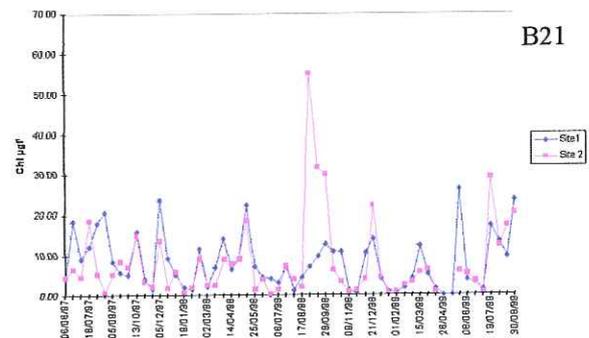
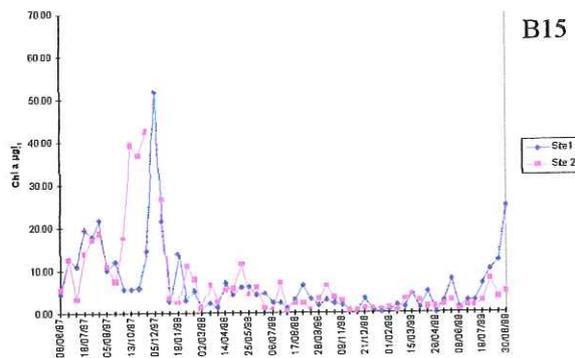
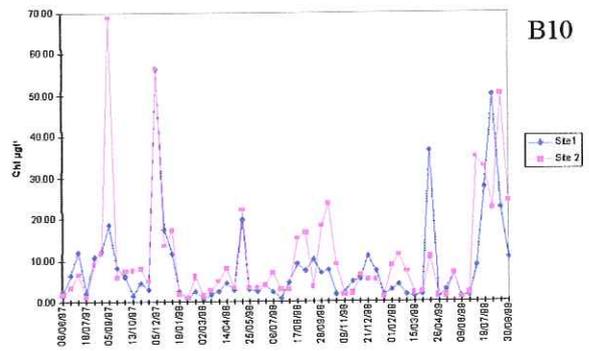
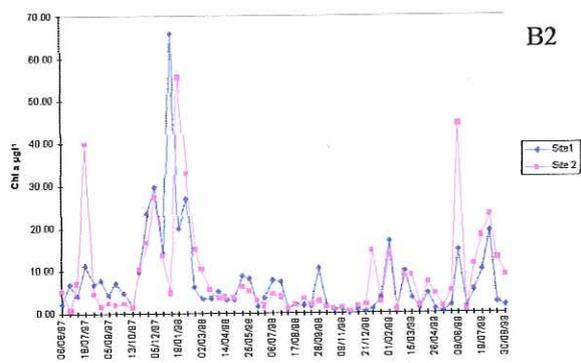


Fig 13 : Distribution bimensuelle de la chlorophylle des cinq fossés échantillonnés. Les valeurs enregistrées au niveau des deux sites d'échantillonnage sont également reportées. Une variation d'échelle est appliquée pour le fossé B6.

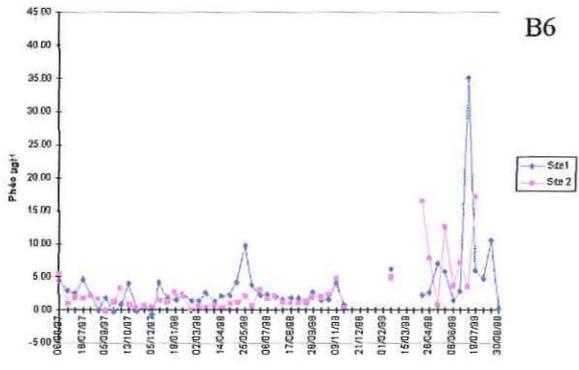
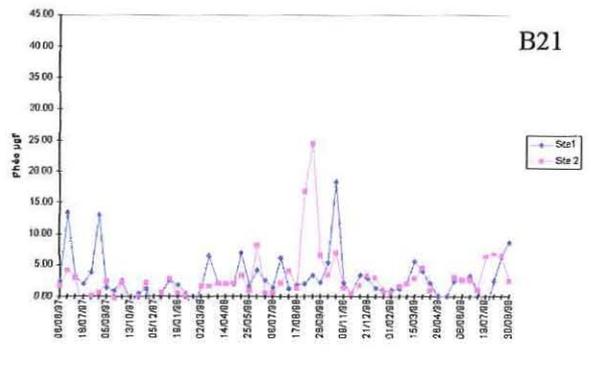
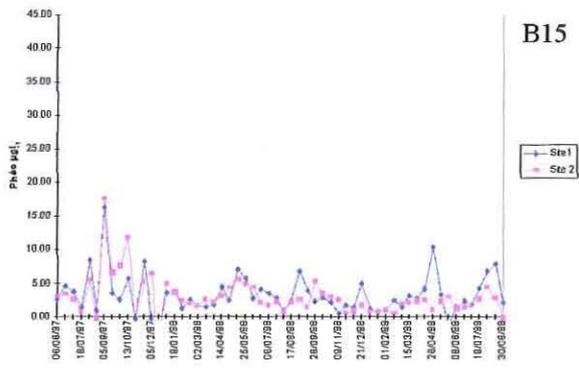
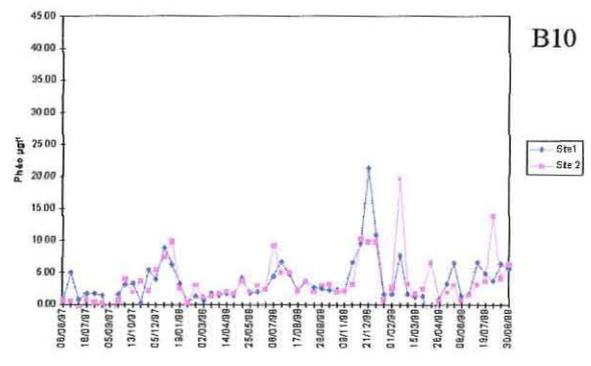
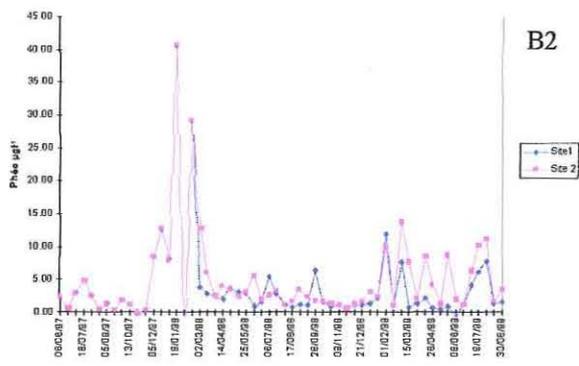


Fig 14: Distribution bimensuelle des phéopigments des cinq fossés échantillonnés. Les valeurs enregistrées au niveau des deux sites d'échantillonnage sont également reportées.

10- Analyses statistiques des paramètres physico- chimiques et hydrobiologiques

Afin de déterminer l'effet de la date, du site échantillonné et du fossé sur les paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques caractérisant la colonne d'eau, une analyse de variance a été élaborée (Tableau 1). Il apparaît qu'un effet "Date" affecte significativement les paramètres mesurés à l'exception des phéopigments. L'effet "Fossé" s'avère également significatif pour l'ensemble des descripteurs, excepté pour la chlorophylle et les phéopigments (Tableau 1). En effet, ces deux derniers paramètres fluctuent quasiment dans la même gamme de valeur et montrent des tendances assez similaires pour l'ensemble des fossés (Fig 12) et (Fig 13). La salinité, la chlorophylle et les phéopigments semblent affectés par l'effet "Site" alors que l'effet combiné "Date*Site" n'agit pas significativement sur l'ensemble des descripteurs. En revanche, l'effet combiné "Fossé*Site" s'avère significatif pour l'ensemble des descripteurs hormis l'oxygène, la chlorophylle et les phéopigments.

Tableau 1 : Analyse de variance des principaux descripteurs caractérisant la colonne d'eau. "Date" : date d'échantillonnage; "Fossé" : le fossé échantillonné "B2", "B10", "B15", "B21" et "B6"; "site" : site échantillonné "Site a" et "Site b". NS 'non significatif', * P<0.05, ** P<0.001, *** P<0.0001.

Descripteurs	Source de variabilité	Degré de liberté	Carré moyen	Test de Fisher	significativité du test
Oxygène	Date	57	56.97	11.62	***
	Fossé	4	18.71	3.81	**
	Site	1	0.92	0.18	NS
	Date* Site	57	3.83	0.78	NS
	Fossé*Site	4	13.17	2.68	NS
Température	Date	57	381.69	647.43	***
	Fossé	4	8.74	14.83	***
	Site	1	0.308	0.52	NS
	Date* Site	57	0.179	0.3	NS
	Fossé*Site	4	4.759	8.07	***
Salinité	Date	57	686.81	33.95	***
	Fossé	4	418.82	20.7	***
	Site	1	241.09	11.91	***
	Date* Site	57	13.79	0.68	NS
	Fossé*Site	4	106.413	5.26	***
pH	Date	57	0.466	9.17	***
	Fossé	4	0.53	10.63	***
	Site	1	2.28	45.06	***
	Date* Site	57	0.034	0.67	NS
	Fossé*Site	4	1.56	30.78	***
NH ₄	Date	57	18.98	1.68	**
	Fossé	4	77.03	6.83	***
	Site	1	49.44	4.38	NS
	Date* Site	57	6.43	5.61	NS
	Fossé*Site	4	63.33	0.57	***
NO ₂ NO ₃	Date	57	3554.34	3.67	***
	Fossé	4	16412.35	16.9	***
	Site	1	645.95	0.41	NS
	Date* Site	57	802.82	0.83	NS
	Fossé*Site	4	5137.54	5.31	***

Descripteurs	Source de variabilité	Degré de liberté	Carre moyen	Test de Fisher	significativité du test
urée	Date	57	11.59	505	***
	Fossé	4	11.59	50.6	***
	Site	1	10.3	4.49	NS
	Date* Site	57	1.7	0.74	NS
	Fossé*Site	4	13.6	5.93	***
Si	Date	57	3091.1	13.12	***
	Fossé	4	1084.7	4.6	***
	Site	1	1260	5.34	NS
	Date* Site	57	325.5	1.38	NS
	Fossé*Site	4	1142.2	4.84	***
Chl a	Date	57	556.28	2.42	***
	Fossé	4	380.55	1.68	NS
	Site	1	4818.31	8.04	**
	Date* Site	57	172.52	0.76	NS
	Fossé*Site	4	607.9	2.69	NS
Phe	Date	57	59.33	1.28	NS
	Fossé	4	52.18	1.13	NS
	Site	1	42.16	0.914	NS
	Date* Site	57	28.83	0.625	NS
	Fossé*Site	4	39.37	0.85	NS

Les principaux résultats concernant les descripteurs hydrobiologiques et physico-chimiques ont été analysés par la matrice de corrélation (Tableau 2). Des corrélations significatives apparaissent entre la température et les descripteurs oxygène, salinité, nitrate et nitrite, phosphates et la silice. Les nitrite et nitrate montrent des corrélations significatives avec la température, oxygène et salinité, mettant en évidence la contribution de l'eau d'alimentation sur les concentrations de ces deux éléments. La silice est fortement corrélée à la date, aux paramètres physico-chimiques tels que la température, le pH et l'oxygène, ceci pourrait être expliqué soit par un apport externe de la silice par l'eau d'alimentation soit par sa dissolution au sein de la colonne d'eau. La silice est également corrélée aux paramètres de production, à savoir la chlorophylle et les phéopigments mettant en évidence le rôle de ce paramètre dans le développement de l'efflorescence algale.

Un modèle récurrent de pic estivaux de phosphates a été observé pour l'ensemble des fossés. Une forte corrélation entre phosphates et température suggère une dissolution de cet élément en période estivale. Ce processus a été expliqué par la dissolution du complexe Fe-P sous des conditions réductrices, il a été déjà signalé dans des marais expérimentaux charentais (Crottereau, 1999).

Tableau 2 : Matrice de corrélation des descripteurs hydrobiologiques et physico-chimiques. NS indique une corrélation non significative, * P<0.05, ** P<0.001, *** P<0.0001.

	Fossé	Date	Site	T	O2	S%	pH	urée	NH4	NO2NO3	PO4	Si	Phe	Ch a
Fossé														
Date	NS													
Site	NS	NS												
T	NS	NS	NS											
O2	NS	NS	NS	***										
S%	NS	*	NS	***	***									
pH	NS	NS	***	***	***	***								
urée	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS							
NH4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***	***						
NO2NO3	NS	NS	NS	***	***	***	NS	NS	NS					
PO4	NS	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS				
Si	NS	***	NS	***	***	NS	***	NS	NS	NS	***			
Phe	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***		
Ch a	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***	***	

II-Structure taxonomique et abondance des communautés microplanctoniques

1- Les diatomées

Dans les fossés à poissons, 15 taxons ont été identifiés (Tableau 3) . Les diatomées réparties en 5 sous ordres, ont été toutes identifiées jusqu'au genre, seulement 6 espèces ont été reconnues.

B2 : Une large diversité de diatomées a été observée, 13 genres ont été identifiés (Fig 15). C'est au cours de la période hivernale (Février) que la plus grande diversité de genre a eu lieu. Les deux genres taxonomiques *Chaetoceros* et *Skeletonema constatum* représentent 84.39% de l'abondance des espèces cumulée durant les trois périodes d'échantillonnage. Dans ce fossé la ressource moyenne en carbone (moyenne sur les trois périodes d'échantillonnage) en provenance des diatomées s'élève à 40.2 $\mu\text{g C l}^{-1}$, ce qui représente uniquement 6.34% de la biomasse de carbone en provenance des diatomées, dinoflagellés et ciliés (Tableau 4).

B10 : Parmi les diatomées identifiées sur l'ensemble des fossés, 7 genres taxonomiques ont été identifiés dans ce fossé. Le mois de mai marque la plus grande diversité de genres observés (Fig 15). Les genres *Cylindrotheca* (33.83%), *Gyrosigma/pleurosigma* (22.53%) et *Skeletonema* (16.58%) prédominent durant les trois périodes d'échantillonnage. La biomasse de diatomées (29,38 $\mu\text{g C l}^{-1}$) représente une très faible proportion ~ 0.6% de la biomasse cumulée des diatomées, dinoflagellés et ciliés (Tableau 5).

B15 : On a identifié 9 genres taxonomiques. La plus large diversité de genre est observée au mois de février (Fig 15). Les genres *Chaetoceros* (54.92%), *Cylindrotheca* (12.36%) et *Skeletonema* (11.06%) sont les mieux représentés (Tableau 6). La biomasse de diatomées avec 30.88 $\mu\text{g C l}^{-1}$ représente 13.17 % de la biomasse cumulée des diatomées, dinoflagellés et ciliés (Tableau 6).

B21 : Les genres taxonomiques identifiés sont au nombre de 11. La plus large diversité de genre a été notée courant l'échantillonnage de février et août. Les genres *Cylindrotheca* (62.12%) et *Skeletonema* (9.51%) sont les mieux représentés (Tableau 7). La biomasse de diatomées, soit

B6 : Faute d'une mise à sec du fossé au mois de février, l'échantillonnage a été uniquement mené durant les mois de mai et août. Les genres observés sont au nombre de 9 avec la prédominance des genres *Cylindrotheca* (69.37%) et *Chaetoceros* (26.64%). La biomasse moyenne des diatomées avoisine $13.37 \mu\text{g C l}^{-1}$ représentant uniquement 2.53 % de la biomasse cumulée des diatomées, dinoflagellés et ciliés (Tableau 8).

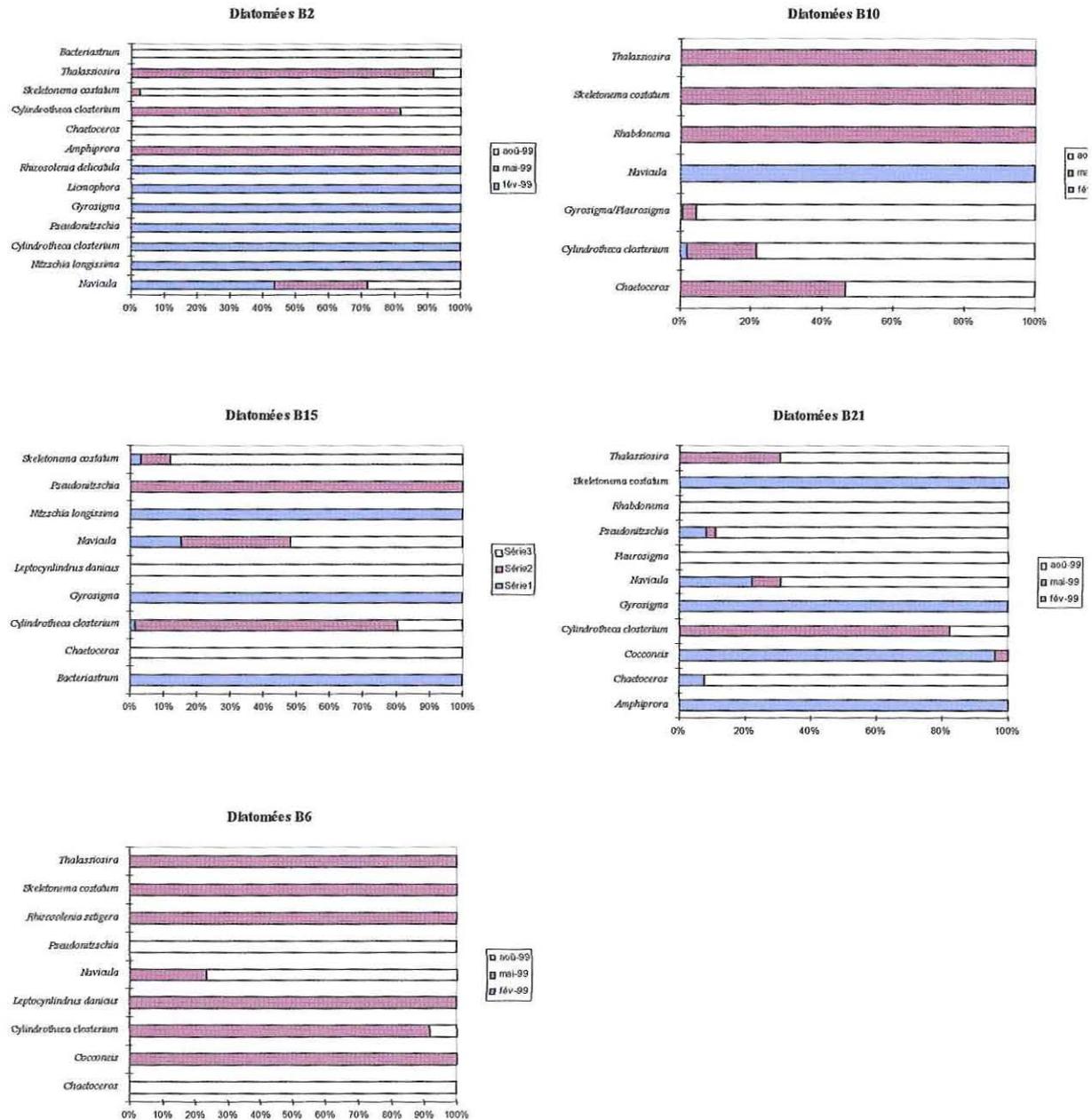


Fig 15 : Répartition des pourcentages de différents genres de diatomées identifiées dans les cinq fossés échantillonnés.

Tableau 3 : Composition taxonomique des diatomées identifiées dans les fossés à poisson durant l'année 1999 (février, mai et août).

Ordre	Sous ordre	Famille	Genre	Espèce	
Centrales	Coscinodiscineae	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira</i>	sp.	
			<i>Skeletonema</i>	<i>costatum</i>	
	Rhizosoleniineae	Rhizosoleniaceae	<i>Rhizosolenia</i>	<i>delicatula</i>	
			<i>Rhizosolenia</i>	<i>setigera</i>	
		Leptocylindraceae	<i>Leptocylindrus</i>	<i>danicus</i>	
	Biddulphiineae	Chaetoceraceae	<i>Chaetoceros</i>	sp.	
	Pennales	Fragilariineae	Fragilariaceae	<i>Licmophora</i>	sp.
		Naviculiineae	Naviculaceae	<i>Gyrosigma/Pleurosigma</i>	sp.
<i>ma</i>					
Nitzschiaceae			<i>Cylindrotheca</i>	<i>closterium</i>	
			<i>Navicula</i>	sp.	
<i>Navicula</i>	<i>longissima</i>				
<i>Pseudonitzschia</i>	sp.				

