



HAL
open science

Biologie, écologie de *Ludwigia* spp. (plante aquatique exotique envahissante) dans le Sud Ouest de la France (morphologie, production de matière, relation avec la qualité des eaux, compétition inter-spécifique)

Emilie Hoogland

► **To cite this version:**

Emilie Hoogland. Biologie, écologie de *Ludwigia* spp. (plante aquatique exotique envahissante) dans le Sud Ouest de la France (morphologie, production de matière, relation avec la qualité des eaux, compétition inter-spécifique). Sciences de l'environnement. 2004. hal-03805850

HAL Id: hal-03805850

<https://hal.inrae.fr/hal-03805850>

Submitted on 7 Oct 2022

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

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

04/0131

UNIVERSITÉ VICTOR SEGALEN – BORDEAUX 2
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES

ANNÉE 2004-2005

**Biologie et écologie de *Ludwigia* spp.
(plante aquatique exotique envahissante)
dans le Sud Ouest de la France**
(morphologie, production de matière, relation avec la qualité des eaux,
compétition inter-spécifique)

MÉMOIRE

POUR LE MASTER EAU-SANTÉ-ENVIRONNEMENT

Option Logistique

Présenté et soutenu le 22 octobre 2004

Par

HOUGLAND Emilie

Mémoire réalisé à la suite du stage effectué au

Cemagref de Bordeaux-Cestas

sous la direction de

Dutartre Alain

du

5 avril au 22 septembre 2004

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord Monsieur François DELMAS de m'avoir accueilli au sein de l'Unité Qualité des Eaux dont il est responsable et Monsieur Alain DUTARTRE, mon maître de stage, pour m'avoir guidé, conseillé, corrigé et fais confiance tout au long de mon travail au sein de l'équipe Hydrobiologie.

Je n'oublie pas Messieurs Mathieu TORRE, Michel COSTE et Henri BEUFFE, qui ont bien voulu m'accueillir à leur étage voire dans leur bureau (Mathieu).

J'accorde toute ma gratitude à Mademoiselle Emilie BREUGNOT, pour son aide, sa constante bonne humeur (sauf lors du vol de ses affaires !) et sa gentillesse pour venir à ma soutenance.

Il y a encore tellement de personnes que je souhaiterais remercier par quelques mots, toutes ces personnes qui ont su être là, m'encourager et me changer les esprits, alors merci aux « habitants » des algecos et plus particulièrement :

Nils et « Goui² », votre amitié, votre humour, votre complicité, votre charisme et votre joie ont été inestimables. Nils, ta présence et ton aide, dans le hall techno m'ont rendu les mesures sur mes jussies plus faciles et passionnantes ! Quant à toi, « Anto » tu es tout bonnement un phénomène.

J'ai vraiment passé d'agréables moments avec vous trois lors de rencontres sportives et nos nombreux apéro-tarot, que je ne pourrai pas oublier !

Je n'oublie pas Noémie. Tu es arrivée plus tard, mais que dire de ta sympathie et de nos « poz », tu es partie bien vite mais je ne t'oublierai pas.

Enfin merci à « Tintim », un surnom qui te correspond bien, tes bourdes n'ont pas d'égal, ne change rien ! Clara, Romain, Aude, Gilles le dernier resto en votre compagnie est inoubliable (3h30 c'est long mais quelles rigolades !).

RÉSUMÉ

Dans le cadre d'un programme national d'étude des Invasions Biologiques, la dynamique de colonisation d'un espèce de jussie (*Ludwigia hexapetala*) a été étudiée dans différentes zones humides du sud-ouest de la France. L'effet des facteurs biotiques (concurrence interspécifique) et abiotiques du milieu (pH, température, concentration en oxygène, concentration des éléments organiques et minéraux dans l'eau et dans les sédiments) sur le développement des jussies a été étudié. Par ailleurs, un suivi du développement des jussies en conditions contrôlées (aquariums) a été réalisé.

Ces études ont montré la forte capacité d'adaptation de ces macrophytes à des conditions du milieu aussi diverses que variées (selon les sites d'étude) et à des contraintes abiotiques variables (aquariums).

Par ailleurs, leur développement persiste dans des milieux où la compétition interspécifique est forte.

Mots Clés : *Ludwigia hexapetala*, jussie, invasions biologiques, biomasse, phénologie, compétition interspécifique, aquarium, gestion.

ABSTRACT

Aquatic water primrose is one of the most famous aquatic weeds of the south west of France, which causes some management problems in a lot of wetland like a decrease of the stream velocity, biodiversity and problems with fishing activities and tourism. According to this topic, a national program aimed at studying the dynamic of the development of aquatic weeds has been built. So, several wetlands of Aquitaine were studied and development of *Ludwigia hexapetala* (water primrose) was put in relation to water and sediment condition and to other plants presence. In addition, a follow-up of the development of the jussies in controlled conditions (aquariums) was carried out.

These studies showed the strong capacity of adaptation of these macrophytes to conditions of the medium as various as varied (according to sites' of study) and to variable abiotic constraints (aquariums).

In addition, their development persists in mediums where the interspecific competition is strong.