Tableau 4 : Evaluation des teneurs en carbone des principaux genres taxonomiques de plancton identifiés dans le fossé B2.

	Abondance moyenne Cellule l ⁻¹	% Présence	Contenu en carbone par cellule Pg C cellule ⁻¹	Biomasse µg C l ⁻¹
Flagellés				
Flagellés autotrophes	11929012	8.5		
Flagellés hétérotrophes	127794598	91.5		
<i>Eutreptiella</i>	299709	100.0		
Ciliés				
<i>Strombidium</i>	3762	41.9	4230.0	15.9
<i>Mesodinium</i>	5225	58.1	973.0	5.1
Total biomasse				21.0
Diatomés				
<i>Amphiprora</i>	323	0.14		
<i>Bacteriastrum</i>	1300	0.55		
<i>Chaetoceros</i>	100667	42.28	244.00	24.6
<i>Cylindrotheca closterium</i>	24833	10.43	21.00	0.5
<i>Gyrosigma</i>	133	0.06	2727.00	0.4
<i>Licmophora</i>	67	0.03		
<i>Navicula</i>	2297	0.96	960.00	2.2
<i>Nitzschia longissima</i>	267	0.11	1134.00	0.3
<i>Pseudonitzschia</i>	133	0.06	1134.00	0.2
<i>Rhizosolenia delicatula</i>	67	0.03	1286.00	0.1
<i>Skeletonema costatum</i>	100267	42.11	70.00	7.0
<i>Thalassiosira</i>	7750	3.25	639.00	5.0
Total biomasse				40.2
Dinoflagellés				
<i>Alexandrium</i>	2267	1.33		0.00
<i>Amphidinium</i>	49950	29.26	225.00	11.24
<i>Dinoflagellé cuirassé</i>	12900	7.56	2086.00	26.29
<i>Glenodinium foliaceum</i>	16667	9.76		0.00
<i>Gymnodinien</i>	67	0.04		0.00
<i>Gymnodinium</i>	3867	2.27	174.00	0.67
<i>Gymnodinium splendens</i>	52023	30.48	9458.00	492.04
<i>Heterocapsa triquetra</i>	457	0.27		0.00
<i>Prorocentrum micans</i>	19217	11.26	1905.00	36.61
<i>Prorocentrum triestinum</i>	1300	0.76	1905.00	2.48
<i>Protogonyaulax</i>	11333	6.64		0.00
<i>Protoperdinium</i>	323	0.19	900.00	0.29
<i>Protoperdinium quiniquicorne</i>	323	0.19	900.00	0.29
Total biomasse				569.91
Total biomasse (dinoflagellés+diatomées+ciliés)				631.09

Tableau 5 : Evaluation des teneurs en carbone des principaux genres taxonomiques de plancton identifiés dans le fossé B10.

	Abandance moyenne cellule ⁻¹	% Présence	Contenu en carbone par cellule Pg C cellule ⁻¹	Biomasse µg C l ⁻¹
Flagellés				
Flagellés autotrophes	6440443.01	11.09		
Flagellés hétérotrophes	51646915.4	88.91		
<i>Eutreptiella</i>	207558.66	100		
Ciliés				
Autres	304	2.27		0.00
<i>Lohmaniella</i>	152	1.14	5676.00	0.86
<i>Mesodinium</i>	1102	8.24	973.00	1.07
<i>Mesodinium rubrum</i>	4902	36.65	1584.00	7.76
<i>Strombidium</i>	6156	46.02	4230.00	26.04
<i>Tintinnopsis</i>	760	5.68	10924.33	8.30
Total biomasse				44.04
Diatomées				
Chaetoceros	4866.7	12.47	244.00	1.19
Cylindrotheca closterium	13200.0	33.83	21.00	0.28
Gyrosigma/Pleurosigma	7490.0	19.20	2727.00	20.43
Navicula	200.0	0.51	960.00	0.19
pleurosigma	1300.0	3.33	2727.00	3.55
Rhabdonema	323.3	0.83		0.00
Skeletonema costatum	6466.7	16.58	70.00	0.45
Thalassiosira	5166.7	13.24	639.00	3.30
Total biomasse				29.38
Dinoflagellés				
<i>Prorocentrum micans</i>	6233.3	0.92	1905.00	11.87
<i>Dinoflagellé cuirassé</i>	7233	1.07	2086.00	14.81
<i>Alexandrium</i>	68533.3	10.14		0.00
<i>Amphidinium</i>	24550.0	3.63	225.00	5.52
<i>Gymnodinium</i>	46856.7	6.93	174.00	8.15
<i>Gymnodinium splendens</i>	505666.7	74.81	9458.00	4782.60
<i>Prorocentrum lima</i>	8400.0	1.24	1905.00	16.00
<i>Protogonyaulax</i>	1300.0	0.19		0.00
<i>Protoperidinium</i>	650.0	0.10	900.00	0.59
<i>Protoperidinium pyriforme</i>	2600.0	0.38	900.00	2.34
<i>Protoperidinium quiniquicorne</i>	3866.7	0.57	900.00	3.48
Total biomasse				4845.36
Total Biomasse (dinoflagellés+diatomées+ciliés)				4918.79

Tableau 6 : Evaluation des teneurs en carbone des principaux genres taxonomiques de plancton identifiés dans le fossé B15.

	Abandance moyenne Cellule l ⁻¹	% Présence	Contenu en carbone par cellule Pg C cellule ⁻¹	Biomasse µg C l ⁻¹
Flagellés				
Flagellés autotrophes	12392032.6	8.84		
Flagellés hétérotrophes	127753401	91.16		
Eutreptiella	9071.33333	100		
Ciliés				
<i>Strombidium</i>	1672	14.17	4230	7.07
<i>Mesodinium</i>	9177	77.78	973	8.92
<i>Mesodinium rubrum</i>	304	2.58	1584	0.48
<i>Lohmaniella</i>	475	4.03	5676	2.69
<i>Stenosemella</i>	171	1.45		0
Total biomasse				19.2
Diatomés				
<i>Bacteriastrum</i>	66.67	0.05		0
<i>Chaetoceros</i>	73000.00	54.92	244	17.81
<i>Cylindrotheca closterium</i>	16433.33	12.36	21	0.34
<i>Gyrosigma</i>	1066.67	0.80	2727	2.90
<i>Leptocylindrus danicus</i>	1300.00	0.98	167	0.21
<i>Navicula</i>	8766.67	6.60	960	8.41
<i>Nitzschia longissima</i>	133.33	0.10	1134	0.15
<i>Pseudonitzschia</i>	966.67	0.73		0
<i>Skeletonema costatum</i>	14700.00	11.06	70	1.029
Total biomasse				30.88
Dinoflagellés				
<i>Alexandrium</i>	16483.3	13.20		0
<i>Amphidinium</i>	6156.7	4.93	225	1.38
<i>Dinoflagellé cuirassé</i>	7900.0	6.33	2086.00	16.47
<i>Glenodinium foliaceum</i>	200.0	0.16		0
<i>Gymnodinium sp</i>	3233.3	2.59	1299	4.20
<i>Prorocentrum micans</i>	85190.0	68.23	1905	162.28
<i>Protogonyaulax</i>	5166.7	4.14		0
Total biomasse				184.35
Total Biomasse (dinoflagellés+diatomées+ciliés)				234.41

Tableau 7 : Evaluation des teneurs en carbone des principaux genres taxonomiques de plancton identifiés dans le fossé B21.

	Abondance moyenne Cellule l ⁻¹	% Présence	Contenu en carbone par cellule Pg C cellule ⁻¹	Biomasse µg C l ⁻¹
Flagellés				
Flagellés autotrophes	23037244.8	10.69		
Flagellés hétérotrophes	192428015.4	89.31		
Eutreptiella	335371.3	100		
Ciliés				
Strombidium	8018.0	27.16	4230	33.91
Mesodinium	18620.0	63.06	973	18.11
Mesodinium rubrum	684.0	2.32	1584	1.08
Lohmaniella	950.0	3.22	5676	5.39
Stenosemella	38.0	0.13	2703	0.10
Tintinnopsis	1064.0	3.60	10924.33	11.62
Autres	152.0	0.51		0
Total biomasse				70.24
Diatomés				
Amphiprora	333.33	0.13		0
Chaetoceros	16533.33	6.46	244	4.03
Cocconeis	7823.33	3.06		0
Cylindrotheca closterium	158866.67	62.12	21	3.33
Gyrosigma	2600.00	1.02	2727	7.09
Navicula	7366.67	2.88	960	7.07
pleurosigma	2533.33	0.99	2727	6.90
Pseudonitzschia	22916.67	8.96	1134	25.98
Rhabdonema	5083.33	1.99		0
Skeletonema costatum	24333.33	9.51	70	1.70
Thalassiosira	7350.00	2.87	639	4.69
Total biomasse				60.82
Dinoflagellés				
Alexandrium	8400.00	1.75		0
Amphidinium	1300.00	0.27	225	0.29
Dinoflagellé cuirassé	85333.33	17.74	2086	178.01
Glenodinium foliaceum	1000.00	0.21		0
Gymnodinium	2600.00	0.54	174	0.45
Prorocentrum lima	5733.33	1.19	1905	10.92
Prorocentrum micans	221433.33	46.03	1905	421.83
Prorocentrum minimum	68533.33	14.25	1905	130.55
Protogonyaulax	81333.33	16.91		0
Protoperidinium quiniquorne	5083.33	1.06	900	4.575
Total biomasse				746.63
Total biomasse (dinoflagellés+diatomées+ciliés)				877.69

Tableau 8 : Evaluation des teneurs en carbone des principaux genres taxonomiques de plancton identifiés dans le fossé B6.

	Abandance moyenne Cellule l ⁻¹	% Présence	Contenu en carbone par cellule Pg C cellule ⁻¹	Biomasse µg C l ⁻¹
Flagellés				
Flagellés autotrophes	14682375	8.94		
Flagellés hétérotrophes	149439375	91.05		
Eutreptiella	1481500	100		
Ciliés				
<i>Strombidium</i>	10032	51.76	4230	42.43
<i>Mesodinium</i>	4788	24.71	973	4.65
<i>Tintinnopsis</i>	3420	17.65	10924.33	37.36
Autres	1140	5.88		0
Total biomasse				84.46
Diatomés				
<i>Chaetoceros</i>	35000	26.64	244	8.54
<i>Cocconeis</i>	400	0.30		0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	91150	69.37	21	1.91
<i>Leptocylindrus danicus</i>	1200	0.91	167	0.20
<i>Navicula</i>	1275	0.97	960	1.22
<i>Pseudonitzschia</i>	970	0.74	1134	1.09
<i>Rhizosolenia setigera</i>	100	0.08	1286	0.12
<i>Skeletonema costatum</i>	1001	0.76	70	0.07
<i>Thalassiosira</i>	300	0.23	639	0.19
Total biomasse				13.37
Dinoflagellés				
<i>Amphidinium</i>	1750	0.84	225	0.39
Dinoflagellé cuirassé	184700	89.13	2086	385.28
<i>Gymnodinium</i>	1550	0.75	174	0.26
<i>Gymnodinium splendens</i>	3400	1.64	9458	32.15
<i>Prorocentrum micans</i>	3085	1.49	1905	5.87
<i>Prorocentrum minimum</i>	1800	0.87	1905	3.42
<i>Prorocentrum triestinum</i>	300	0.14	1905	0.57
<i>Protogonyaulax</i>	7250	3.50		0
Protoperidinium	3400	1.64	900	3.06
Total biomasse				431.04
Total biomasse (dinoflagellés+diatomées+ciliés)				528.87

2- Les dinoflagellés

Dans les fossés à poissons, 14 taxons ont été identifiés (Tableau 9). Les dinoflagellés répartis en 3 ordres, ont été pour la plupart identifiés jusqu'aux genres. Quelques taxons restent toutefois indéterminés, qu'on appellera dinoflagellés cuirassés. Seulement 7 espèces ont été reconnues.

B2 : Une large diversité de dinoflagellés a été observée, 9 genres ont été identifiés (Fig 16). C'est au cours de la période printanière (mai) que la plus grande diversité de dinoflagellés a été notée. Les deux genres taxonomiques *Gymnodinium splendens* et *Amphidium* représentent 59.74% de l'abondance des espèces cumulée durant les trois périodes d'échantillonnage. Dans ce fossé la ressource moyenne en carbone (moyenne sur les trois périodes d'échantillonnage) en provenance des dinoflagellés s'élève à $569.9 \mu\text{g C l}^{-1}$, ce qui représente 90.3 % de la biomasse de carbone en provenance des diatomées, dinoflagellés et ciliés (Tableau 4).

B10 : Parmi les dinoflagellés identifiés sur l'ensemble des fossés, 6 genres taxonomiques ont été identifiés dans ce fossé. Le mois d'août marque la plus grande diversité de genres observés (Fig 16). Les genres *Gymnodinium splendens* (74.81%) et *Alexandrium* (10.14%) sont les mieux représentés. La biomasse de dinoflagellés ($4845.34 \mu\text{g C l}^{-1}$) représente une très forte proportion 98.5% de la biomasse cumulée des diatomées, dinoflagellés et ciliés (Tableau 5).

B15 : On a identifié 7 genres taxonomiques. La plus large diversité de genre est observée au mois d'août (Fig 16). Les genres *Prorocentrum micans* (68.23%) et *Alexandrium* (13.2%) sont les mieux représentés (Tableau 6). La biomasse de dinoflagellés avec $184.35 \mu\text{g C l}^{-1}$ représente 78.64 % de la biomasse cumulée des diatomées, dinoflagellés et ciliés (Tableau 6).

B21 : Les genres taxonomiques identifiés sont au nombre de 8. La plus large diversité de genre a été notée durant l'échantillonnage de mai et août. Les genres *Prorocentrum micans* (46.03 %), *Protogonyaulax* (16.91 %) et *Prorocentrum minimum* (14.25%) sont les mieux représentés (Tableau 7). La biomasse de dinoflagellés, soit $746.63 \mu\text{g C l}^{-1}$, représente 85.07 % de la biomasse cumulée des diatomées, dinoflagellés et ciliés (Tableau 7).

B6 : De même que pour les diatomées, l'échantillonnage a été uniquement mené durant les mois de mai et août. Les genres observés sont au nombre de 5 avec une prédominance de genre non identifié qu'on a qualifié de dinoflagellés cuirassés (89.13%). La biomasse de dinoflagellés avec $431.04 \mu\text{g C l}^{-1}$ représente 71.85 % de la biomasse cumulée des diatomées, dinoflagellés et ciliés (Tableau 8).

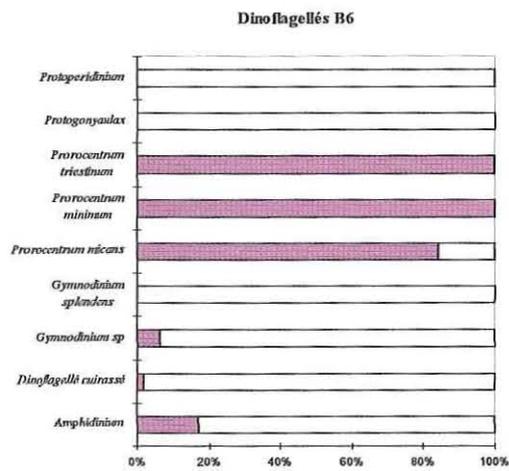
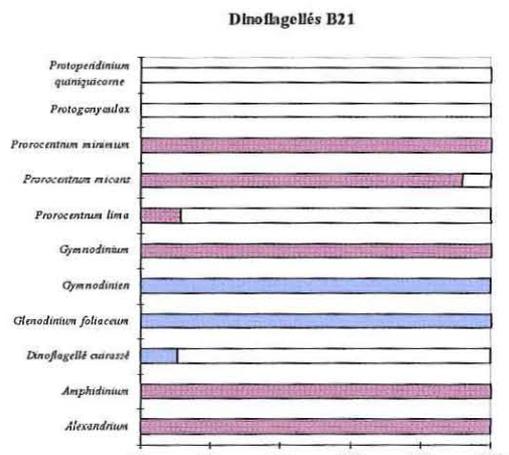
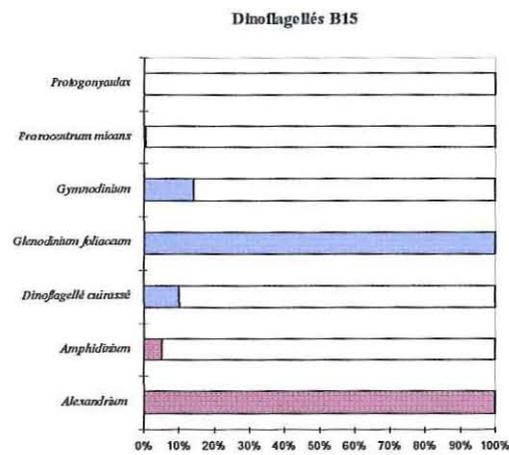
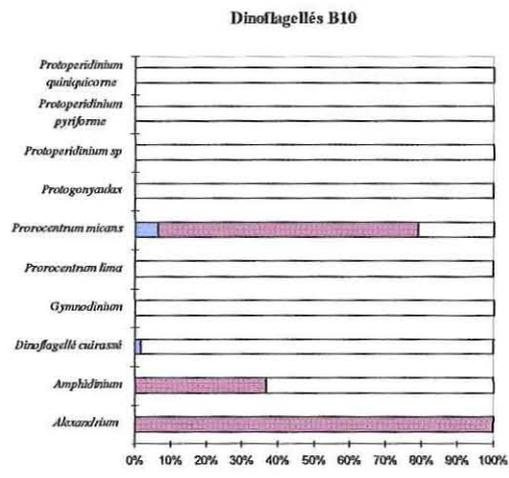
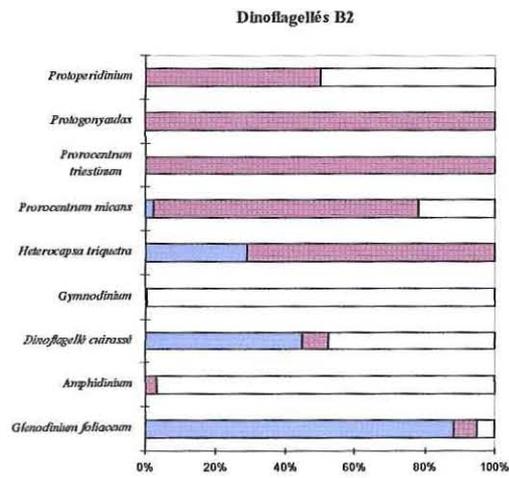


Fig 16 : Répartition des pourcentages de différents genres de dinoflagellés identifiés dans les cinq fossés échantillonnés.

Tableau 9 : Composition taxonomique de dinoflagellés identifiés dans les fossés à poisson durant l'année 1999 (février, mai et août).

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Peridinales	Peridininaeaceae	non identifié	
		<i>Glenodinium</i>	<i>foliaceum</i>
		<i>Protoperidinium</i>	<i>pyriforme</i>
		<i>Protoperidinium</i>	<i>quiniquicorne</i>
		<i>Protoperidinium</i>	sp.
	Goniodomataceae		
		<i>Alexandrium</i>	sp.
	Gonyaulacaceae		
		<i>Protogonyaulax</i>	sp.
	Pyrophacaceae		
	<i>Heterocapsa</i>	sp.	
Gymnodinales	Gymnodiniaceae	<i>Gymnodinium</i>	<i>splendens</i>
		<i>Gymnodinium</i>	sp.
		<i>Amphidinium</i>	
Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum</i>	<i>lima</i>
		<i>Prorocentrum</i>	<i>micans</i>
		<i>Prorocentrum</i>	<i>minimum</i>

3- Les ciliés

L'identification des ciliés a été effectuée aux mois de février et mai. Durant ces deux périodes, 6 taxons ont été identifiés (Tableau 10). Les ciliés répartis en 3 ordres, ont été pour la plupart identifiés jusqu'aux genres. Quelques taxons restent toutefois indéterminés, qu'on appellera 'Autres'. Seulement 1 espèce a été reconnue.

B2 : Deux genres ont été identifiés (Fig 17) répartis entre *Strombidium* (41.9%) et *Mesodinium* (58.1%). Dans ce fossé la ressource moyenne en carbone (sur les deux périodes d'échantillonnage) en provenance des ciliés est de l'ordre de 21 $\mu\text{g C l}^{-1}$, ce qui représente uniquement 3.32 % de la biomasse de carbone en provenance des ciliés, dinoflagellés et ciliés (Tableau 4).

B10 : Parmi les ciliés identifiés sur l'ensemble des fossés, 4 genres taxonomiques ont été identifiés dans ce fossé. Le mois de mai marque la plus grande diversité de genres observés (Fig 17). Les genres *Strombidium* (46.02%) et *Mesodinium rubrum* (36.65%) sont prédominants. La biomasse de ciliés (44.04 $\mu\text{g C l}^{-1}$) représente une très faible proportion ~ 0.9 % de la biomasse cumulée de ciliés, dinoflagellés et ciliés (Tableau 5).

B15 : On a identifié 4 genres taxonomiques. La plus large diversité de genre est observée au mois de février (Fig 17). Les genres *Mesodinium* (77.78 %) et *Strombidium* (14.17 %) sont les

mieux représentés (Tableau 8). La biomasse de ciliés avec $19.2 \mu\text{g C l}^{-1}$ représente 8.18 % de la biomasse cumulée des ciliés, dinoflagellés et ciliés (Tableau 6).

B21 : Les genres taxonomiques identifiés sont au nombre de 5. Les genres *Mesodinium* (63.06%) et *Strombidium* (27.16 %) sont les mieux représentés (Tableau 7). La biomasse de ciliés, soit $70.24 \mu\text{g C l}^{-1}$, représente 8 % de la biomasse cumulée des ciliés, dinoflagellés et ciliés (Tableau 7).

B6 : Le détail de l'identification des ciliés est uniquement disponible durant le mois de mai. Les genres observés sont au nombre de 3 avec la prédominance des genres *Strombidium* (51.76 %) et *Mesodinium* (24.71 %). La biomasse moyenne des ciliés avoisine $84.46 \mu\text{g C l}^{-1}$, elle représente 15.97 % de la biomasse cumulée des ciliés, dinoflagellés et ciliés (Tableau 8).

Tableau 10 : Composition taxonomique de ciliés identifiés dans les fossés à poisson durant l'année 1999 (février, mai et août).

Sous classe	Ordre	Sous ordre	Famille	Genre	Espèce	
Chloretotrichia	Chloretotrichida	Tintinnina	Codonellideae	<i>Tintinnopsis</i>	sp.	
			Codonellopsidae	<i>Stenosemella</i>	sp.	
			Oligotrichida	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	sp.
				<i>Lohmaniella</i>	sp.	
	Haptorida			Mesodiniidae	<i>Mesodinium</i>	sp.
					<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>

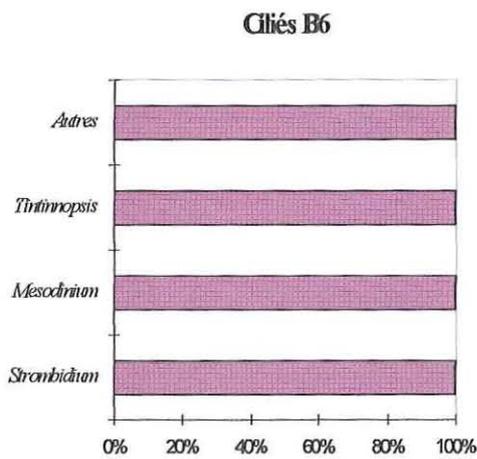
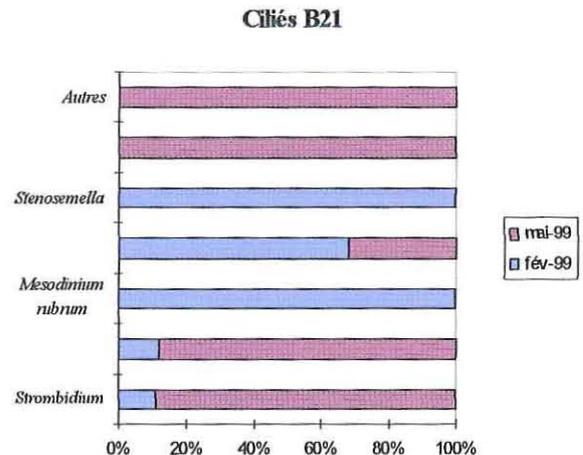
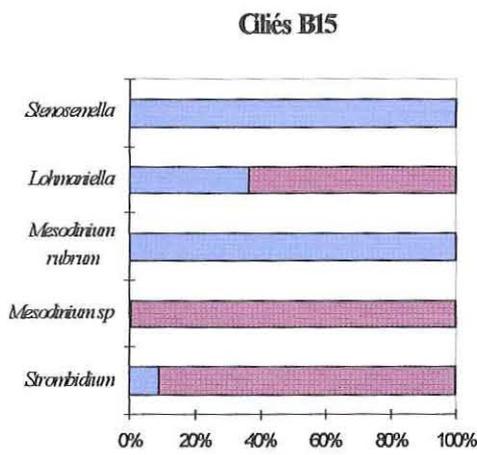
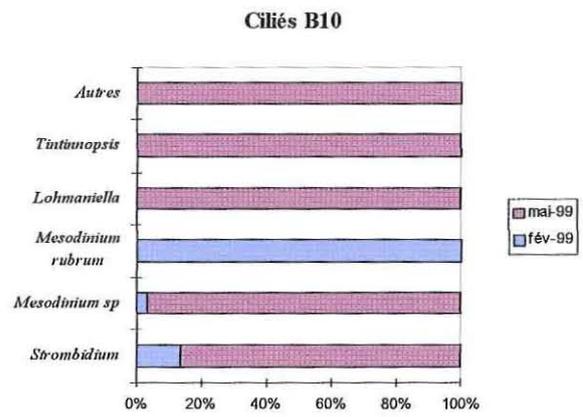
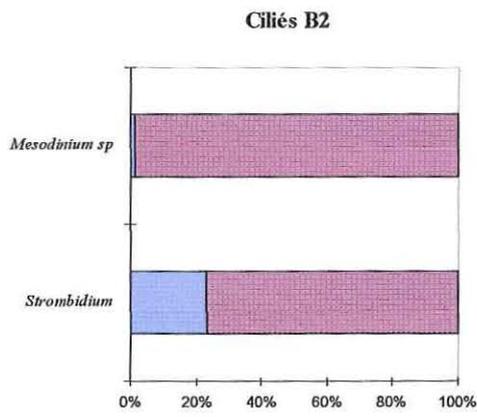


Fig 17 : Répartition des pourcentages de différents genres de ciliés identifiés dans les cinq fossés échantillonnés.

4- Les flagellés

Le protocole de comptage exclut la possibilité de détermination taxonomique, en raison de la présence d'un filtre noir en polycarbonate. Une distinction entre les flagellés autotrophes et hétérotrophes est toutefois possible grâce à la fluorescence de pigment photosynthétique chez les flagellés autotrophes. Le taux d'hétérotrophie (flagellés hétérotrophes/ flagellés hétérotrophes + flagellés autotrophes) est un indicateur de la présence de matière organique. Il a été de ce fait calculé afin de déterminer l'état du confinement du chaque fossé.

B2 : L'abondance des flagellés a montré une nette croissance de février à août où elle a avoisiné $220 \cdot 10^6$ cellule l^{-1} (Fig 18). Le taux d'hétérotrophie a été de 81.71% en février pour atteindre 100% en août.

B10 : L'abondance maximale a été enregistré en mai ($110 \cdot 10^6$ cellule l^{-1}) (Fig 18). Le taux d'hétérotrophie a fluctué entre 84.16% jusqu'à 93% en février.

B15: Le maximum d'abondance a été enregistré en mai ($335 \cdot 10^6$ cellule l^{-1}) (Fig 18). Le taux d'hétérotrophie a montré une augmentation de février (70.55%) à août, où il a atteint 97.2%.

B21: Une nette augmentation de l'abondance a été enregistré entre février et août (Fig 18). Le taux d'hétérotrophie a atteint son maximum en mai avec 98.49%.

B6: Au mois de mai l'abondance des flagellés a avoisiné les $200 \cdot 10^6$ cellule l^{-1} (Fig 18). Le taux d'hétérotrophie a été de 92.08% en mai et a atteint 88.81% en août.

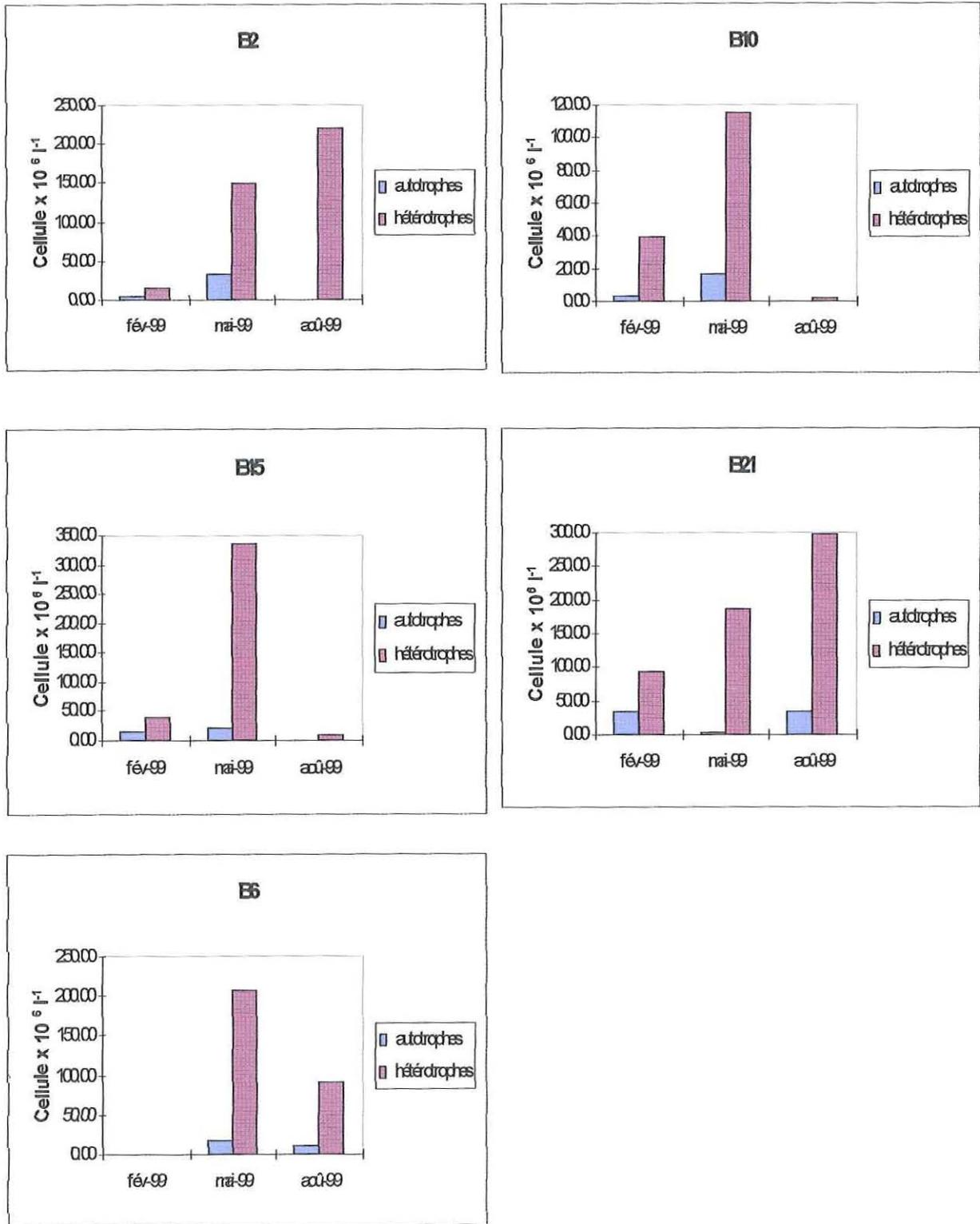


Fig 18 : Abondance des flagellés autotrophes et hétérotrophes durant les trois périodes d'échantillonnage.

III-Structure taxonomique et abondance des communautés de macrophytes et de halophytes.

1-Les macrophytes

1.1-Liste descriptive

Ci-dessous seront listées les macroalgues et les phanérogames marines identifiés au cours des différents relevés de l'année 1998-1999.

- *Chondria dasyphylla*

(F.Rhodomélacées, O. Céramiales, C. RHODOPHYCEES)

Espèce annuelle formant des touffes rouge foncé de 10-20 cm de haut, formée d'un ou deux axes cylindriques, tronqués à leurs sommet, devenant brunâtres. L'ensemble a souvent une forme pyramidale.

Habitat: espèce photophile, infralittorale, de mode calme, elle s'installe souvent dans les flaques des faciès sablo-vaseux.

-*Chaetomorpha linum*

(F. Cladophoracee, O. Siphonocladales, C. CHLOROPHYCEES)

Espèce marine ou d'eau saumâtre, 3 ou 4 espèces croissent en eau douce. Le thalle est formé par des cellules unisériées, non ramifiées, fixes à leur base par des cellules spécialisées rhizoïdales à membrane très épaisse.

Habitat: fréquente dans les lagunes méditerranéennes, sur les côtes atlantiques, dans les marais salants et les claires à huîtres, présente dans les milieu saumâtre, profondeur moyenne de l'eau 10-30 cm, elle a une couvre spatiale qui atteint jusqu'à 90%, souvent associée a *Ulva lactuca* et *Enteromorpha intestinalis*.

- *Enteromorpha sp*

(F.Ulvacees, O. Ulvales, C. CHLOROPHYCEES)

Espèces annuelles d'aspect intestiniforme formées de tubes de plus en plus ramifiés, aplatis, parfois rubanés. L'identification spécifique nécessite une observation au microscope.

Habitat: algue contribuant aux marées vertes, avec un pic au printemps-été. Elle supporte bien les dessalures.

- *Ulva sp*

(F.Ulvacees, O. Ulvales, C. CHLOROPHYCEES)

Algue annuelle à thalle foliacé vert brillant, à consistance plutôt ferme et fixe au substrat par un petit disque. La systématique de l'espèce est très complexe.

Habitat: algue libre ou fixe dont les proliférations estivales participent aux marées vertes. Elle occupe l'estran depuis l'étage mediolittoral inférieur à l'étage midiolittoral supérieur, elle tolère une gamme très étendue de salinité: de 45‰ à 4‰.

Ruppia cirrhosa

Plante aquatique à feuilles filiformes de couleur brunâtre. Le pédoncule fructifère est spiralé.

Habitat: Très fréquentes dans les étiers et salines ainsi que dans les marais saumatres.

1.2-Répartiton géographique

B2 : Les macrophytes présentent une répartition qui dépend aussi bien de la hauteur d'eau dans le fossé que des saisons (Fig 19). Ainsi pour le B2 la présence de l'algue *Chondria dasyphylla* est notée principalement en période automnale et hivernale, elle reste inféodée aux fortes hauteurs d'eau (> 80cm). Les associations *Chaetomorphe*, *Enteromorphe* et *Ruppia* sont plus fréquentes dans les faibles hauteurs d'eau (< 80cm). En revanche l'*Ulve* présente une plus large distribution du fait qu'elle peut facilement se détacher et se mouvoir librement dans le fossé.

B10 : La répartition des macroalgues se stabilise essentiellement dans les zones éloignées de la prise hydraulique, avec essentiellement le groupement *Ruppia cirrhosa*, *Chaetomorpha linum* et *Enteromorpha* sp (Fig 20). Ce groupement a été déjà décrit par (Baudet *et al.*, 1987) et qualifié de *Chaetomorpha-Ruppium*. Cette association résiste aux conditions hivernales et reste généralement inféodée aux modes calmes et à des faibles profondeurs d'eau.

B15 : C'est seulement les faibles hauteurs d'eau qui sont colonisées par les peuplements algales (Fig 21). Le groupement *Chaetomorpha-Ruppium* a été particulièrement observé.

B21 : Un étagement a été observé au sein de la répartition des macrophytes (Fig 22). Tout d'abord, l'association *Ruppia*, *Chaetomorpha* et *Enteromorpha*, se disperse à l'opposé de la prise hydraulique, zones se caractérisant par un régime d'écoulement calme et des hauteurs d'eau variables entre 30 et 60 cm. Cette association est suivie d'une deuxième, moins importante, constituée de *Chaetomorpha* et *Enteromorpha*. Finalement et pour les faibles profondeurs d'eau on a noté la présence temporaire d'Ulve.

B6 : La répartition des macroalgues et de la phanérogame *Ruppia* présente une distribution qui dépend aussi bien de la hauteur d'eau que des saisons (Fig 23). C'est ainsi que *Ruppia* se distingue plus au niveau des faibles hauteurs d'eau (<30cm) et dans les zones les plus abritées du fossé (à l'opposé de la prise hydraulique). Toutefois, des associations de *Ruppia*, *Chaetomorpha* et *Enteromorpha* se distinguent dans des hauteurs d'eau plus importantes (~ 60 cm).

En automne la couverture végétale reste inféodée aux faibles hauteurs d'eau, alors qu'elle s'étend plus en été (relevé du 090798). Durant cette saison on a particulièrement noté la dissociation de la *Ruppia* qui, à elle seule arrive à coloniser les faibles profondeurs.

2-Les halophytes

2.1-Liste descriptive

Salicornia sp - Salicorne

(F. Chenopodiacees)

Plante annuelle herbacée vert foncé, à tiges ramifiés, cylindriques et articulés portant des rameaux opposés en forme de massures. Elles sont entièrement recouvertes d'écailles charnues opposées. Leur détermination exacte basée sur la fructification est complexe.

Habitat: Peuplent les vases salées et les bords des marais salés, L'espèce *ramosissima* se trouve en marge des fossés d'évaporation et développe en fin d'été et surtout en automne de spectaculaires peuplements pourpres. Enfin il existe des salicornes vivaces ligneuses à tiges dressées qui forment des buissons dispersés, il s'agit de *S.fruticosa*, seule espèce sous-arbustives à ce niveau.

-Halimione portulacoides -Obione

(F. Chenopodiacees)

Sous- arbrisseau blanchâtre argente de 20-50 cm, à tiges ramifiées et ligneuses à la base, couchées formant des touffes compactes. Fleurs jaunâtres de juillet à septembre.

Habitat: peuplement dense dominant les vases salées, préfèrent les plateaux sablo-limoneux bien drainés en bordure des marigots. C'est une espèce qui se repère par les bourrelets gris argentés qu'elles forment en bordures des fossés.