Key Words : macrophytes, *Ludwigia hexapetala*, water primrose, aquatic weeds, biodiversity, interspecific competition, water chemistry, management.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	p.1
I. MATERIEL ET METHODES	p.2
1.1 Les jussies	
1.1.1 Taxonomie	
1.1.2 Distribution géographique	
1.1.3 Caractères morphologiques	
1.1.4 Ecologie	p.4
1.1.5 Reproduction et propagation	
1.1.6 Nuisances engendrées	
1.1.7 Moyens de régulation	p.6
1.2 Présentation des sites d'étude	p.7
1.2.1 Le canal du Grand Lambrusse (lac de Carcans Hourtin)	
1.2.2 L'étang de Léon	
1.2.3 Le Marais d'Orx	
1.3 Protocole expérimental	p.9
1.3.1 Objectifs des expériences	
1.3.2 Mesures phénologiques	
1.3.3 Mesures physico-chimiques	p.11
1.3.4 Mesures chimiques	
1.3.5 Compétition entre les jussies et d'autres plantes	p.12
1.3.6 La capacité d'adaptation des jussies à diverses qualités d'eau	p.13
II. RESULTATS	p.15
2.1 Biomasses sèches	
2.2 Phénologie	p.17
2.2.1 Evolution des longueurs	
2.2.2 Nombre de nœuds et de ramifications	
2.2.3 Les ratios	
2.2.4 Le développement des feuilles	
2.3 Evolution des plantes dans chaque station au cours du temps	p.19
2.3.1 Carcans, le chenal du Grand Lambrusse	
2.3.2 L'étang de Léon	
2.3.3 Le Marais d'Orx	

2.4 Qualité des eaux	p.21
2.4.1 Qualité physico-chimiques des eaux	
2.4.2 Chimie des eaux	
2.5 Compétition entre les jussies et d'autres plantes	p.24
2.5.1 Evolution des plantes exotiques	
2.5.2 Evolution des plantes indigènes	p.26
2.6 La capacité d'adaptation des jussies à des qualités d'eau très diverses	p.27
2.6.1 Biomasses sèches	
2.6.2 Evolution des longueurs	
2.6.3 Nombre de nœuds et de ramifications	p.29
2.6.4 Le développement des feuilles	
2.6.5 Qualité physico-chimique des eaux	p.30
2.6.6 Qualité chimique des eaux	p.31
2.7 Essai de comparaison entre données de terrain et de laboratoire (aquarium)	p.32
III. DISCUSSION	p.33
3.1 Les différences interstationnelles	
3.2 Développement des jussies	p.34
3.3 Compétition à Léon	p.35
3.4 Croissance des jussies en aquariums	p.36
3.5 Comparaison entre développement <i>in situ</i> et en aquarium	
CONCLUSION	p.38
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

INTRODUCTION

La demande croissante d'usages très divers vis-à-vis des milieux aquatiques (cours d'eau, plan d'eau, zones humides) sur l'ensemble du territoire français contribue à accroître les discordances entre ces demandes sociales et les possibilités de satisfaction de ces usages par les hydrosystèmes. Une part de ces discordances est très bien illustrée par l'extension de diverses plantes exotiques à caractère invasif et les difficultés de leur gestion (DUTARTRE, 2002).

Depuis quelques années, ces questions de gestion ont progressivement émergé au niveau du grand public : la médiatisation de la progression très rapide de la macro-algue marine *Caulerpa taxifolia* sur les côtes méditerranéennes a très fortement contribué à ce processus.

La prolifération de ces plantes invasives, introduites en France par le biais des activités humaines, n'est pas sans conséquence. Les impacts de ces invasions biologiques portent généralement sur les usages des milieux colonisés (pêche, chasse, pratique de sport nautique) et la modification de la qualité physico-chimique des eaux, de la biodiversité et de la physique (comblement) des sites colonisés (DUTARTRE, 2002).

Parmi ces espèces végétales invasives figurent les jussies (*Ludwigia sp.*), plantes aquatiques exotiques, qui causent actuellement le plus de nuisances en France et dont la dynamique d'extension inquiète de nombreux gestionnaires.

Ainsi un projet de recherches est engagé, depuis 2003, sur les jussies, dans le cadre du programme « invasions biologiques » (INVABIO), par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Ce projet comporte trois axes thématiques :

- l'étude des mécanismes qui sous-tendent l'invasion et la prolifération de ces espèces en fonction des caractéristiques des sites ainsi que les processus éco-morphologiques des taxons considérés
- l'étude des coûts économiques des interventions de gestion déjà engagées dans les différents sites colonisés et la perception sociologiques et ethnologiques des proliférations végétales
- les modalités de réponse aux questions posées par les gestionnaires sur les interventions à mettre en œuvre.

Dans le cadre du Master Pro « Eau-Santé-Environnement », mon stage s'effectue au **Cemagref** (Centre d'étude du machinisme agricole, du génie rural des eaux et forêts) de Bordeaux, au sein de l'Unité de Recherche Qualité des Eaux et sous la direction de Alain DUTARTRE, hydrobiologiste. L'objectif de mon étude est de caractériser la dynamique de développement des jussies dans plusieurs sites de la région Aquitaine et s'inclut ainsi dans le premier axe du programme **INVABIO**.

L'interprétation des données récoltées au cours du stage complétera celles de biologie et d'écologie, récemment acquises sur les jussies (CHARBONNIER 1999, LEBOUGRE 2001, PELLOTE 2003, ...) de plusieurs sites, dans le cadre du projet « Jussies » ou hors cadre.

I. MATERIELS ET METHODES

1.1 Les Jussies

1.1.1 Taxonomie

Le genre *Ludwigia* appartient à la famille des Onagracées qui comprend une quarantaine d'espèces présentes dans toutes les parties chaudes et tempérées du monde. Il est représenté en France par plusieurs espèces dont deux à caractère invasif: *L. peploïdes* (KUNTH.) et *L. hexapetala*, d'écologies apparemment très proches (DUTARTRE & al. 1997). Cependant la nomenclature reste relativement confuse; une révision taxinomique est actuellement en cours (DANDELOT et al., 2004).

1.1.2 Distribution géographique

D'origine américaine (COOK, 1985), les jussies ont été largement dispersées dans une grande partie des zones tropicales, subtropicales et tempérées du globe. Elles sont présentes en Afrique, en Amérique du Nord (état du sud et du sud-ouest des Etats-Unis), en Australie et en Europe. Elles font partie des plantes introduites volontairement et disséminées en France pour leurs qualités ornementales (aquariophilie, plans d'eau ornementaux).

Les premières introductions accidentelles en France datent des années 1820-1825 dans Le Lez à Montpellier. Depuis les jussies sont présentes surtout dans le sud-ouest et le long de la façade

atlantique, mais elles se répandent de plus en plus vers le nord (DUTARTRE et al., 1997). Leur extension est continue et d'autres sites dans le centre et l'est de la France sont maintenant colonisés. Il est probable que la répartition géographique réelle de ces plantes soit nettement plus importante que ne le laissent supposer ces éléments, compte tenu de leur dynamique actuelle très rapide.

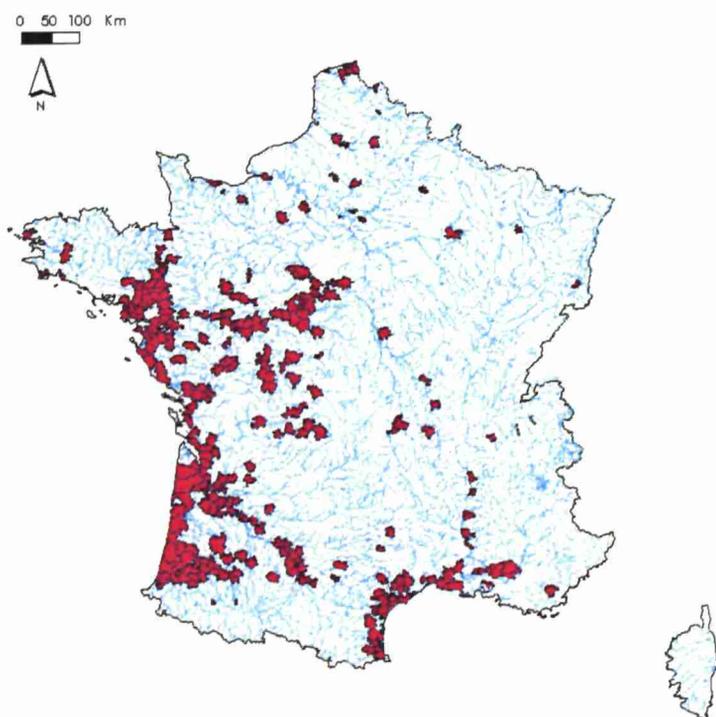


Figure 1 : Carte de répartition des jussies (ANCRENAZ, 2002)

1.1.3 Caractères morphologiques

La jussie est une hydrophyte amphibie, fixée émergente. Cette macrophyte est fixée au substrat et peut donc produire des feuilles émergées et aériennes. Les tiges sont rigides avec de nombreuses ramifications et peuvent atteindre une longueur de 6 mètres et un diamètre de 7 à 10 mm. Des racines adventives assurent une régénération efficace en cas de rupture et se développe même au niveau de l'apex.

Les fleurs d'un jaune vif atteignent 3 à 5 cm de diamètre.

La distinction entre *Ludwigia peploides* et *Ludwigia hexapetala* est relativement difficile du fait de la grande variabilité morphologique de leurs feuilles et tiges mais une distinction à partir des fleurs est possible. Les fleurs de *Ludwigia hexapetala* (figure 2) ont un diamètre compris entre 4 et

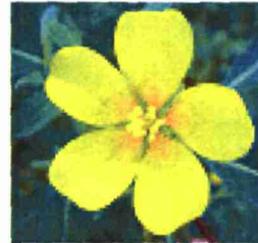
6 cm et les pétales se recouvrent alors que ceux de *Ludwigia peploïdes* (figure 3) sont un peu séparés, les fleurs étant aussi plus petites (3 à 5 cm).

Dans le cadre de mon stage, seule la première espèce *L. hexapetala* a été trouvée sur les stations étudiées.

**Fleurs de 4 à 6 cm
pétales se recouvrant**



PHOTO 1 : *Ludwigia hexapetala*



**Fleurs de 3 à 5 cm
pétales un peu séparés**

PHOTO 2 : *Ludwigia peploïdes*

1.1.4 Ecologie

Elles colonisent de préférence les milieux stagnants ou à faible courant (PIETERSE & MURPHY, 1990) mais leur très vaste amplitude écologique leur permet de se développer également sur d'autres types de milieux comme par exemple les bancs de sédiments, en bordure des cours d'eau (BERNER, 1956, 1971 ; DELATTRE & REBILLARD, 1996), dans des marais et même dans des prairies humides (COUSIN, 2001). Elles peuvent également subsister dans des milieux courants sans proliférer.