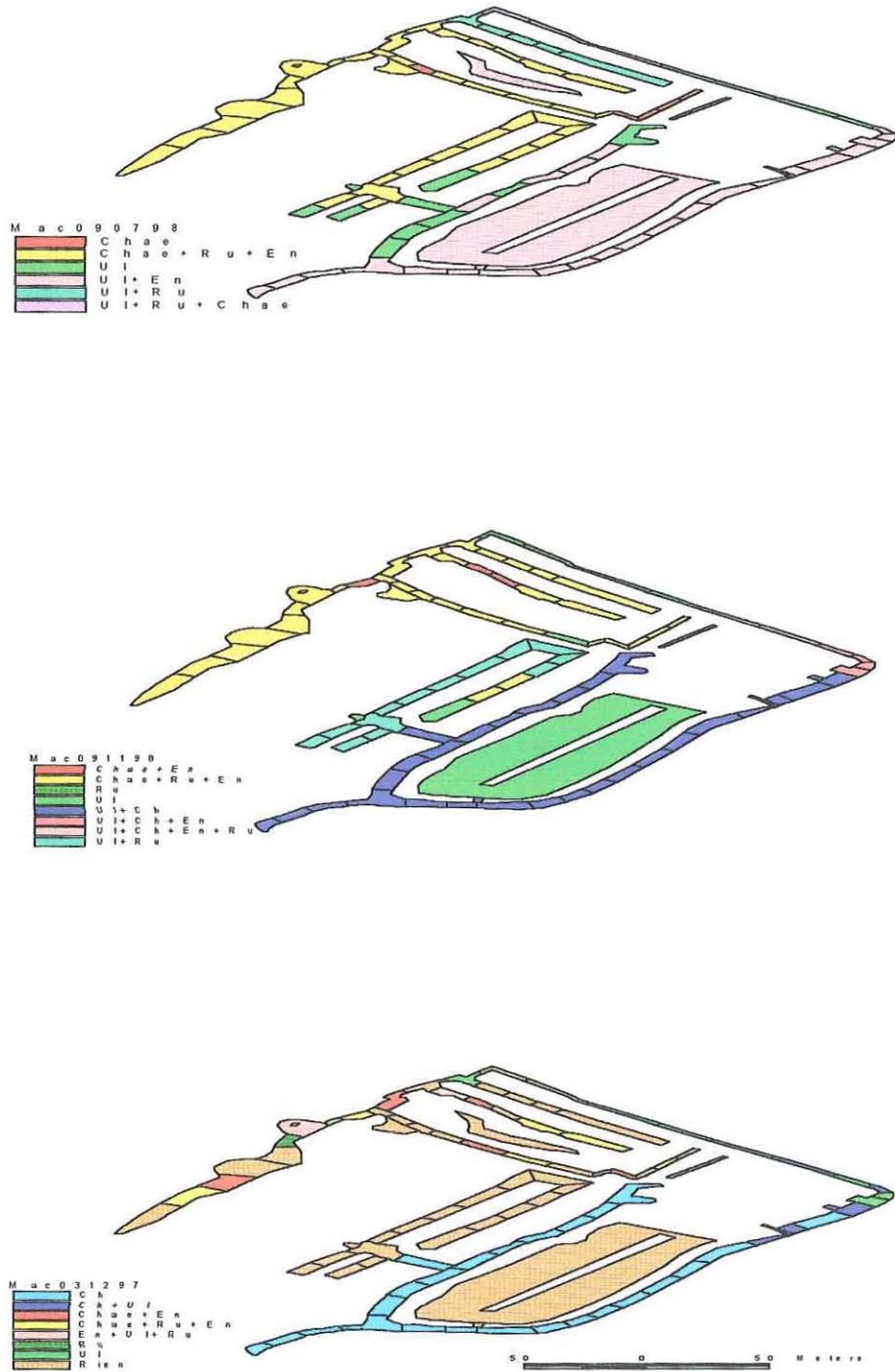


Fig 19 : Répartition géographique des principaux groupements de macorphytes et phanérogame relevés dans le fossé B2. Les abréviations suivantes sont utilisées : Ul Ulve, Ru Rupia, En Enteromorphe, Chea Chaetomorphe et Ch Chondria.

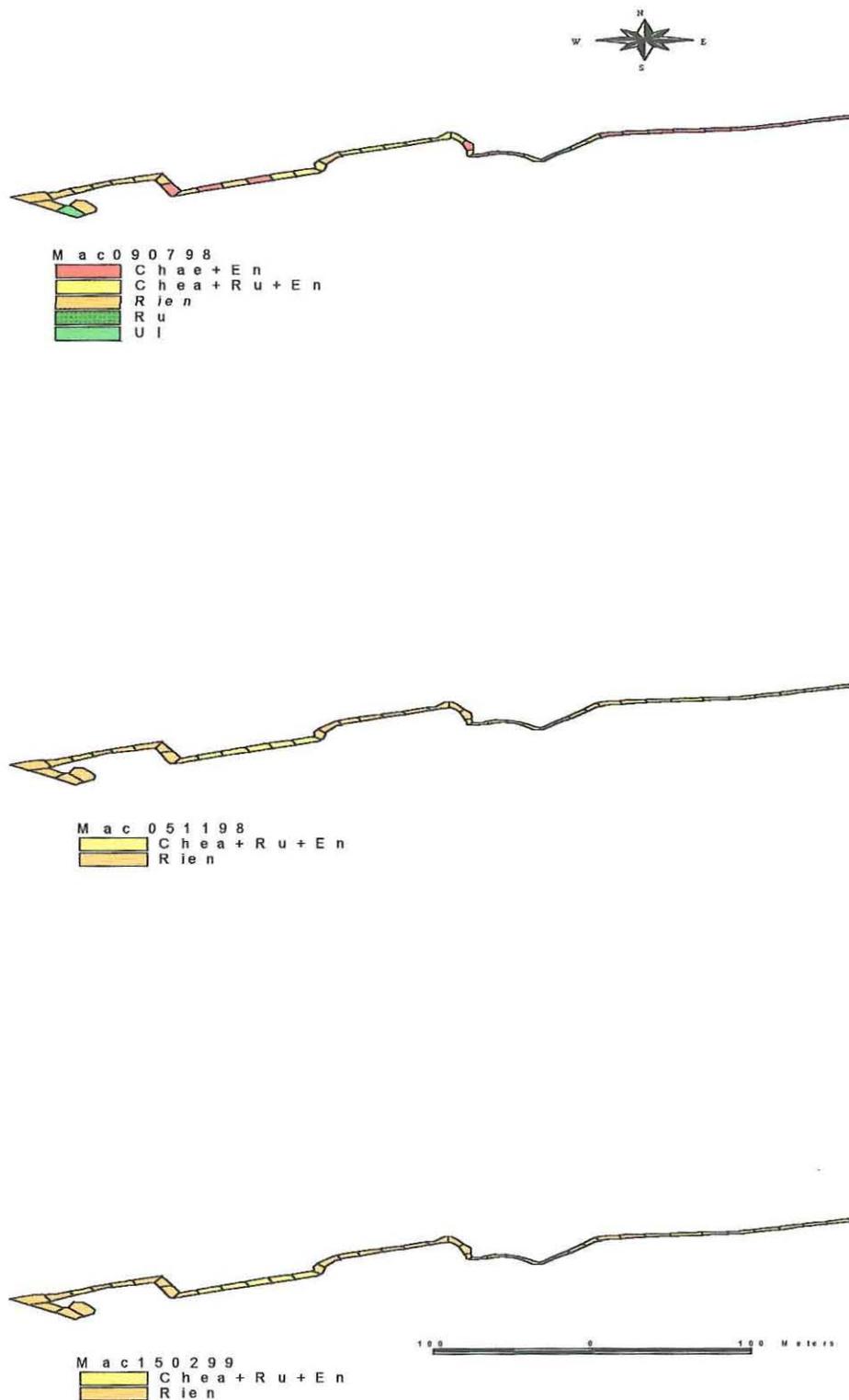


Fig 20 : Répartition géographique des principaux groupements de macrophytes et phanérogame relevés dans le fossé B10. Les abréviations suivantes sont utilisées : Ul Ulve, Ru Rupia, En Enteromorphe, Chea Chaetomorphe et Ch Chondria.

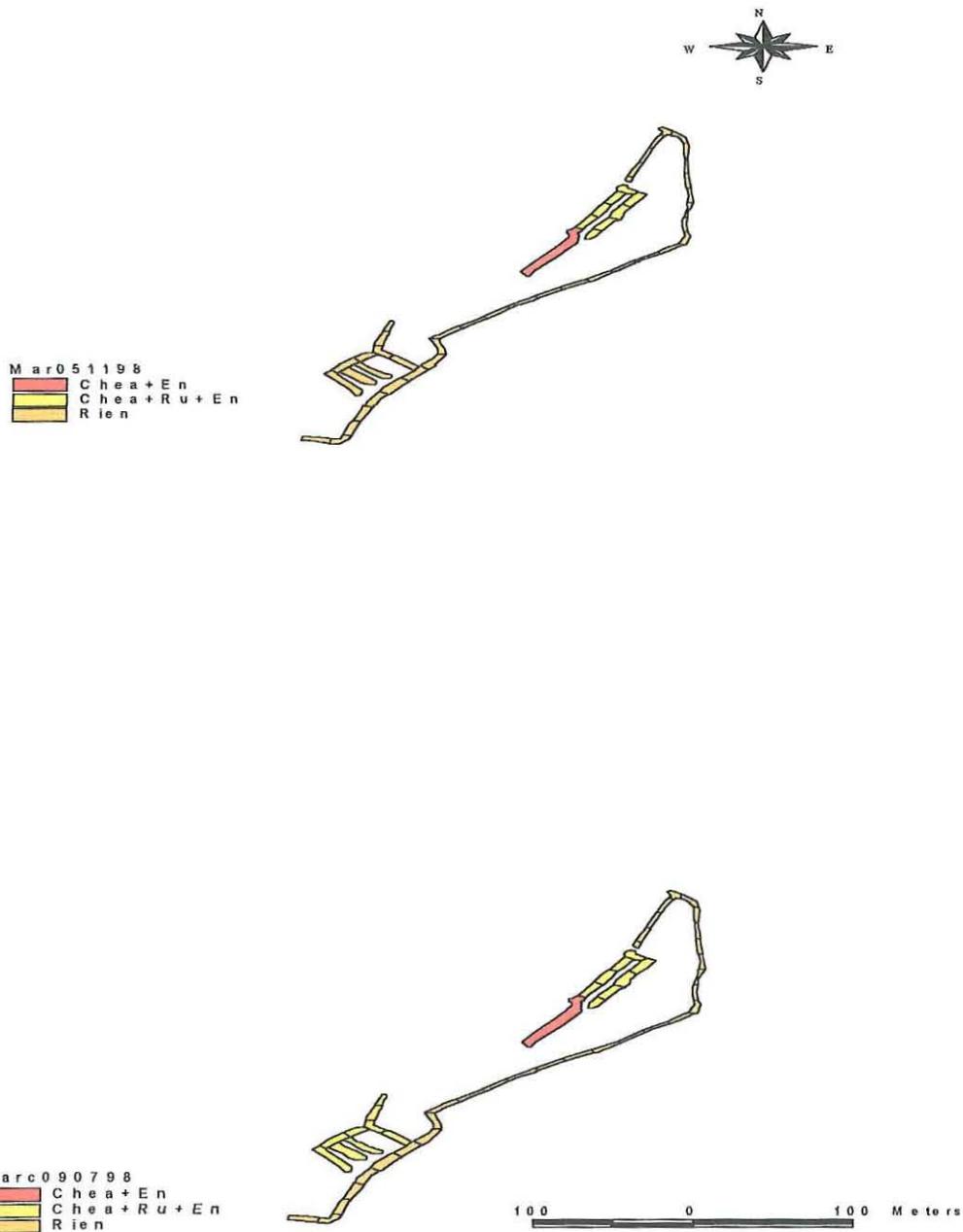


Fig 21 : Répartition géographique des principaux groupements de macrophytes et phanérogame relevés dans le fossé B15. Les abréviations suivantes sont utilisées : Ul Ulve, Ru Rupia, En Enteromorphe, Chea Chaetomorphe et Ch Chondria.

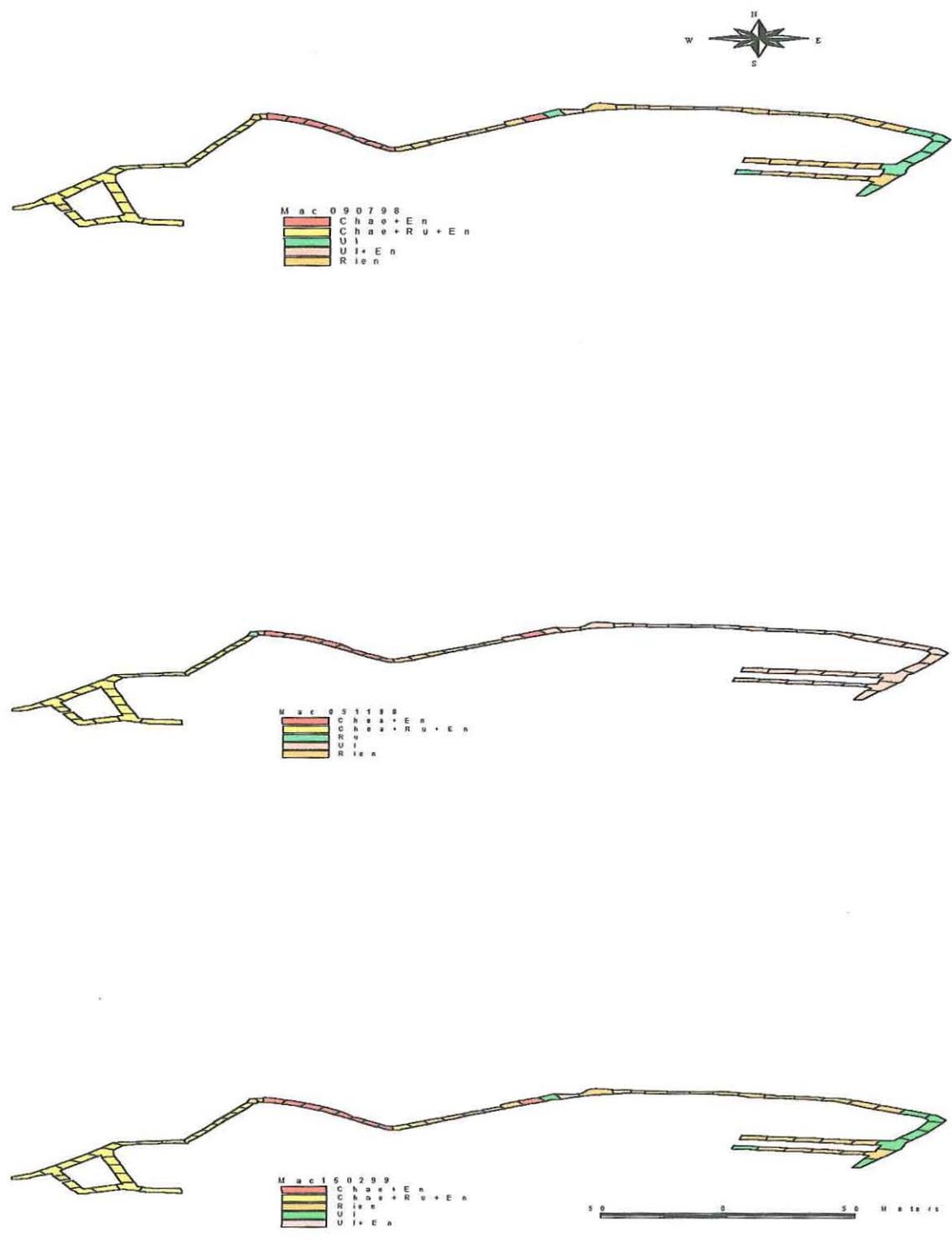


Fig 22 : Répartition géographique des principaux groupements de macorphytes et phanérogame relevés dans le fossé B210. Les abréviations suivantes sont utilisées : Ul Ulve, Ru Rupia, En Enteromorphe, Chea Chaetomorphe et Ch Chondria.

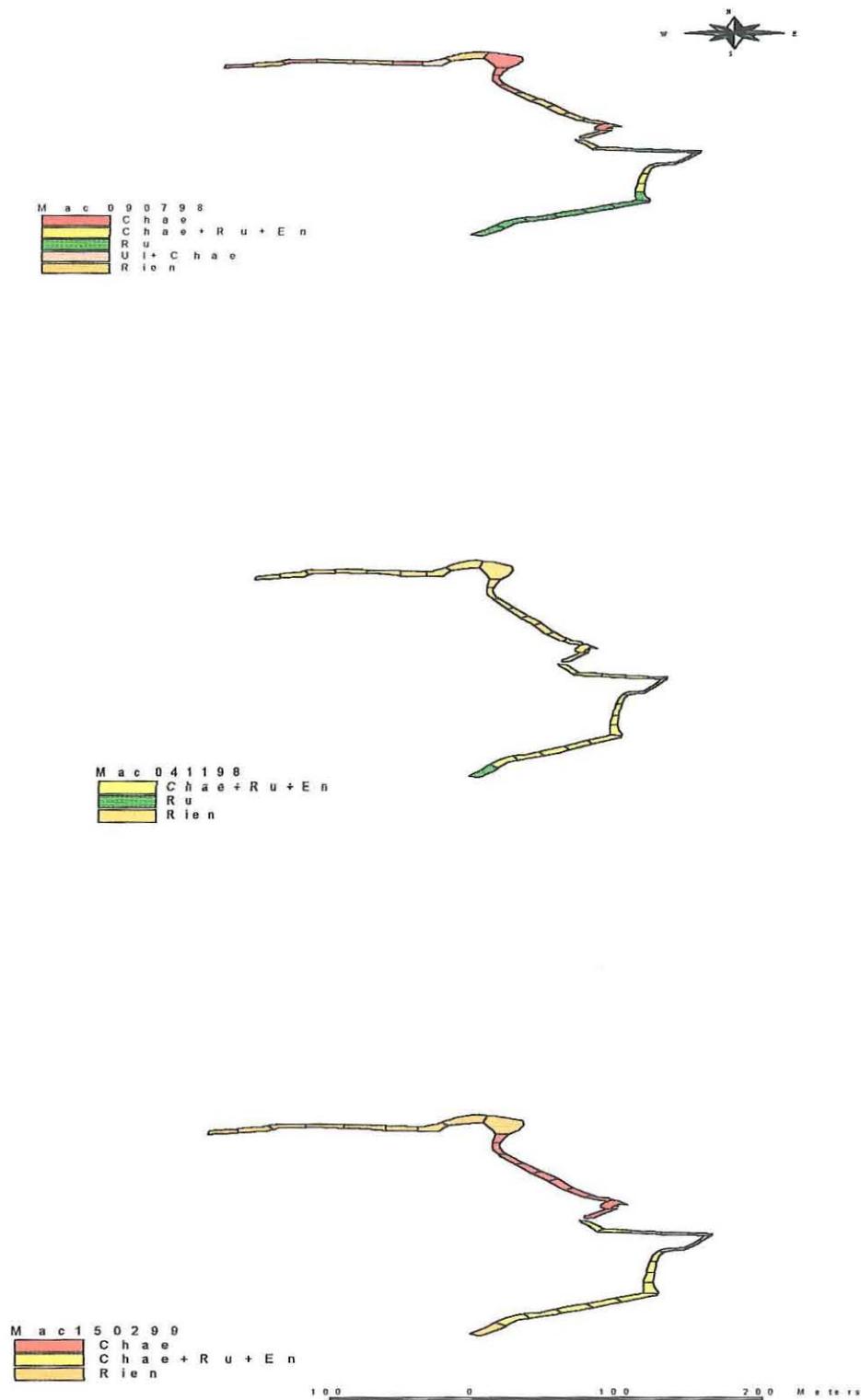


Fig 23 : Répartition géographique des principaux groupements de macorphytes et phanérogame relevés dans le fossé B6. Les abréviations suivantes sont utilisées : Ul Ulve, Ru Rupia, En Enteromorphe, Chea Chaetomorphe et Ch Chondria.

-Suaeda maritima - soude maritime

(F. Chenopodiacees)

Herbe annuelle de 10-50 cm à tige dressée. Feuilles charnues de 8-10 mm, demi cylindriques (plates au-dessus), d'un vert glauque jaunissant à l'automne.

Habitat: elle se trouve dans les dépressions légères sur les bords des fossés, souvent associée aux salicornes annuelles.

-Suaeda vera (S.fruticosa ou Arthrocnemum fruticosum) - soude ligneuse

(F. Chenopodiacees)

Sous-arbrisseau vivace (0.5 à 1 m), dressé à gros rameaux très ramifiés. Feuilles persistantes charnues, d'un vert glauque noircissant sur le sec.

Habitat: présente souvent en limite supérieure du schorre. Elle colonise les bordures des fossés souvent dans les zones à faible pente, se rencontre souvent mélangée aux salicornes.

- Limonium vulgare - Lavande de mer, statice commun

(F. Plombaginacées)

Herbe vivace à souche épaisse, ramifiée et ligneuse. Feuilles oblongues d'environ 10 cm, à sommet obtus et nervure unique. Hampe florale robuste de 30-60 cm portant de nombreuses fleurs réunies en épis serrés, formant une inflorescence lilacée dense à la fin de l'été.

Habitat: Les nappes violettes qu'elle forme en fin d'été alternent avec l'obione, implantée au même niveau des vases salées. Sa croissance est plus dépendante du niveau d'eau que de la salinité.

2.2-Répartition géographique

B2 : De faible communauté halophile a été observée au niveau des bordures de ce fossé (Fig 24), ceci est principalement dû à la pente raide des bords du fossé qui empêcherait la fixation de plantes halophiles. Les zones submersibles sur les bosses sont assez réduites. Seules quelques communautés de *Soude* ont été observées en bordures de zones assez peu profondes, où une inondation des bosses est possible.

B10 : La présence d'*Obione* et de *Salicorne* est l'aspect caractéristique de ce fossé (Fig 25). La *Salicorne* se propage latéralement à partir du fossé pour coloniser des superficies importantes sur les bosses (photo). Cette répartition a été particulièrement observée au milieu du fossé où le curage n'a pas été assez profond, afin d'éviter un débordement d'eau sur les bosses. Le débordement permet de maintenir des zones d'immersion temporaires, toutefois suffisamment longues pour permettre le développement d'une végétation halophile telle que la *Salicorne*.