Les relations entre les caractéristiques physiques des milieux colonisés et la dynamique de cette colonisation par *Ludwigia* commencent à être connues dans quelques sites faisant l'objet de suivis réguliers dans des contextes d'entretien régulier, comme par exemple les lacs et étangs landais (CASTAGNOS & DUTARTRE, 2001) ou le Marais Poitevin (IIBSN, 2001). Les vitesses de courant jouent un rôle notable sur la phénologie et la production de biomasse des plantes : les données de CHARBONNIER (1999) montrent un développement très réduit et une biomasse faible dans des conditions de courant régulier de quelques décimètres par seconde.

De même, les modes d'occupation des espaces disponibles par ces plantes susceptibles de développer des tiges longues et ramifiées peuvent être très variables selon que le milieu offre des possibilités de développement latéral des plantes ou non ; dans des zones d'herbiers anciens, la grande proximité des pieds oblige les plantes à se développer vers le haut, pour atteindre des hauteurs au-dessus des eaux pouvant dépasser 70 cm (SAINT-MACARY, 1998) alors que dans des

milieux plus ouverts les tiges peuvent s'allonger à la surface des eaux en produisant des ramifications secondaires courtes.

1.1.5 Reproduction et propagation

La reproduction végétative est le mode le plus efficace de propagation et de colonisation de la jussie. Des fragments de tiges de quelques centimètres peuvent subsister durant des périodes relativement longues à la surface des eaux et résistent plusieurs jours à la dessiccation. Les connaissances acquises sur les jussies montrent qu'elles sont capables de produire des graines viables, pouvant permettre le développement de plantules susceptibles de coloniser les biotopes où elles sont installées (DUTARTRE, 2002). Dans la plupart des situations, ces plantules se développent au sein de zones d'herbiers denses où la reproduction végétative des plantes est rapide : les plantules ne sont pas compétitives dans ces conditions et la diminution puis la disparition de la lumière dans les herbiers denses les fait disparaître, probablement en quelques semaines.

1.1.6 Nuisances engendrées

Les nuisances sont principalement d'ordre physique : gêne pour l'éclaircissement, constituée par les herbiers de grande superficie et accélération du comblement des milieux par piégeage du sédiment et accumulation de litière. Ceci a des conséquences sur les usages : gênes vis-à-vis des écoulements (irrigation, drainage), accélération du comblement des milieux et gênes pour la pêche et les sports nautiques par la présence même de l'herbier (GEREA, 1999). En outre, la forte capacité de développement de cette plante limite de façon importante la biodiversité (faune et flore). Les jussies ont également un impact négatif sur la qualité physico-chimique des eaux. Ainsi la quantité d'oxygène et la présence de cette plante sont fortement corrélées négativement : les stations sans jussie sont beaucoup plus riches en oxygène. De même, plus l'herbier est dense et plus le pH est acide (SAINT-MACARY, 1998).

1.1.7 Moyens de régulation (SAINT-MACARY, 1998)

Diverses techniques ont été essayées pour limiter le développement des jussies.

- le contrôle mécanique par arrachage. Il entraîne la formation de boutures qui si elles ne sont pas ramassées permettent à la plante de repousser. Cette technique n'est donc pas adaptée pour les jussies. L'arrachage manuel est également effectué dans certains cas et permet d'enlever la plante entière.

- le traitement chimique : l'emploi d'herbicide est assez régulièrement utilisé dans la régulation des plantes aquatiques. Parmi ceux homologués, un seul produit, le glyphosate, donne des résultats satisfaisants sur les jussies, mais seulement lorsque les plantes sont émergées (DEBATS & DUTARTRE, 2002). Pour de meilleurs résultats, l'application doit être renouvelée régulièrement et il faut prévoir l'enlèvement des plantes mortes pour éviter le comblement du milieu et des perturbations importantes vis-à-vis de la flore et de la faune non visées par le traitement (consommation de l'oxygène). Mais actuellement l'emploi d'herbicides est en voie de moindre utilisation, en particulier à cause d'une faible efficacité et de la contamination générale des eaux par les pesticides, qui rend plus rare le recours à cette technique.

- les techniques du bachâge par un film plastique noir ou de l'interception de lumière par l'adjonction de colorants noirs ou encore par la pose d'écran en fibre de verre, donnent des résultats peu satisfaisants (DUTARTRE & EIGLE, 1997). Cette technique, quand elle est efficace, reste applicable seulement sur des sites de très petites superficies.

- lutte biologique : des essais de lutte par l'introduction de carpes chinoises (poissons phytophages) ont eu lieu, mais les jussies ne font pas partie des plantes facilement consommées par ces poissons et ces tests ont montré l'impossibilité par ces carpes de faire régresser la plante (DUTARTRE & EIGLE, 1997).

- le pâturage n'est apparemment pas une solution efficace pour lutter contre les jussies, puisque celles-ci contiennent des cristaux d'oxalate de calcium dans ces tissus qui leur donnent une très

faible appétence pour la plupart des herbivores (DEBATS & DUTARTRE, 2002). Mais dans certains cas elles sont consommées en petites quantités par certains bovins.

1.2 Présentation des sites d'étude

1.2.1 Le canal du Grand Lambrusse (lac de Carcans Hourtin) (figure 2)

Le Lac de Carcans est situé à 45 km à l'est-nord-est de Bordeaux dans le département de la Gironde.

La station de prélèvement est située sur le canal du Grand Lambrusse drainant une partie du bassin versant du lac au sud est. La station s'étend sur une longueur de 75 m en aval du pont de la D 207 reliant Carcans à Carcans-Océan. La profondeur du canal est d'environ 1,20 m sur l'ensemble de la station. Le substrat est constitué de matière organique qui repose sur un sol sableux. Les berges de ce canal sont convexes et en pente raide. Le courant y est généralement faible (quelques cm par seconde) (PELLOTE, 2003).

1.2.2 L'étang de Léon (figure 3)

Egalement situé dans le département des Landes, l'étang de Léon (3,4 km²) est alimenté par un cours d'eau principal, le ruisseau de la Palue, deux ruisseaux secondaires, le Binaou et le ruisseau du Moulin de Loupsat et un réseau de petits ruisseaux se jetant directement dans l'étang.

Il présente des caractéristiques originales par rapport aux autres plans d'eau du littoral aquitain dans le sens où il ne communique avec aucun autre plan d'eau et qu'il a conservé un débouché direct sur l'océan : le courant d'Huchet.

La station de prélèvements des Jussies se situe au niveau de l'anse sud-est de l'étang. Ce site a également fait l'objet d'une étude précédente (GÉRARD 2003). Dans cette anse peu profonde, les jussies sont installées sur des fonds sableux pourtant peu propices à leur développement, en mélange avec des nénuphars et au moins une espèce de *Potamogeton spp.*, plantes indigènes, et avec le Lagarosiphon et le Myriophylle du Brésil, plantes exotiques également envahissantes. Par ailleurs, cette anse est un milieu complexe, recevant des eaux par des chenaux de faibles dimensions qui semblent pourtant suffire à exclure de la colonisation par les plantes exotiques les parties en eau

plus ou moins courante. D'autres zones de cette anse, malgré des substrats organiques sont également dénuées des plantes exotiques.

1.2.3 Le Marais d'Orx (figure 3)

Le Marais d'Orx (800ha) est situé au sud du département des Landes, à une quinzaine de kilomètres au nord de Bayonne et à quatre kilomètres à l'est de l'océan Atlantique.

Il s'agit d'un ancien marécage, asséché pour la maïsiculture à la fin du XIX^{ème} siècle. Des pompes y ont été installées afin d'évacuer l'eau vers un canal de ceinture qui la draine vers le Boudigau, l'exutoire final. L'alimentation en eau du Marais d'Orx se fait donc essentiellement par les apports météoriques dans la mesure où le canal de ceinture empêche les arrivées d'eau par les trois bassins versants dont le marais dépend.

Le Marais d'Orx est constitué par quatre casiers :

- le casier nord (165 ha) en prairie et en culture de maïs
- le casier central (410 ha) et le casier sud (185 ha) en eau

L'eau s'y écoule de manière gravitaire du casier central vers le casier sud qui débouche dans le Boudigau.

Racheté par le Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres en 1989, il est classé réserve naturelle en 1995 pour son intérêt écologique, notamment en raison d'une avifaune riche.

Les prélèvements de jussies ont été réalisés dans le casier central, au niveau de l'anse des 3 Coûts et dans le casier sud au niveau du batardeau qui le sépare du casier central, lieu-dit le Pont-Noir. Il s'agit de deux stations constamment en eau et exposées à la lumière.

La station du Pont-Noir a fait l'objet de précédentes investigations, notamment par Fabrice PELLOTE (2003) dans le cadre du premier volet du programme INVABIO.

1.3 Protocole expérimental

1.3.1 Objectifs des expériences

Afin de mettre en évidence des différences morphologiques entre les jussies des stations étudiées, des mesures de phénologie, destinées à évaluer ces différences, ont été effectuées sur des échantillons prélevés sur chacune d'elles. Ceci permettra d'établir les différentes stratégies d'évolution des plantes selon le milieu qu'elles colonisent. Les conditions abiotiques du milieu ont également été étudiées à chaque station. Ainsi des mesures physico-chimiques et chimiques ont été effectuées à chaque campagne, afin de mieux caractériser les stations et de mettre en évidence les facteurs qui peuvent influencer la morphologie et le développement des jussies.

Ces expérimentations serviront ainsi à formuler ultérieurement des propositions de gestion dans le but de limiter le développement de la jussie dans les milieux colonisés.

Par ailleurs, un des impacts importants du développement des jussies est la régression, voire la disparition des espèces végétales moins compétitives (indigènes ou non) qui colonisent les mêmes biotopes. Ainsi des campagnes successives d'observation de la jussie et d'autres plantes ont été réalisées afin d'apprécier les dynamiques des différentes plantes en compétition spatiale avec les jussies dans les mêmes biotopes, et de proposer des « patrons » de colonisation. Ce suivi a été effectué au niveau de l'anse sud-est de l'étang de Léon, qui constitue un « laboratoire de terrain » tout à fait intéressant (GÉRARD, 2003).

Enfin, la capacité d'adaptation des jussies à diverses qualités d'eau a été étudiée à l'aide d'expériences menées en aquariums.

1.3.2 Mesures phénologiques

Les jussies ont été prélevées dans chaque station et conservées dans un sac plastique jusqu'à leur exploitation en laboratoire. 30 plants de jussies sont ainsi collectés par campagne et par site afin de permettre une représentation statistique suffisante des données. Les prélèvements ont été effectués au hasard dans des zones de colonisation homogène et similaires à chaque campagne.