B15 : Une quasi absence de recouvrement halophile est observée au niveau de ce fossé (Fig 26), seules quelques touffes d'*Obione* ont été reportées.

B21 : L'amplitude du curage, c'est à dire la surélévation des bosses par rapport au niveau de l'eau dans le fossé, semble jouer un rôle clé dans la répartition des végétations halophiles au niveau de ce fossé. Ainsi, *Salicorne* et *Soude* ne s'observent que dans les zones à faibles élévations (au niveau des deux extrémités du fossé) (Fig 27) alors que *Obione* et *Statice* se répartissent dans les endroits à fortes élévations. Seule l'*Obione* semble résister aux conditions automnales alors qu'en hiver une absence totale de couverture halophile est remarquée.

B6 : La végétation halophile se répartit essentiellement sur les bordures des fossés et dans les endroits à faible hauteur d'eau, elle est plutôt absente sur les bords à pente très raide (Fig 28). Deux grandes associations se dégagent, celle entre *Obione* et *Salicorne* et la deuxième entre *Obione* et *Soude*. En période estivale trois principaux genres sont présents, *Obione*, *Salicorne* et *Soude*. Un étagement latéral (dans le sens fossé-bosse) est souvent observé dans les zones à faible hauteur d'eau. Le premier étagement est souvent constitué de l'association *Obione*-

quelque fois mélangé avec des pieds de *Soude*. Le deuxième étage est constitué principalement de *Salicorne*, cette dernière est tolérante vis à vis du recouvrement d'eau et supporte des périodes d'assèchement assez prolongées.

En période automnale seule les deux genres les plus résistants se maintiennent, à savoir *Obione* et *Soude*. En hiver une absence totale de couverture halophile est notée.

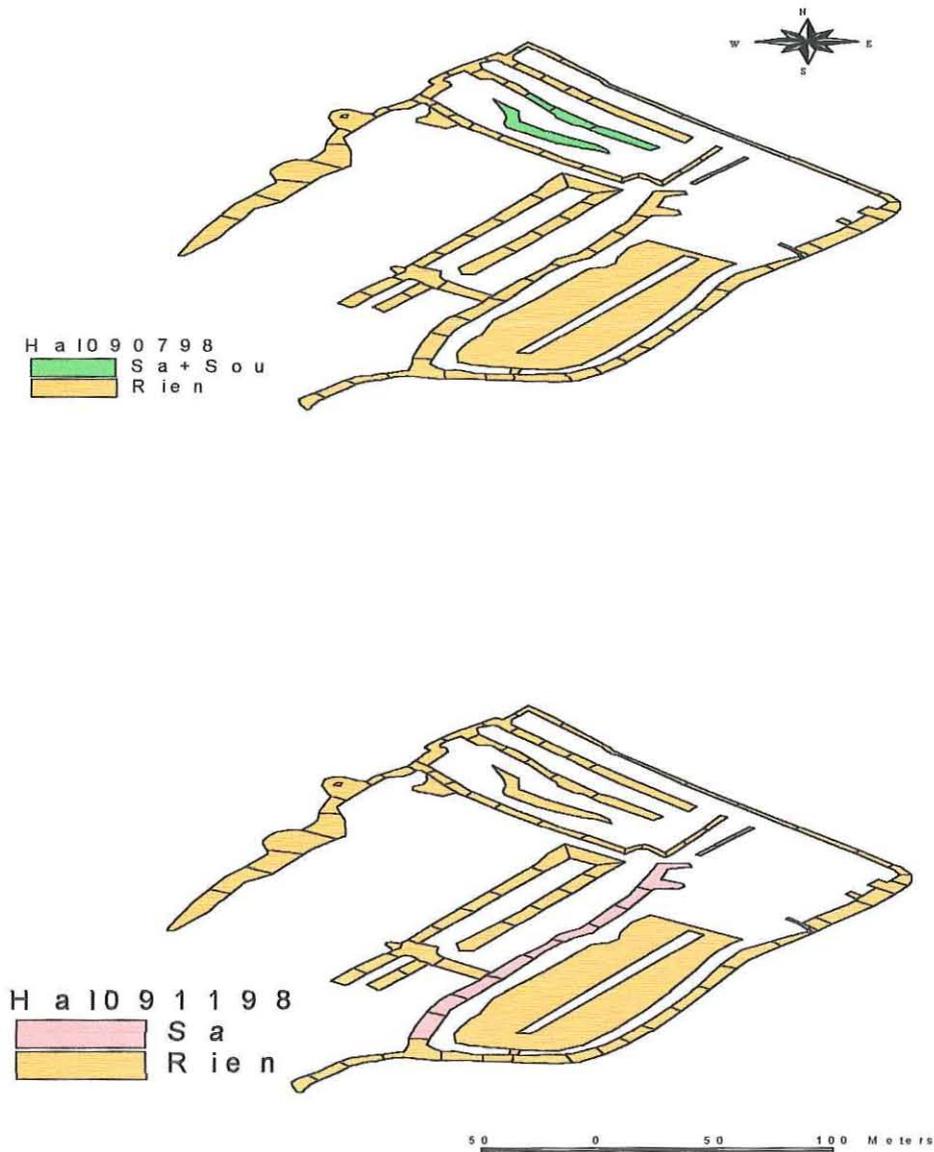


Fig 24 : Répartition géographique des principaux groupements d'halophytes relevés dans le fossé B2. Les abréviations suivantes sont utilisées : Ob Obione, Sou Soude, Sa Salicorne, Sta Statice.

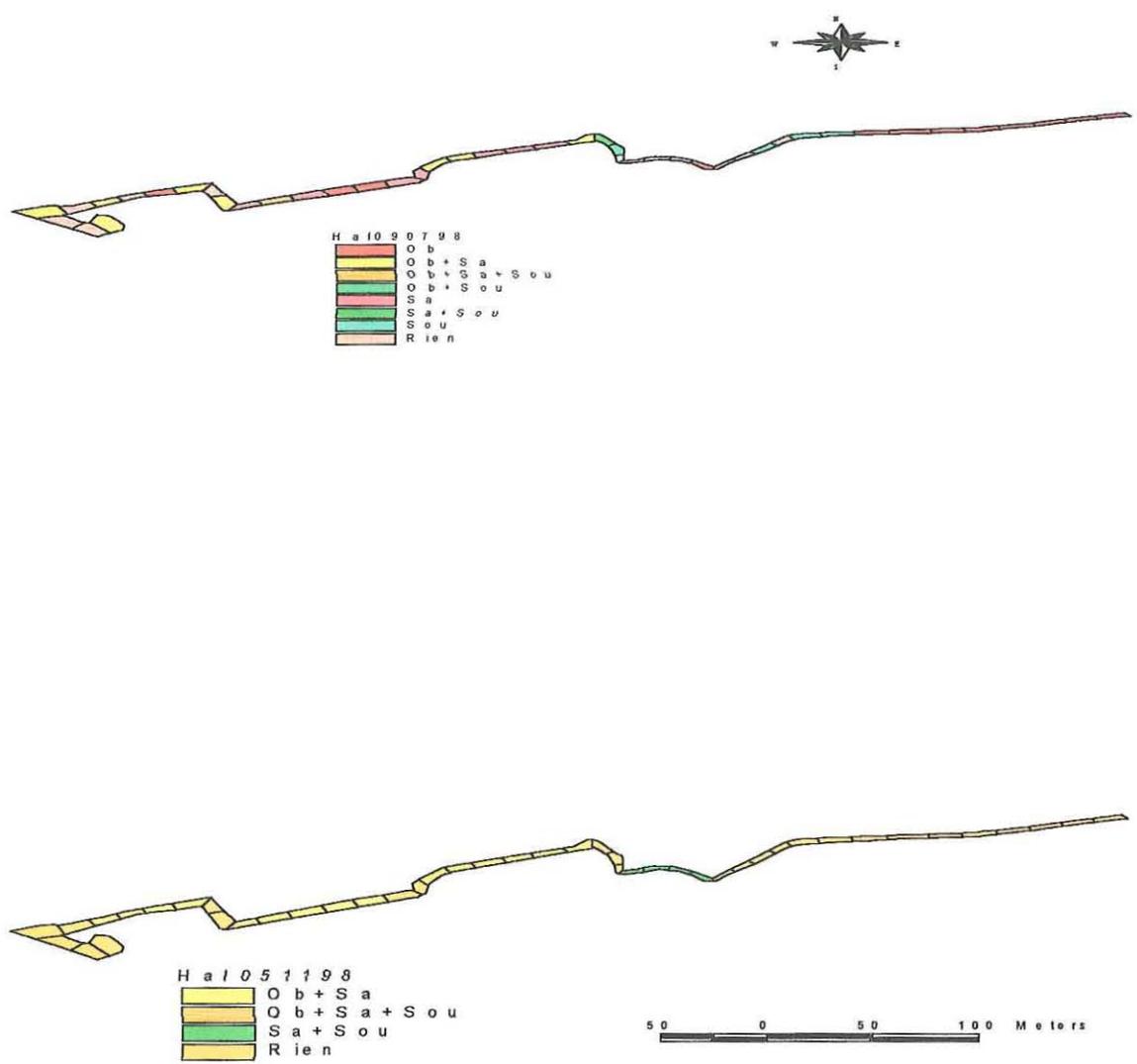


Fig 25 : Répartition géographique des principaux groupements d'halophytes relevés dans le fossé B10. Les abréviations suivantes sont utilisées : Ob Obione, Sou Soude, Sa Salicorne, Sta Statice.

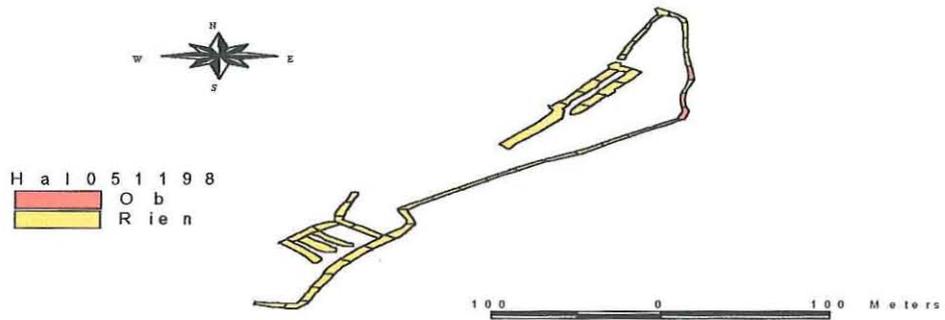


Fig 26 : Répartition géographique des principaux groupements d'halophytes relevés dans le fossé B15. Les abréviations suivantes sont utilisées : Ob Obione, Sou Soude, Sa Salicorne, Sta Statice.

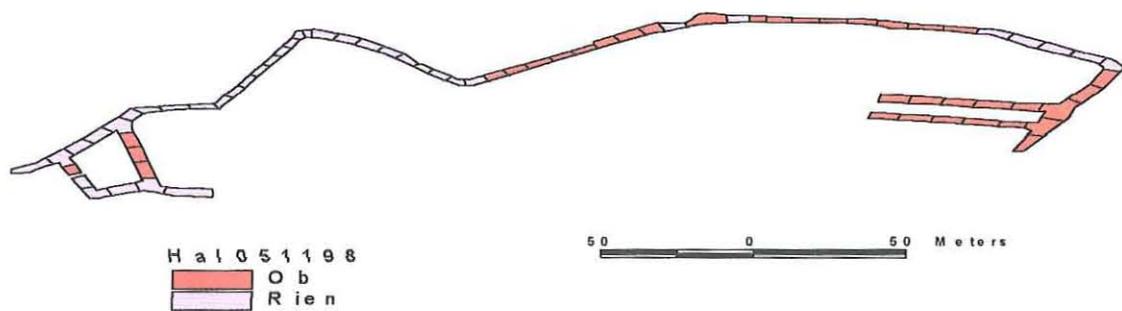
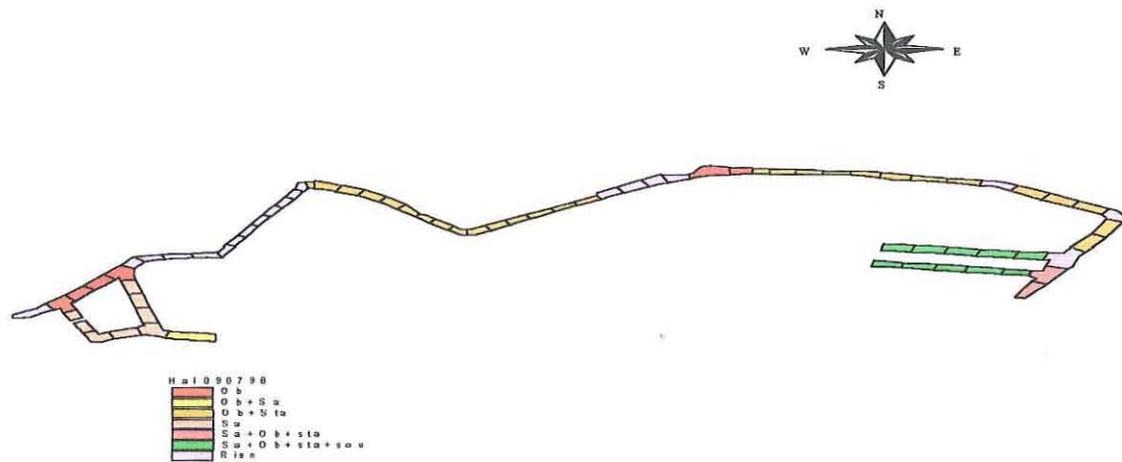


Fig 27 : Répartition géographique des principaux groupements d'halophytes relevés dans le fossé B21. Les abréviations suivantes sont utilisées : Ob Obione, Sou Soude, Sa Salicorne, Sta Statice.

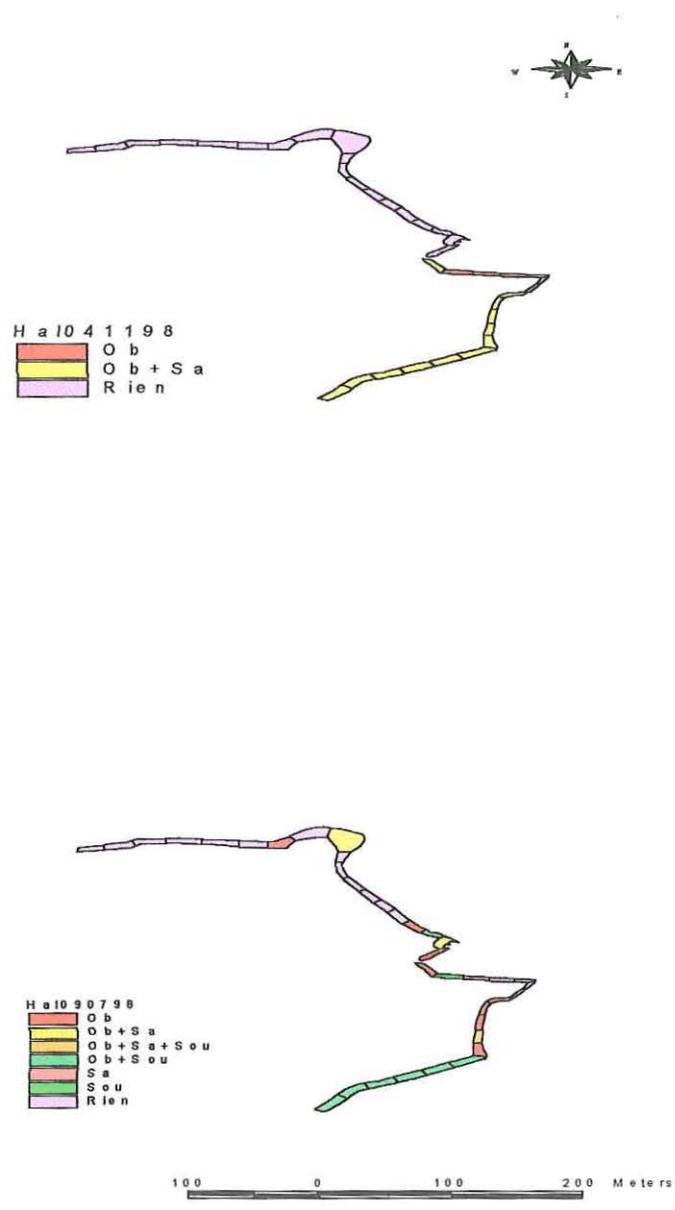


Fig 28 : Répartition géographique des principaux groupements d'halophytes relevés dans le fossé B6. Les abréviations suivantes sont utilisées : Ob Obione, Sou Soude, Sa Salicorne, Sta Statice.

IV- Discussion statistiques des résultats

Une analyse en composante principale (ACP), a été réalisée sur un tableau croisé: relevés x variables . Les variables incriminées dans l'analyse sont celles enregistrées en continu durant toute la période d'échantillonnage, à l'instar des variables physico-chimiques et hydrobiologiques, ou celles présentant une valeur constante pour un fossé donné, à savoir la distance ou l'alevinage. Les paramètres enregistrés d'une manière ponctuelle, telle que l'abondance des organismes planctoniques n'ont pas participé à cette analyse dû à l'impossibilité de ce type d'analyse à gérer des valeurs manquantes.

L'ACP a révélé que les quatre premiers axes expliquent 53.62 % de l'inertie totale. Les deux premiers axes expliquent 35% de la variance totale, tandis que l'axe 1 et l'axe 3 ainsi que l'axe 4 expriment 30% de l'inertie totale. Les deux plans factoriels F1F2 et F1F4 seront particulièrement discutés.

Le cercle de corrélation dans le plan factoriel F1F2 (Fig 29A) montre que l'axe 1 est positivement corrélé à la température, salinité et l'ammonium alors qu'il est négativement corrélé à l'oxygène, pH et nitrate et nitrite. Ainsi, l'axe 1 opposant les formes réduites aux formes oxydées indique clairement un gradient d'oxydoréduction. En revanche, l'axe 2 est positivement corrélé à la chlorophylle, phéopigments, date d'échantillonnage mais également à la silice et aux phosphates. Il exprime de ce fait un état de production ainsi qu'une disponibilité en sels nutritifs. L'ordination des relevés dans le plan factoriel F1F2 indique une large dispersion selon l'axe 1 (Fig 29B). Les cinq fossés échantillonnés se dispersent d'une manière assez homogène selon l'axe 1 avec une plus ample distribution pour les fossés B15 et B21.

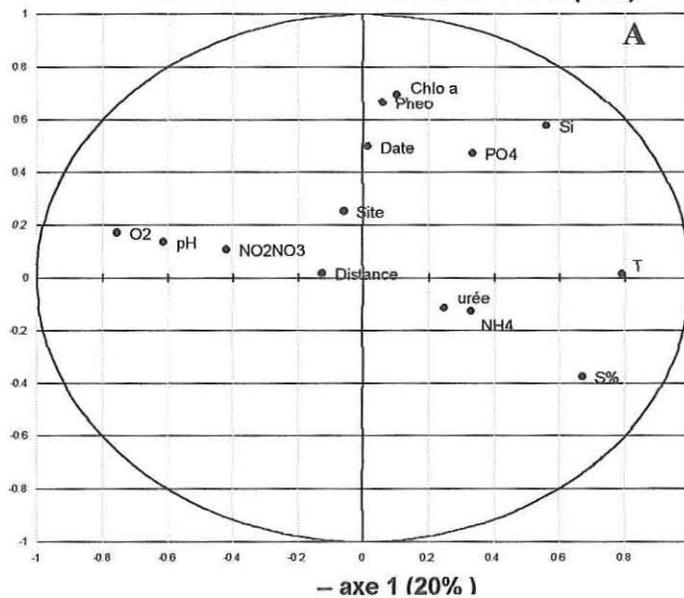
Le cercle de corrélation dans le plan factoriel F1F4 (Fig 30A) montre que l'axe 1 est positivement corrélé à la température, salinité, silice alors qu'il est négativement corrélé à l'oxygène, pH et nitrite et nitrate. L'axe 4 est positivement corrélé à l'urée et négativement corrélé à la distance séparant le fossé échantillonné du chenal de la seudre. Cet axe exprime soit un état de confinement du fossé, dû à l'excrétion de l'urée et de l'ammonium par la macrofaune benthique et les poissons et/ou qu'il est indicateur d'un état de dégradation de la matière organique dont l'urée et l'ammonium constituent les produits finaux. L'urée et l'ammonium évoluent dans les fossés à l'inverse de la distance.

L'ordination des relevés dans le plan factoriel F1F4 indique une large dispersion selon l'axe 1 (Fig 30B). La répartition des fossés le long de l'axe 4 est établie suivant un gradient où B15 et B6 se dispersent plus dans les valeurs positives de l'axe 4 alors que B2, B21 et B10 sont répartis essentiellement dans la partie négative de l'axe 4. Ce gradient est indicateur de source de matière azotée sous sa forme ammoniacale ainsi que sous la forme d'urée, il est établi inversement à la distance qui sépare chaque fossé du chenal d'alimentation.

Une deuxième ACP a été réalisée en introduisant deux variables l'alevinage et la pêche par unité de surface (indiquée 'pêche' dans les figures). La 'pêche' a été utilisée comme variable supplémentaire. Cette variable n'a pas participé activement à l'ACP et par conséquent à la construction des axes elle a été utilisée de ce fait comme **variable à expliquer**. L'analyse a été effectuée uniquement en utilisant les données relatives aux fossés B2, B6, B15 et B10. Les données de pêche manquantes pour le fossé B21 a nécessité son élimination de l'analyse.

-- axe 2 (14%)

Cercle des corrélations : axes 1 et 2 (35%)



-- axe 2 (14%)

Données sur les axes 1 et 2 (35%)

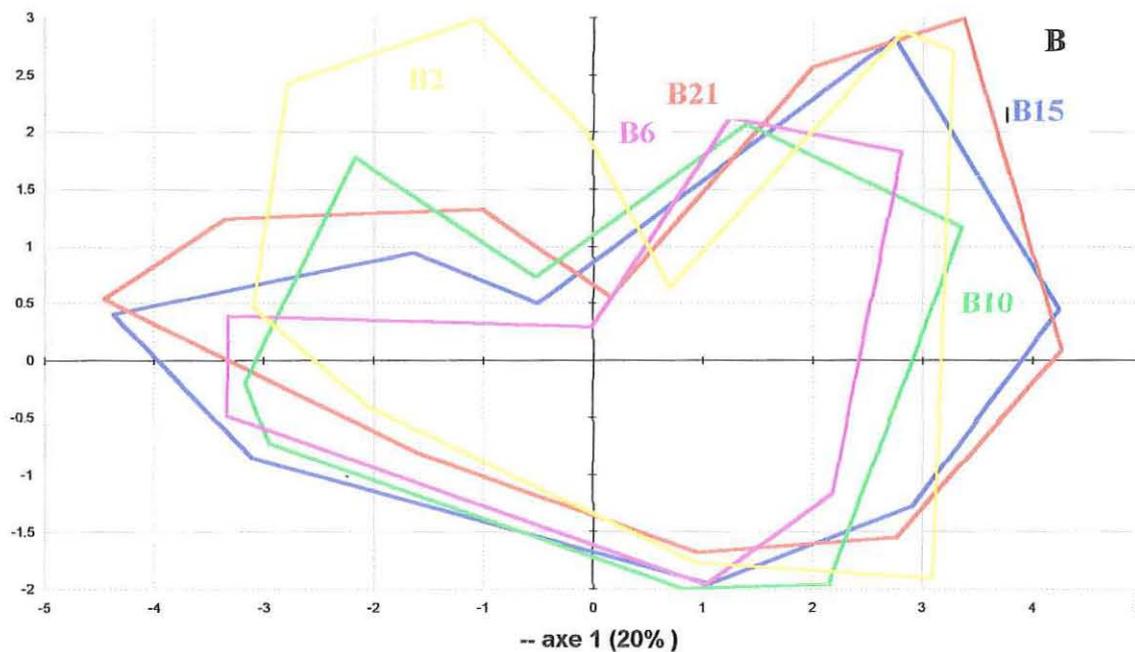


Fig 29 : Cercle de corrélation (A) et répartition des observations dans le plan factoriel F1F2 (B).

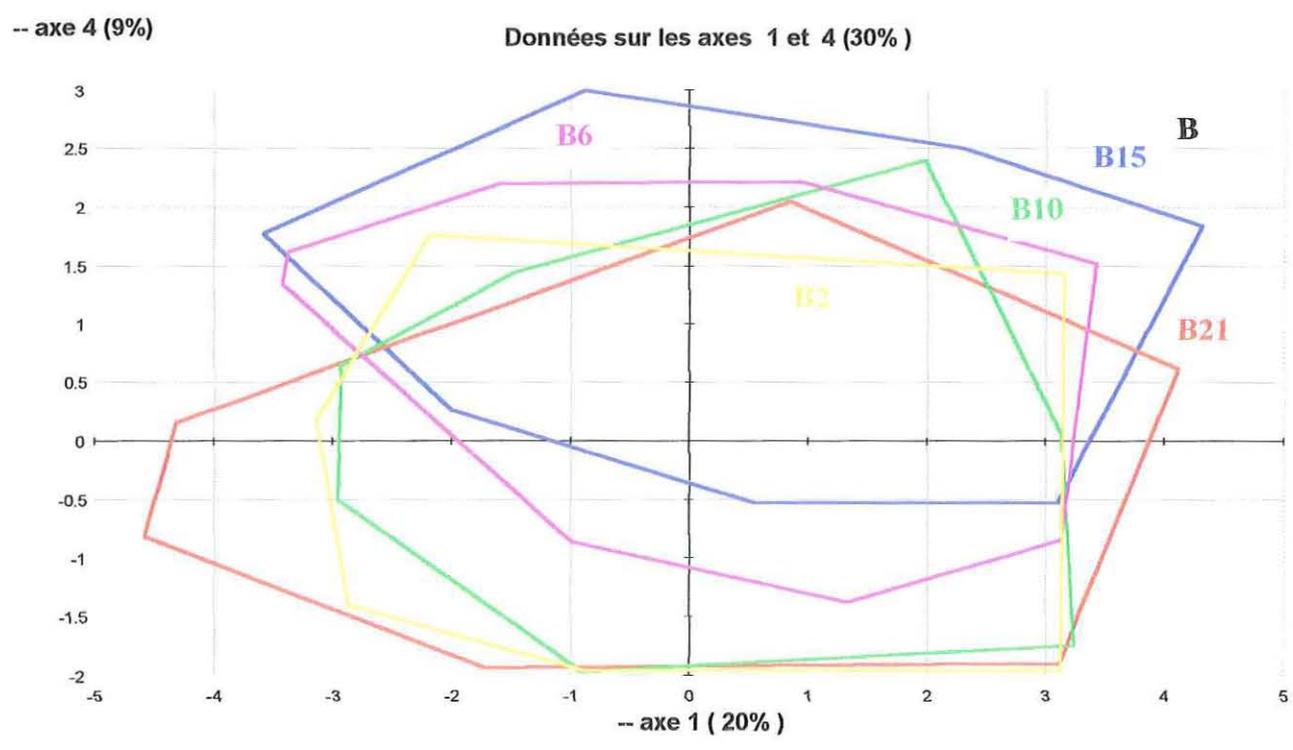
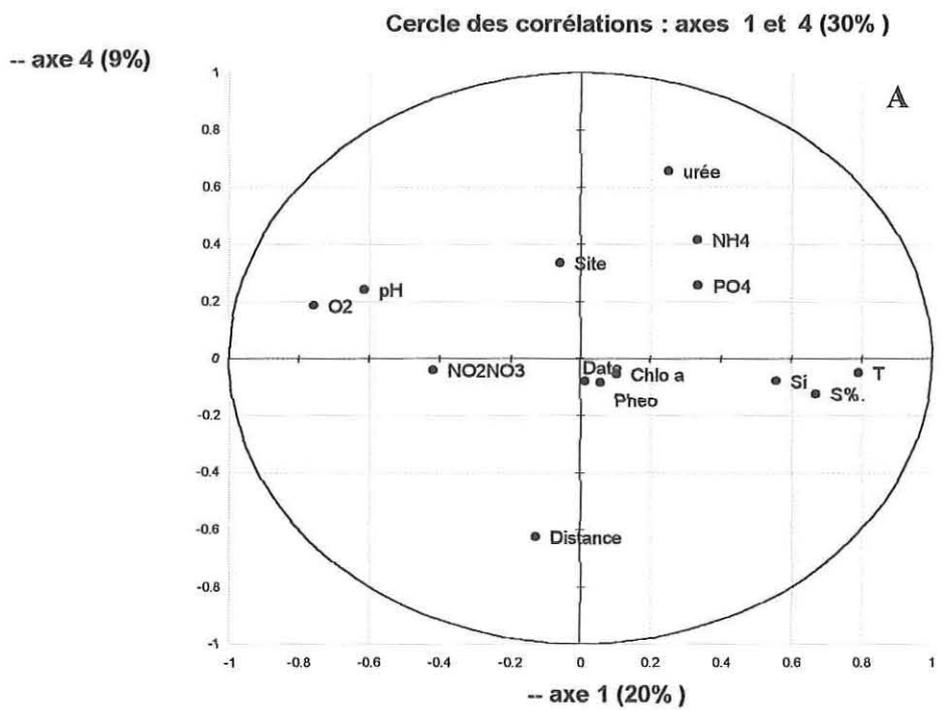


Fig 30 : Cercle de corrélation (A) et répartition des observations dans le plan factoriel F1F4 (B).

Les résultats vont être discutés uniquement dans le plan factoriel F1F3 qui exprime 29% de l'inertie totale. La signification de l'axe 1 est identique à la première analyse, il indique aussi un gradient d'oxydoréduction (Fig 31A). L'axe 3 est positivement corrélé à la distance et négativement corrélé à l'alevinage, l'urée et l'ammonium. La variable supplémentaire 'pêche' est positivement corrélée à l'axe 3, elle pourrait être expliquée par la quantité de poissonensemencée et/ou par la concentration du fossé en ammonium et/ou en urée. En effet plus il y a de poisson plus le milieu est concentré en urée et ammonium provenant de l'excrétion de ces organismes, ils peuvent également provenir de l'excrétion de la macrofaune ce qui indiquerait une richesse du fossé en production secondaire.

L'emplacement du fossé par rapport au chenal principal d'alimentation pourrait influencer directement la biomasse de poisson pêchée, les fossés les plus éloignés auraient un meilleur recrutement et/ou un meilleur grossissement de poisson. Il pourrait également avoir une influence indirecte par le biais des concentrations des éléments ammonium et urée, ces deux éléments se dégraderaient au fur et à mesure qu'on avance dans la chevelure du réseau d'alimentation.

L'ordination des relevés dans le plan factoriel F1F3 (Fig 31B) indique une succession de B2, B10, B6 et B15 en se dirigeant vers les valeurs négatives de l'axe 3. Le fossé B10 bien que aleviné, il semble plus influencé par son emplacement par rapport au réseau d'alimentation. En revanche le fossé B15 reste confiné aux valeurs négatives de l'axe 3, sa production (0.01 kg m^{-2}) pourrait être expliquée par la quantité de poisson alevinée (densité d'anguillette de 1 m^{-2}).

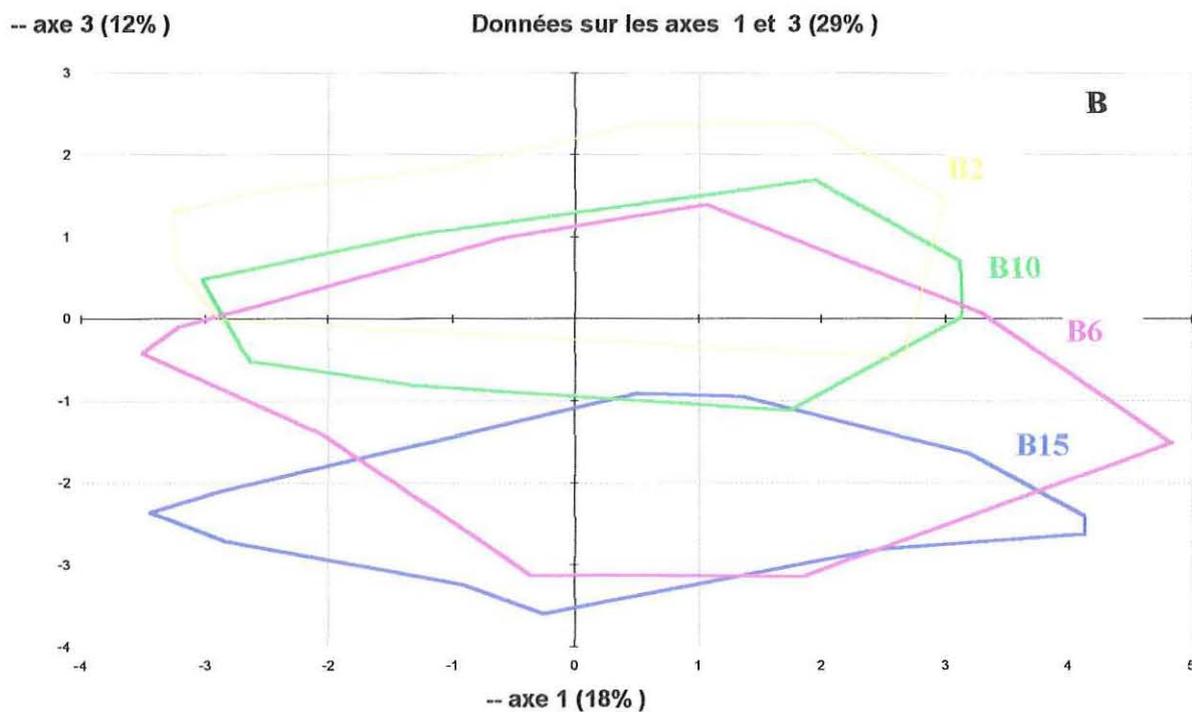
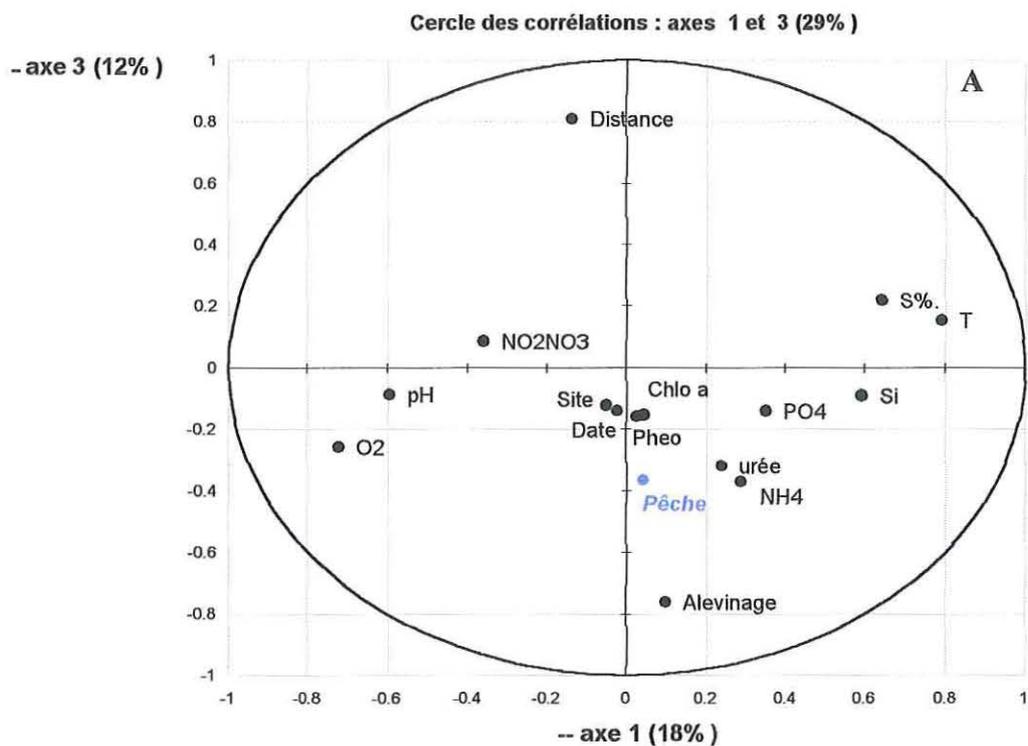


Fig 31 : Cercle de corrélation (A) et répartition des observations dans le plan factoriel F1F3 (B). La variable 'pêche' (en bleu) est utilisée comme variable supplémentaire.

Discussions générales et conclusions

Ce travail a été engagé par l'établissement d'une base de données cartographique. Cette base a servi pour les besoins de l'étude, elle sera également exploitable pour des études ultérieures. La déigitalisation des éléments structurants, à savoir les chenaux, les fossés et réseau routier, mérite d'être mieux affinée par des validations régulières sur le terrain.

Afin d'étudier la variabilité des paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques une ANOVA a été réalisée. Aucun effet site n'apparaît pour les sels nutritifs et les variables de production, à savoir chlorophylle et phéopigments. De ce fait le protocole d'échantillonnage gagnerait à être allégé par un seul prélèvement par fossé. L'effet fossé apparaît pour tous les paramètres sauf pour les variables de production, il renseigne sur le choix efficace des fossés d'échantillonnage. Toutefois, la chlorophylle ne semble pas varier entre fossés bien que les biomasses en carbone issues des organismes planctoniques varient considérablement entre les fossés : B10 produit 21 fois plus de carbone planctonique que B15 et 5 fois plus que le B21.

Les dinoflagellés représentent la première ressource trophique du plancton dans les fossés à poisson : 71.85 % à 90.3 % des teneurs en carbone cellulaire proviennent des dinoflagellés. Cependant cette étude n'a pas tenu compte des contenus cellulaires de flagellés de petites tailles. Ces derniers constituent la première ressource trophique dans les marais conchylicoles (Dupuy, 2000). La distinction entre flagellés autotrophes et hétérotrophes renseigne sur l'état de confinement des fossés c'est à dire leur teneur en matière organique, le taux d'hétérotrophie a fluctué entre 70.55 % à 100% (Fig 18).

Les fossés à poisson sont des écosystèmes à usages multiples, les bosses constituent des prairies pour l'élevage bovin, pratiqué par les exploitants même des fossés à poisson. Ainsi, la colonisation des bosses par des plantes halophiles suscite souvent un conflit d'usage entre agriculture et aquaculture. La répartition des peuplements halophiles dépend aussi bien des saisons que du mode de curage du fossé. Les fossés à pente raide ne permettent pas la fixation des plantes halophiles. De plus, le curage profond c'est à dire quand le niveau d'eau dans le fossé est moins important que le niveau des bosses permet d'éviter un débordement d'eau saumâtre sur les bosses et par conséquent le développement d'halophytes.

Le groupement *Ruppia cirrhosa*, *Chaetomorpha linum* et *Enteromorpha* sp, qualifié de *Chaetomorpha-Ruppium*, a été souvent observé dans les fossés à poisson. Il se restreint au mode calme (opposé de la prise hydraulique) et aux faibles profondeurs d'eau. Outre le fait qu'elle permet la fixation de la macrofaune benthique, cette association offre un abri et constitue une zone de frayère pour les poissons. Ce groupement semble bien établi pour certains fossés, en effet il a été relevé dans 71 % des polygones dans le B2 durant l'été 1998 alors qu'il était de 10 % dans ce même fossé durant le relevé de 1997. Le pourcentage de présence de ce groupement a varié entre 15 % -45 % pour les autres fossés, les maximum ont été enregistrés dans le B10 et B06.

Quatre paramètres ont été identifiés, afin de justifier les fluctuations des pêches entre les fossés, à savoir la position géographique du fossé (distance), les types de pratique exercées (alevinage) et la qualité chimique de l'eau (concentrations en urée et ammonium). Un gradient de biomasse de poisson est établi inversement à la distance et dans le sens des concentrations en urée et ammonium.

Ce travail mérite d'être approfondi en utilisant les rendements de poissons en fonction de la composition structurale des populations capturées. Une étude parallèle est en cours de réalisation au CEMAGREF de Bordeaux, dont les résultats seront ultérieurement intégrés.

Cette étude est une approche préliminaire pour la détermination de la capacité trophique des fossés à poissons, elle a tenté de corrélérer la variabilité de la répartition des organismes aux usages pratiqués (type de curage) elle a également essayé de justifier les fluctuations des rendements de poisson en fonction de la répartition des fossés dans l'espace géographique et des types de pratiques (alevinage). Ce travail a fait appel à plusieurs techniques d'analyses statistiques et de cartographie: les Systèmes d'Information Géographiques (SIG). L'interface SIG a été notamment exploitée pour sa double compétence : générer les données rentrées dans l'analyse (calcul de distances et de superficies de fossés) et servir de support pour la visualisation des résultats de sortie (gradient de concentrations de sels nutritifs) (Fig. 32).