Les sacs sont disposés dans une glacière pendant le transport et sont ensuite placés au réfrigérateur à 5°C, ce qui permet une conservation des échantillons pendant deux semaines maximum, dans un état suffisant pour les examiner.

Les campagnes ont été réalisées au cours du printemps et de l'été 2004, espacées de 3 à 4 semaines.

Pour des raisons techniques, seulement deux campagnes de prélèvement ont été effectuées sur les deux stations du Marais d'Orx (3 Coûts et Pont-Noir). De plus, à la station de Carcans, les jussies n'ont pu être prélevées que sur les berges, le lit du canal ayant fait l'objet d'un arrachage manuel.

Les dates de prélèvement de 2004 sont désignées dans le tableau suivant :

Campagnes	Carcans	Léon	Orx 3 Coûts	Orx Pont-Noir
1	04-mai	27-avr	27-avr	27-avr
2	27-mai	26-mai	27-mai	27-mai
3	30-juin	30-juin		
4	28-juil			

Le travail de laboratoire consiste à mesurer les paramètres suivants (figure 4) :

- Longueur de la tige principale
- Longueur et nombre des ramifications
- Nombre de bourgeons, de fleurs, de fleurs fanées
- Nombre de nœuds par tige et par ramification
- Longueur, largeur du limbe, longueur du pétiole de 30 feuilles

Lt : longueur de la tige principale (cm)
 Nr1, Nr2 : longueur et nombre de
 ramifications
 Nb : nombre de bourgeons
 Nf : nombre de fleurs
 Nff : nombre de fleurs fanées

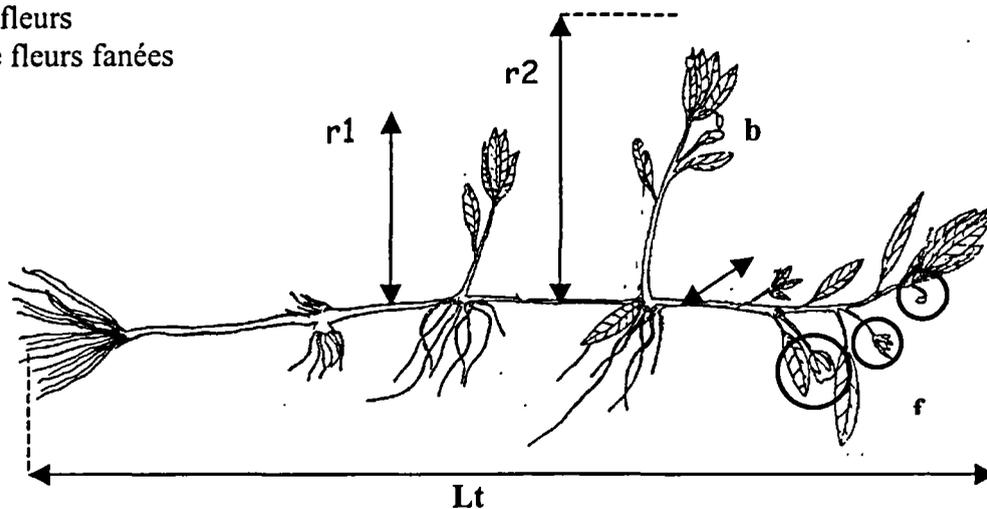


Figure 4 : schéma des mesures phénologiques (extrait de LÉBOUGRE, 2001).

Ces mesures de base permettent de calculer d'autres paramètres qui serviront à caractériser les différences morphologiques entre les jussies des différentes stations.

Par ailleurs, les différentes parties des plantes sont rincées, séparées et mises dans une étuve à 70°C. Des pesées sont réalisées régulièrement jusqu'à l'obtention d'un poids sec constant. Les biomasses ainsi mesurées permettent de comparer le développement des plantes des différentes stations.

1.3.3 Mesures physico-chimiques

Les suivis physico-chimiques permettent également de caractériser les stations d'étude. La température, le pH, la conductivité et la concentration en oxygène ont été mesurés *in situ* lors de chaque campagne de prélèvement de jussies grâce à des appareils de mesures de marque WTW.