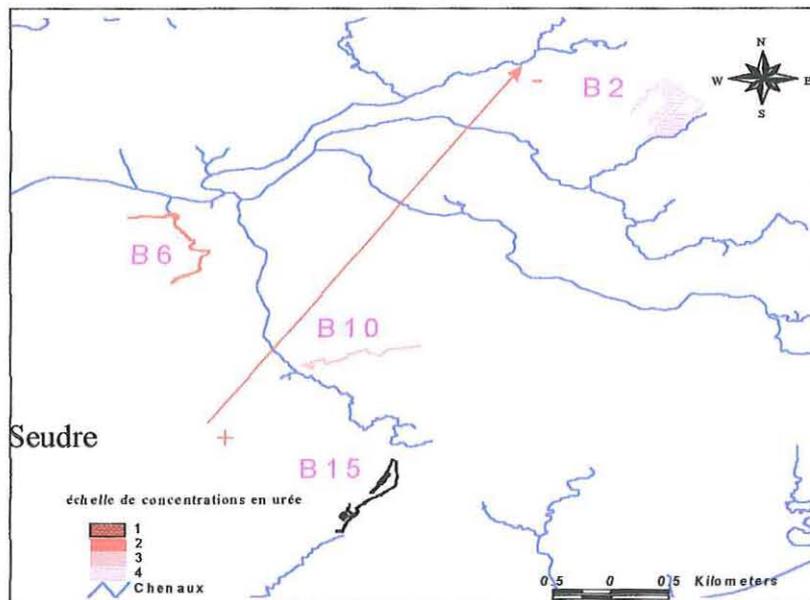


Fig 32 : Gradient de concentrations en urée dans l'espace géographique étudié

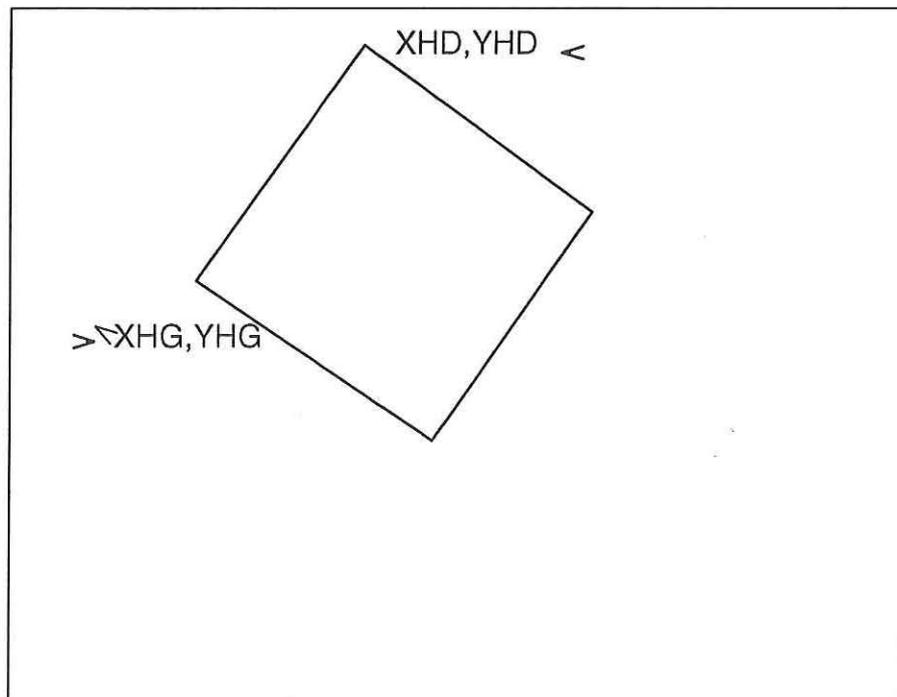
Références

- Baudet, J, Bouzillé, J-B, Godeau, M, Gruet, Y & Maillard Y. 1987. Ecologie des marais breton-vendéen. Etude d'une unité hydrologique. Bulletin de la société botanique du centre-ouest **18**, 13-44.
- Caron, D. A. 1983. Technique of enumeration of heterotrophic and phototrophic nanoplankton, using epifluorescence microscopy, and comparison with other procedures. Applied environmental microbiology **46**, 491-498.
- Crottereau, C. 1999 Dynamique des populations bactériennes dans un marais maritime atlantique: contribution des activités ectoproteolytiques et d'uptake des acides aminés à la production bactérienne. Thèse de doctorat, Université de Aix-Marseille II, pp 216.
- Dupuy, C. 1999 Rôle fonctionnel des protistes hétéro/mixotrophes dans le réseau trophique d'un écosystème conchylicole: le marais atlantique. Thèse de Doctorat, Université de La Rochelle, pp 86.
- Hass, L.W. 1982. Improved epifluorescence microscopy for observing planktonic microorganisms. Ann Inst oceanogr **58**, 261-266.
- Holman-Hansen, O. & Riemann, B. 1978 Chlorophyll a determination: improvement of methodology. *Oikos* **30**, 438-447.
- Sherr, E. B., Caron, D. A., Sherr, B. F., 1994. Staining of heterotrophic protists for visualisation via epifluorescence microscopy. In: Kemp, B. F., Sherr, B. F., Sherr, E. B., Cole, J. J. (eds.). Handbook of methods in aquatic microbial ecology. Lewis publisher, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo, pp 213-227.
- Strickland, J. D. H. & Parsons, T. R. 1968 A manual of sea water analysis. *Bulletin of Fisheries Research Board of Canada* **167**, 1-311.

ANNEXE 1

Suite des commandes sous IMAGINE ERDAS pour recaler les photographies aériennes en Lambert étendu

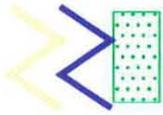
- Importer l'image .TIF en format .IMG
- Visualiser l'image
- Choisir l'option RESAMPLE du menu RASTER
- Choisir l'option EDIT dans le menu TRANSFORM EDITOR
- Choisir « Apply linear adjustment »
- Rentrer l'angle $A = \text{Inv tg}((YHD - YHG) / (XHD - XHG))$ de rotation inverse (la valeur de l'angle étant calculée à l'aide des coordonnées des coins de la photo)
- Lancer le RESAMPLE après avoir choisi un nom de fichier IMG
- Visualiser la nouvelle image
- Choisir EDIT CHANGE MAPINFO dans le menu LAYER INFO
- Donner la valeur du coin supérieur gauche de la nouvelle photo (XHG, YHD)



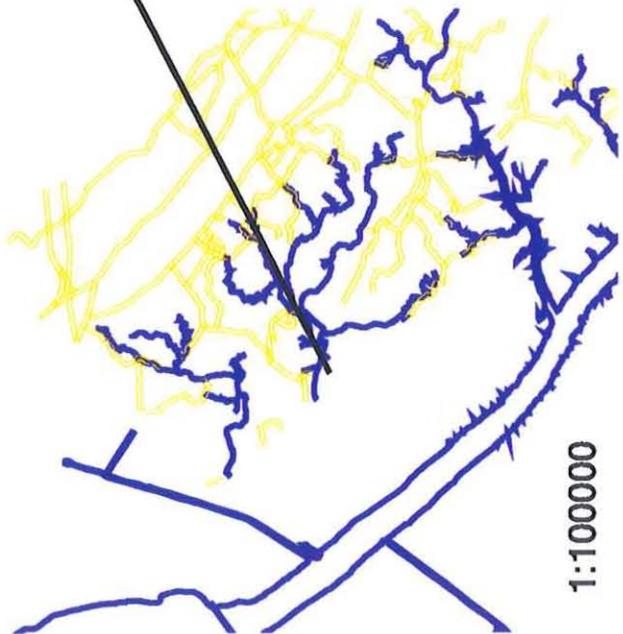
ANNEXE 2

Exemples de digitalisation des fossés

ROUTES
CHENAUX
FOSSE 06

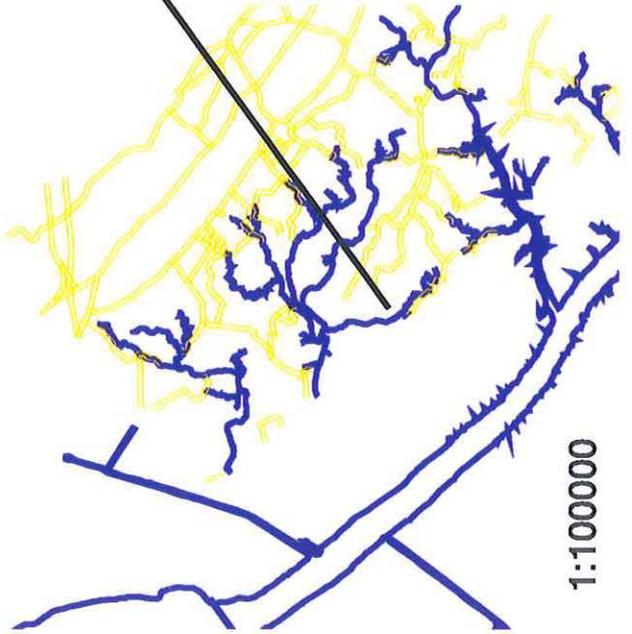


1:5000

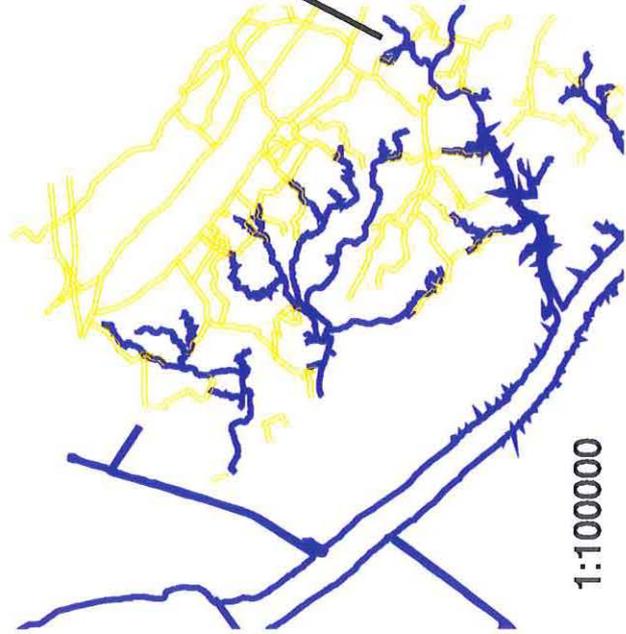
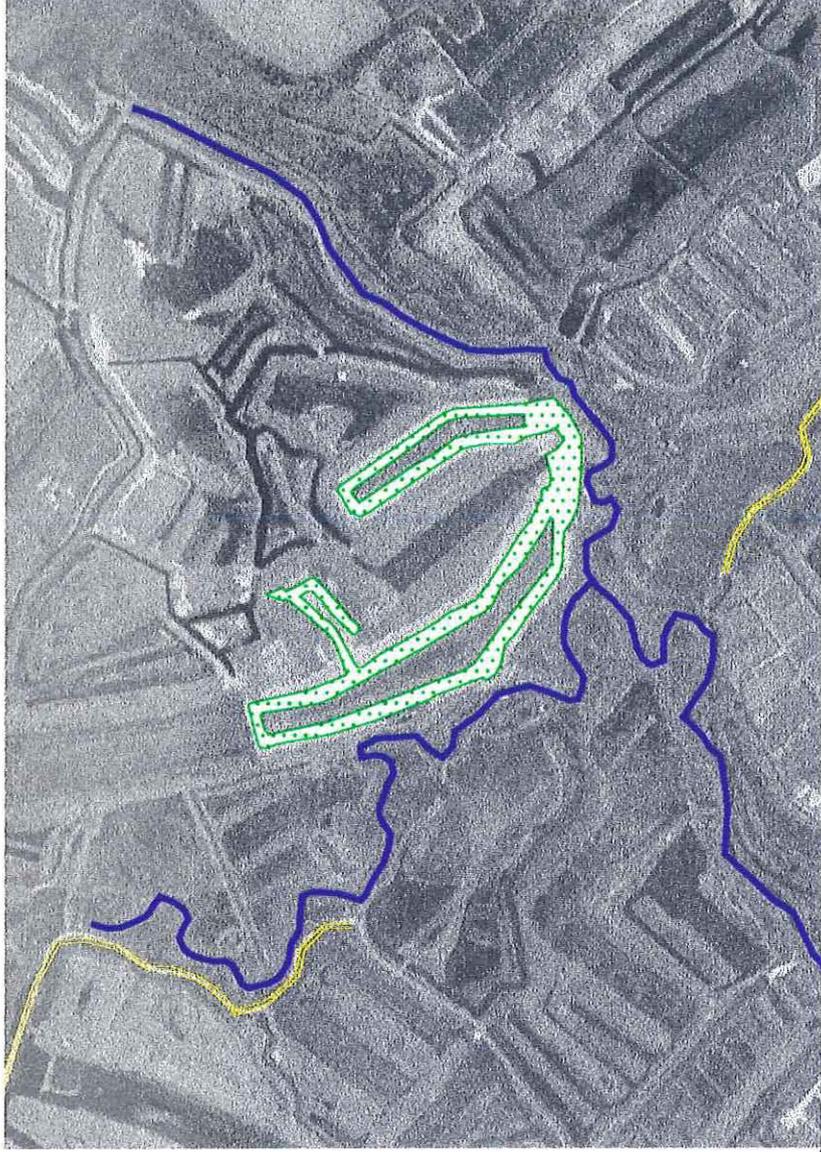


1:100000

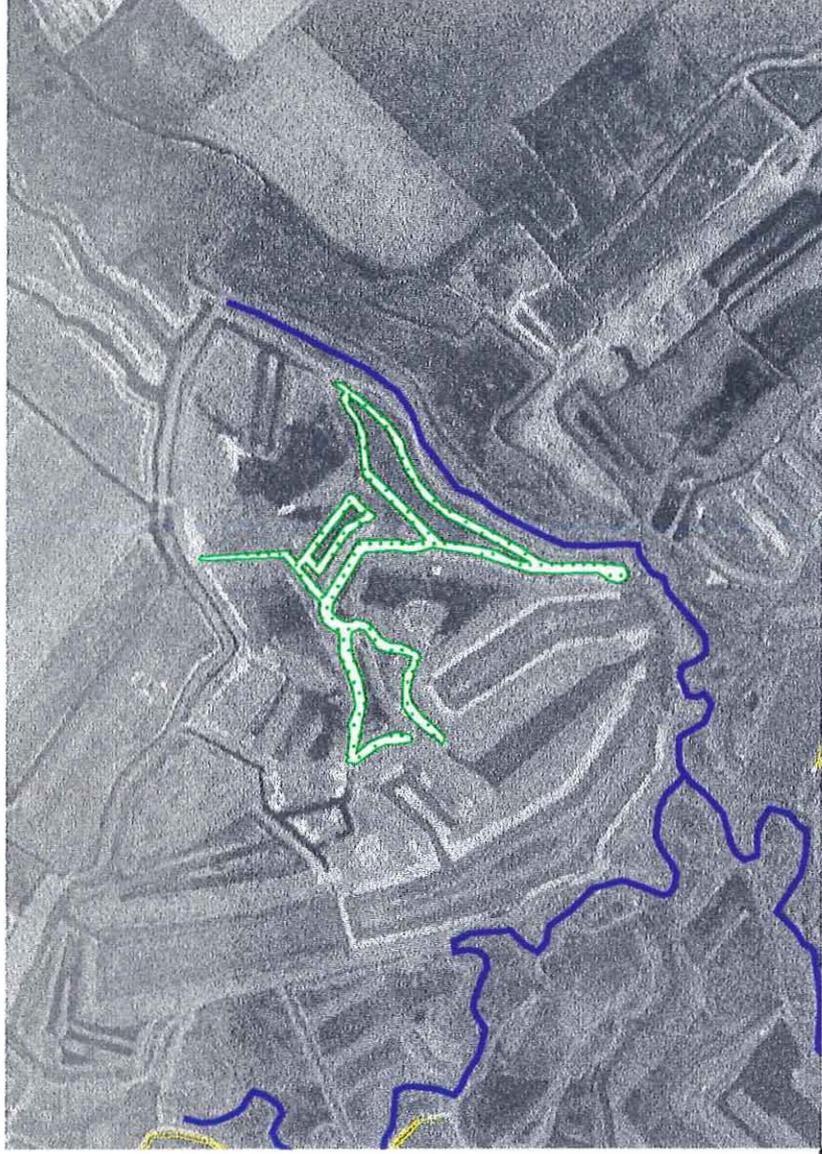
FOSSE 06



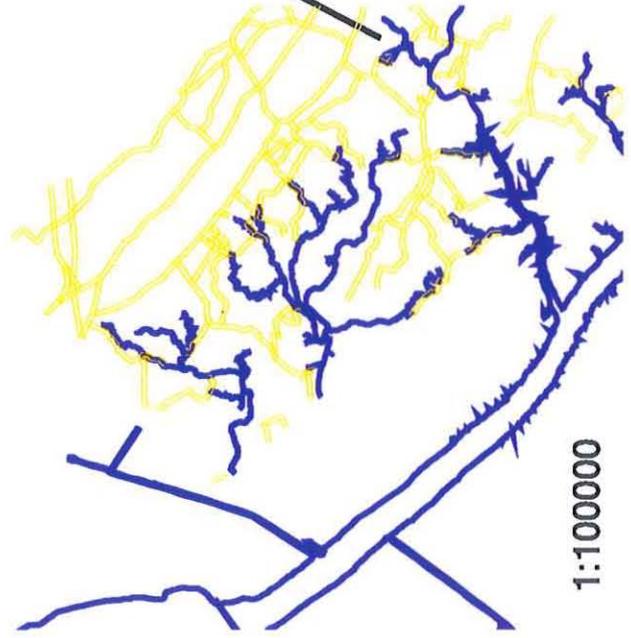
FOSSE 10



FOSSE 19

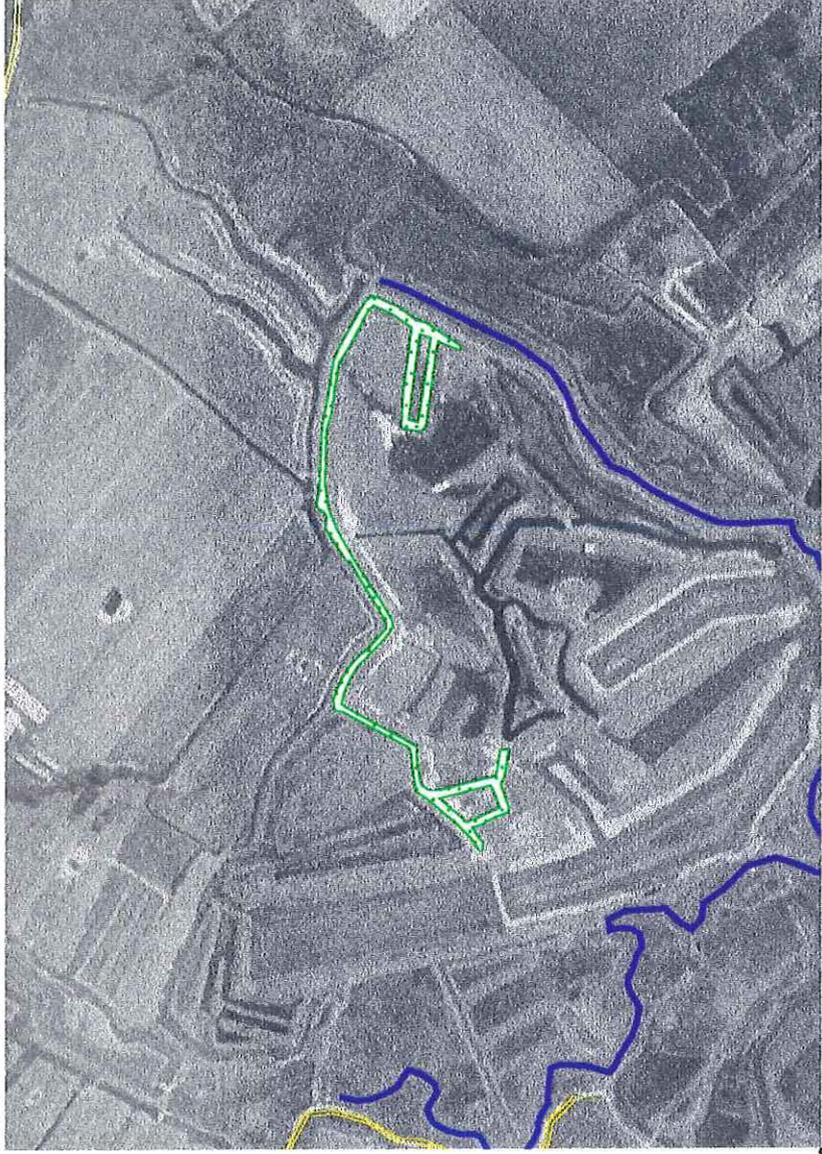


1:5000

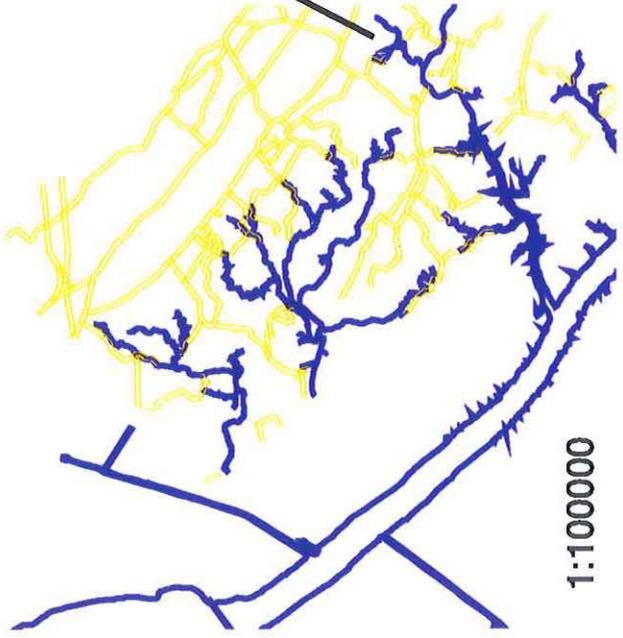


1:100000

FOSSE 20

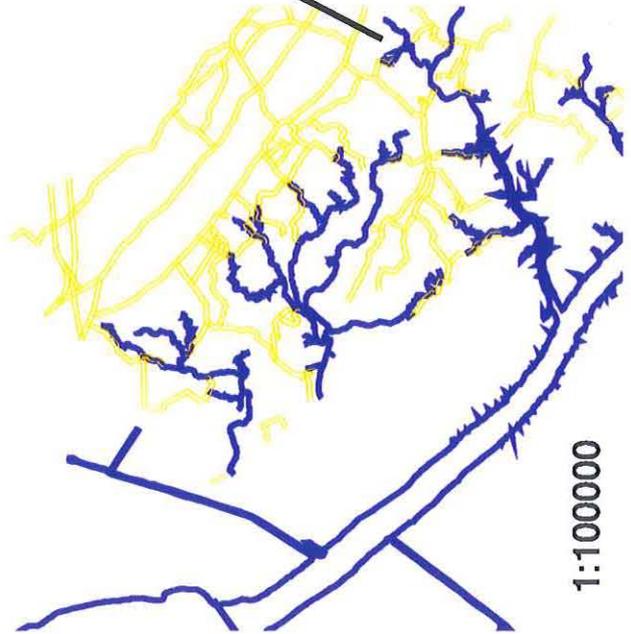
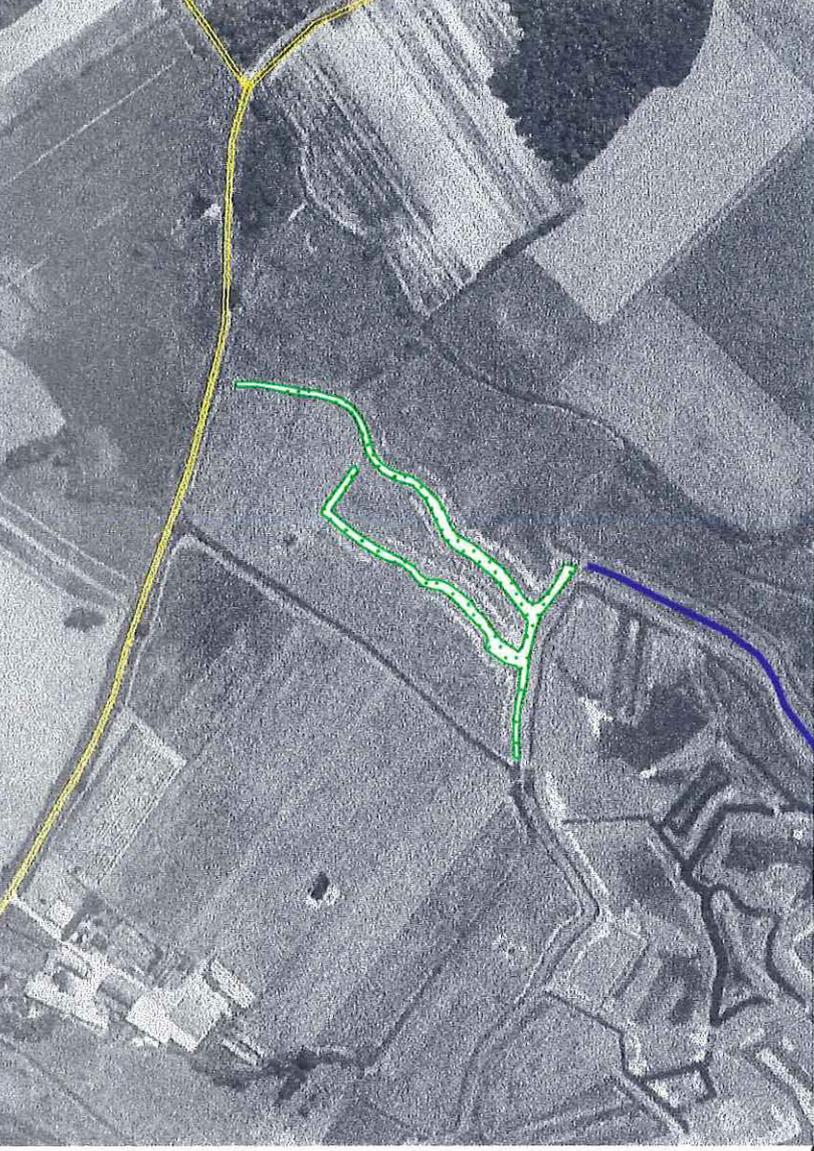


1:5000



1:100000

FOSSE 21

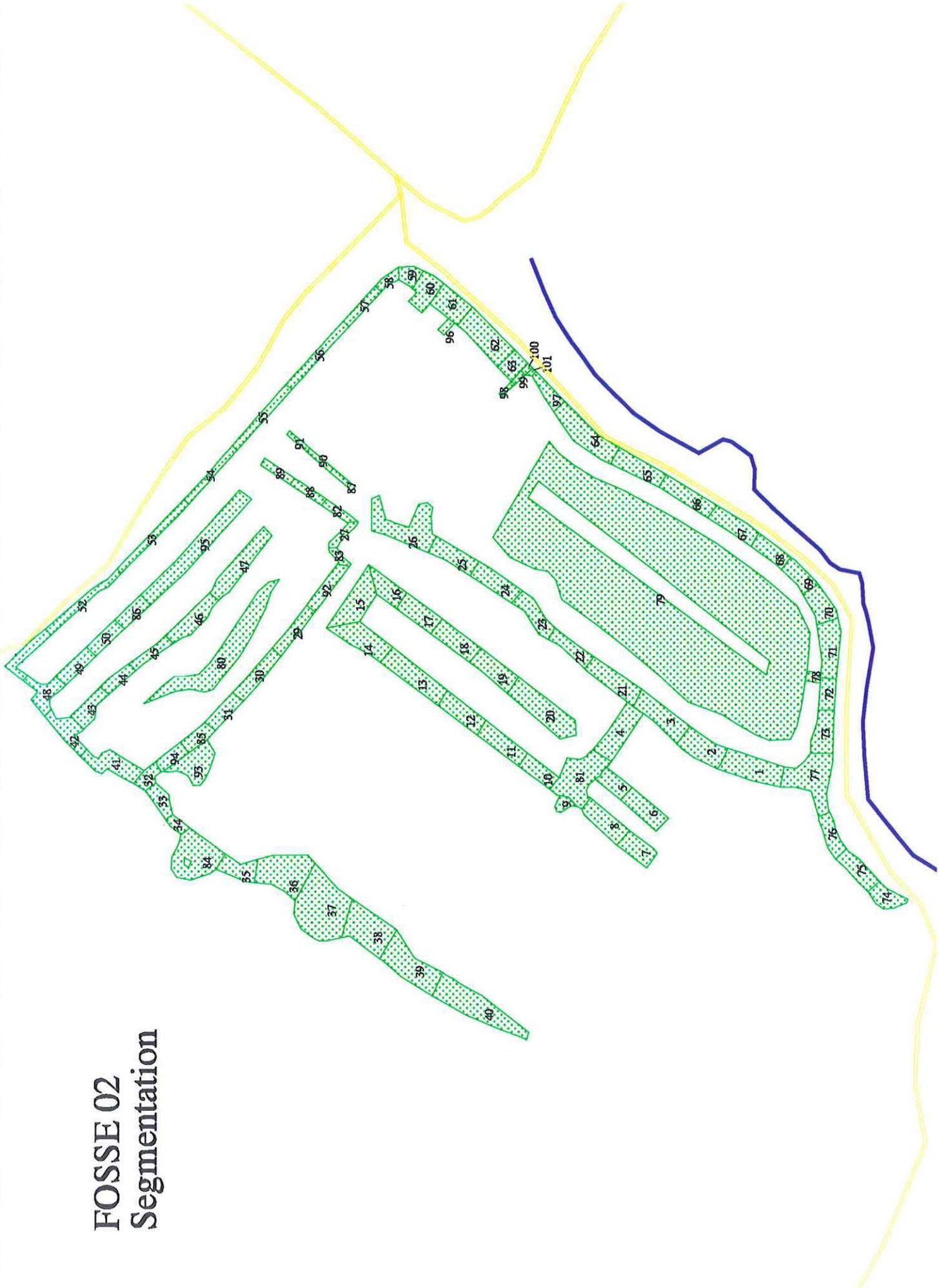


FOSSE 22

ANNEXE 3

Segmentation du fossé N° 2

FOSSE 02 Segmentation

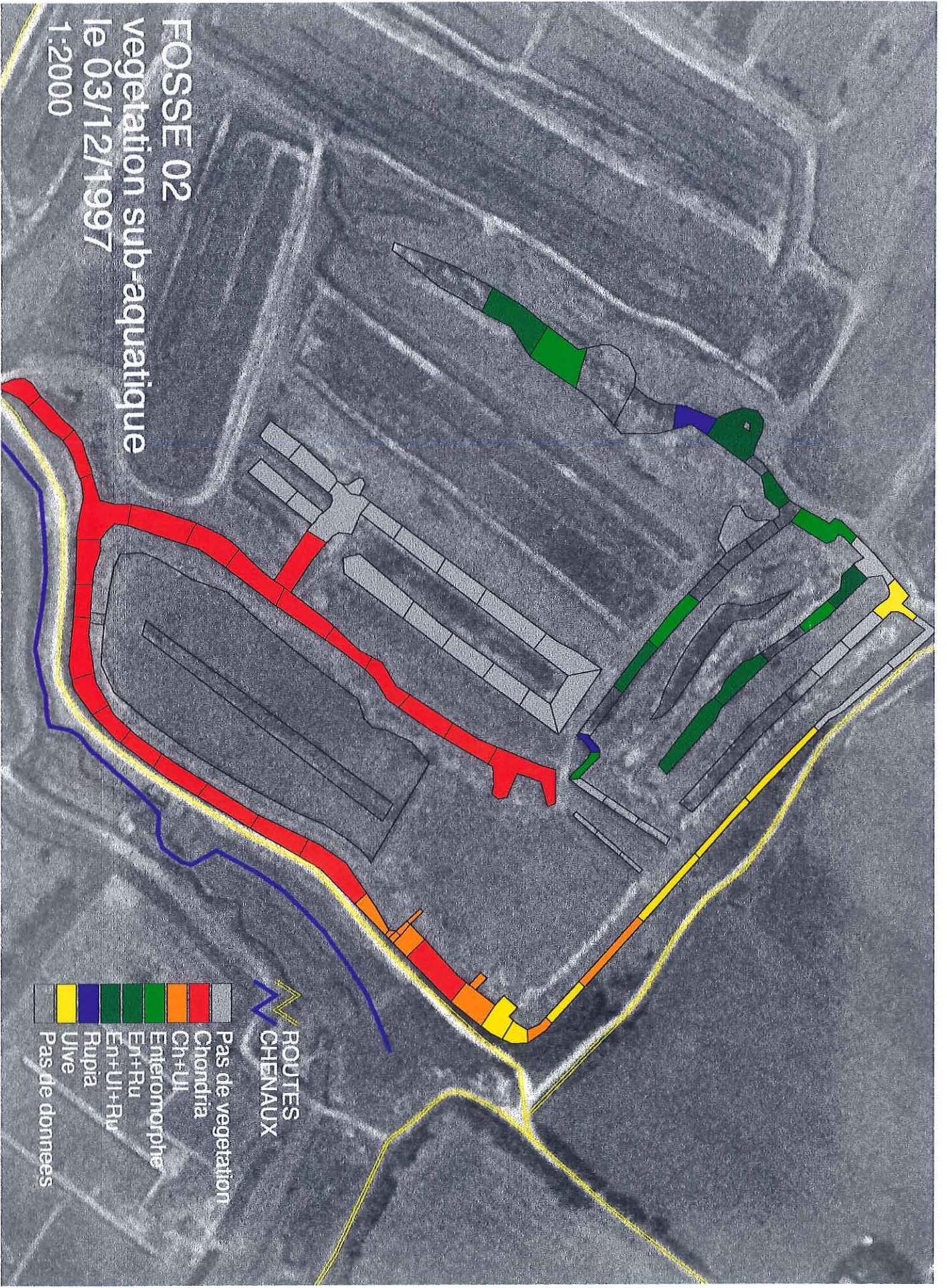


ANNEXE 4

Exemple de cartographie de données spatialisées

- Hauteur d'eau
- Végétation aquatique du fond des fossés

FOSSSE 02
vegetation sub-aquatique
le 03/12/1997
1:2000



- ROUTES
CHENAUX
- Pas de vegetation
 - Chondria
 - Cn+Ul
 - Enteromorpha
 - En+Ru
 - En+Ul+Ru
 - Rupia
 - Ulve
 - Pas de donnees

ANNEXE 5

Exemples de tables attributaires

Shape	Id	Photos	Angle	Nophoto
Point	0	/home2/sigcrema/ivan97/photos02/d251197/pic00	140	1
Point	0	/home2/sigcrema/ivan97/photos02/d251197/pic00	225	3
Point	0	/home2/sigcrema/ivan97/photos02/d251197/pic00	50	2
Point	0	/home2/sigcrema/ivan97/photos02/d251197/pic00	45	4
Point	0	/home2/sigcrema/ivan97/photos02/d251197/pic00	45	5
Point	0	/home2/sigcrema/ivan97/photos02/d251197/pic00	135	6
Point	0	/home2/sigcrema/ivan97/photos02/d251197/pic00	340	7
Point	0	/home2/sigcrema/ivan97/photos02/d251197/pic00	310	8
Point	0	/home2/sigcrema/ivan97/photos02/d251197/pic00	350	10
Point	0	/home2/sigcrema/ivan97/photos02/d251197/pic00	110	11
Point	0	/home2/sigcrema/ivan97/photos02/d251197/pic00	230	13

Shape	Id	Pr010897	Pr031297	Vg031297
Polygon	80		0.20	
Polygon	74	0.70	1.20	Ch
Polygon	75	0.70	1.20	Ch
Polygon	76	0.60	1.20	Ch
Polygon	77	0.75	1.20	Ch
Polygon	73	0.48	1.15	Ch
Polygon	72	0.48	1.15	Ch
Polygon	71	0.70	1.15	Ch
Polygon	70	0.90	1.20	Ch
Polygon	69	0.63	1.10	Ch
Polygon	1	0.55	1.15	Ch
Polygon	2	0.25	1.10	Ch
Polygon	3	0.76	1.30	Ch

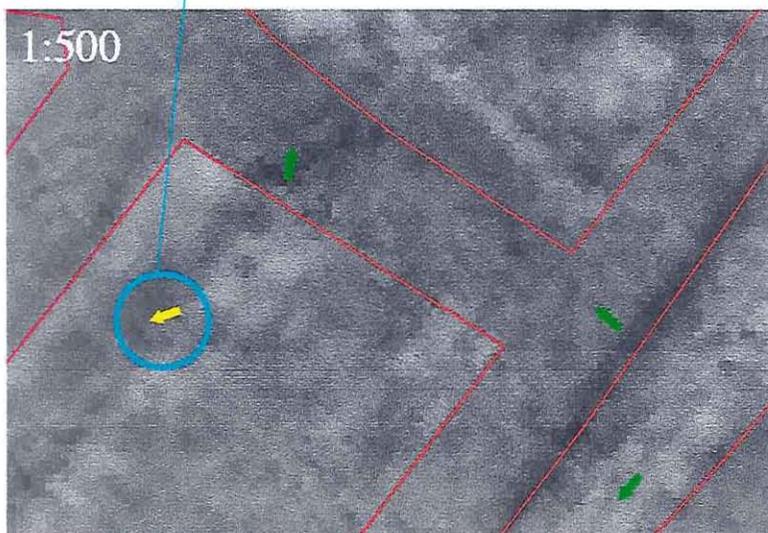
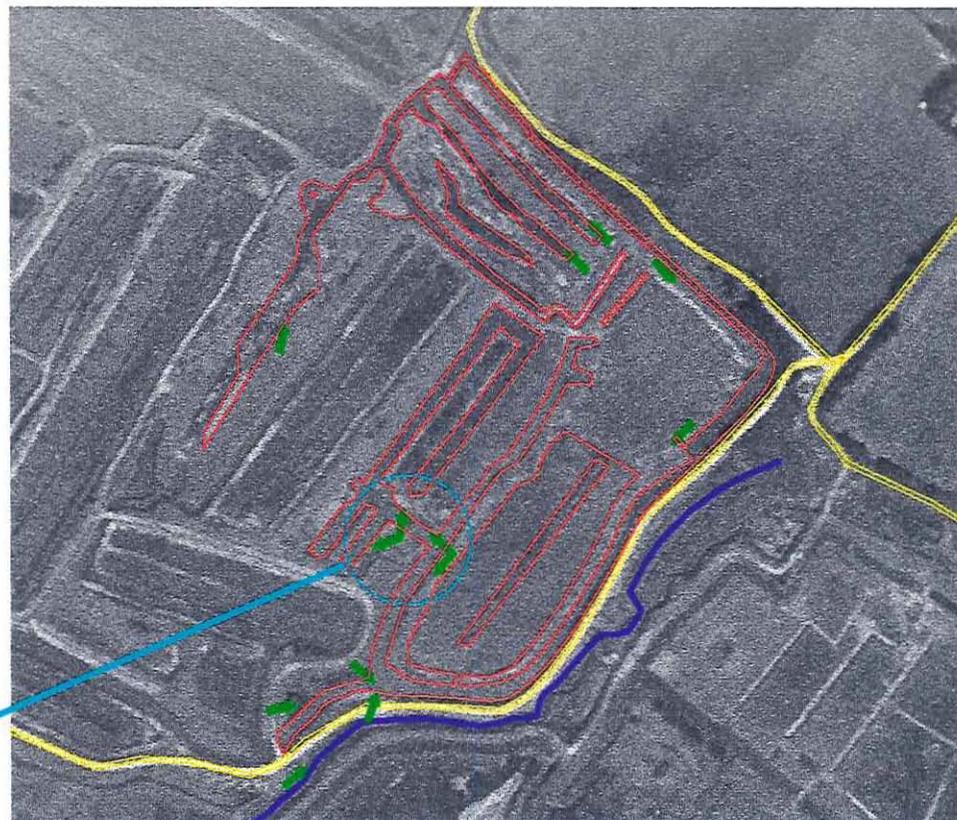
Tables attributaires des fichiers
BIFOS02.SHP et
PHOTO02.SHP

ANNEXE 6

Cartographie des prises de vues

Salicorne

Deblai



*Lien dynamique
entre la
cartographie et la visualisation
d'images numériques
(fosse 02)*