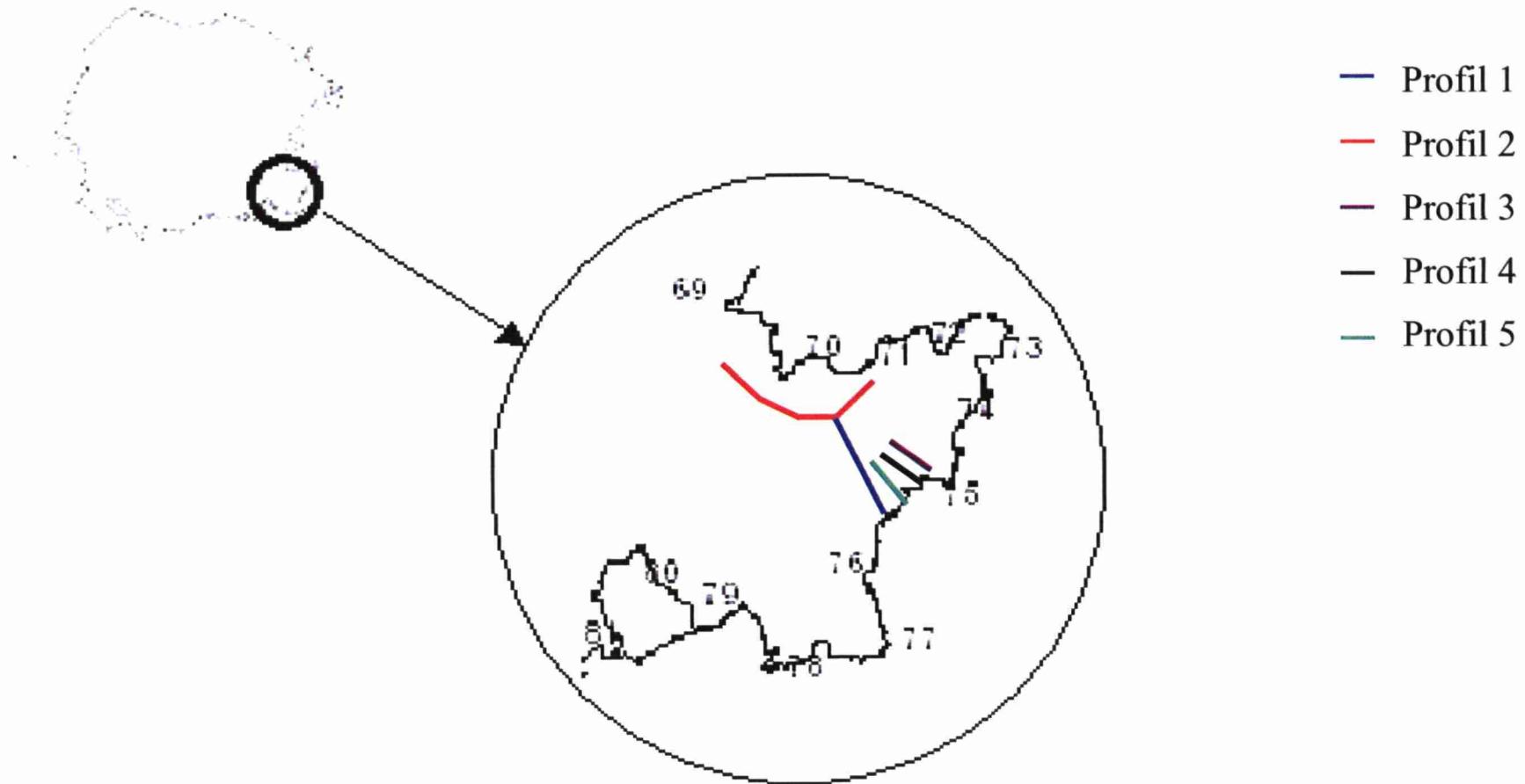


Figure 5 : Disposition des 5 profils au niveau de l'anse sud-est de l'étang de Léon

1.3.4 Analyses chimiques

Parallèlement aux collectes de jussies, des prélèvements d'eau ont été réalisés.

Les paramètres chimiques suivants ont été mesurés :

- Matière en suspension
- Fraction organique des MES (% MES)
- Fraction minérale des MES (en %)
- Détermination de l'indice permanganate
- Titre alcalimétrique (TA)
- Titre alcalimétrique complet (TAC°)
- Nitrate (en NO₃-)
- Nitrate (en N)
- Nitrite (en NO₂-)
- Nitrite (en N)
- Azote ammoniacal (en NH₄⁺)
- Azote ammoniacal (en N)
- Azote minéral soluble (en N)
- Azote Kjeldahl (en N)
- Azote organique (en N)
- Orthophosphate (en PO₄³⁻)
- Phosphore total eau brute (en PO₄³⁻)
- Phosphore total eau brute (en P)

1.3.5 Compétition entre les jussies et d'autres plantes

Au niveau de l'anse sud-est de l'étang de Léon, 5 profils ont été déterminés à l'aide d'un cordage et positionnés géographiquement (figure 5).

Les caractéristiques des cinq profils sont précisées dans le tableau suivant :

Profils	1	2	3	4	5
Longueur (m)	100	100	20	30	30
Profondeur moyenne (cm)	70	75	60	80	60
Orientation			126°W	148°W	140°W

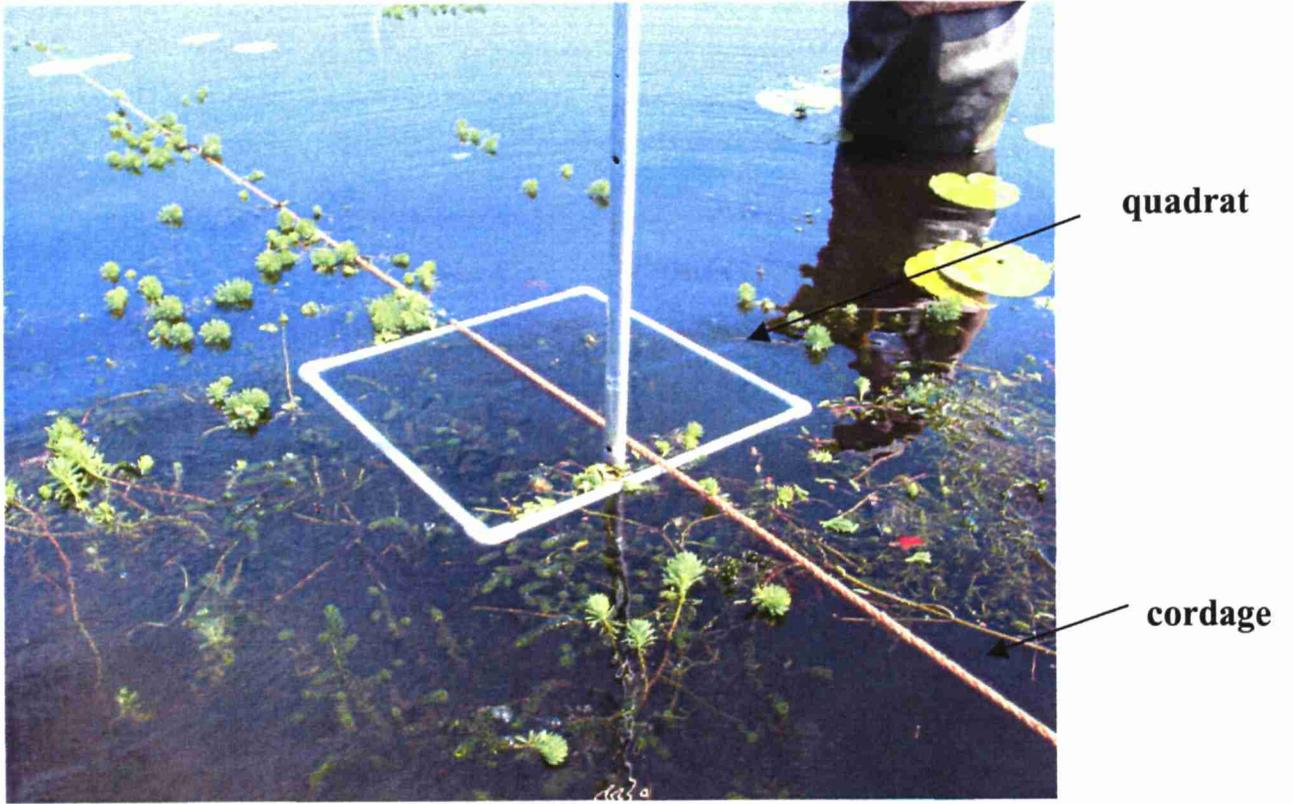


PHOTO 3 : Matériel d'observation pour l'étude de la compétition

Le long de ces profils, un quadrat de 50×50 cm a été déplacé de façon continue de manière à examiner le pourcentage de recouvrement de chaque espèce présente (PHOTO 3). La profondeur a été évaluée à 10 cm près à chaque quadrat, ainsi que la nature du fond (sable dominant, vase dominante) (photo 1).

Quatre (1, 3, 4 et 5) des cinq profils partent de la rive et sont quasiment parallèles entre eux. Ils sont ainsi soumis aux mêmes influences du vent et de la houle, qui peuvent être importants dans cette partie des rives soumises aux vents dominants. Le profil 2 est, quant à lui, situé entre des piquets disposés non loin de tonnes de chasse. Le vent y est plus faible mais ce site subit l'influence du cours d'eau de la Palue.

Les tableaux, en annexe 9 et 10, indiquent les calculs de la fréquence des taxas sur l'ensemble des quadrats de chaque profil ainsi que le recouvrement moyen de chaque espèce sur les 5 profils lors des 3 campagnes d'observation. Une comparaison du recouvrement relevé à chaque campagne d'observations a ensuite été réalisée.

Plusieurs approches sont ainsi considérées : une approche quantitative (avec le recouvrement moyen), qualitative (avec les taxas) et géographique (avec le positionnement des profils).

1.3.6 La capacité d'adaptation des jussies à diverses qualités d'eau

Pour réaliser cette expérience, des plants de jussies en provenance du petit étang de Biscarosse ont été spécifiquement prélevés. 8 plants ont été disposés dans chacun des 6 aquariums contenant des eaux de provenance et donc de qualité différentes : Lac de Biscarosse, Lac de Carcans Hourtin, étang de Léon, Marais d'Orx (3 Coûts et Pont-Noir) et eau du robinet (témoin). Les aquariums sont en verre et ont pour dimensions : 38,5 cm en longueur, 20 cm en largeur et 46 en hauteur.

Avant le début de l'expérience tous les plants ont été calibrés pour ne mesurer que 25 cm à partir de l'apex. Ils ont ensuite été disposés sur un grillage plastique situé au fond des aquariums afin de les maintenir redressés et séparés les uns des autres. Les aquariums ont été remplis de manière à ce que le niveau d'eau soit égal dans tous les aquariums. Pour simuler les conditions d'ensoleillement naturelles, des néons ont été disposés au-dessus des aquariums avec un cycle de 12h d'éclairage.

Parallèlement sur 8 autres plants, également calibrés, des mesures de phénologie et de biomasse ont été effectuées, servant ainsi de référence (T₀).

Une fois par semaine, au même jour et à la même heure, des mesures physico-chimiques ont été effectuées (température, pH, conductivité, concentration en oxygène et hauteur d'eau) pour suivre l'évolution de la qualité des eaux.

Au bout de 4 semaines, les plants ont été retirés des aquariums, disposés dans des sacs plastiques et conservés au réfrigérateur à 5°C avant d'effectuer les mesures de phénologie et de biomasse. Pour éviter un biais au niveau de la mesure de biomasse par rapport à la référence, les feuilles mortes, séparées des tiges, ont également été récupérées.

Parallèlement, 2 litres d'eau de chaque aquarium ont été échantillonnés et analysés au laboratoire. Les paramètres chimiques mesurés sont identiques à ceux vus précédemment.

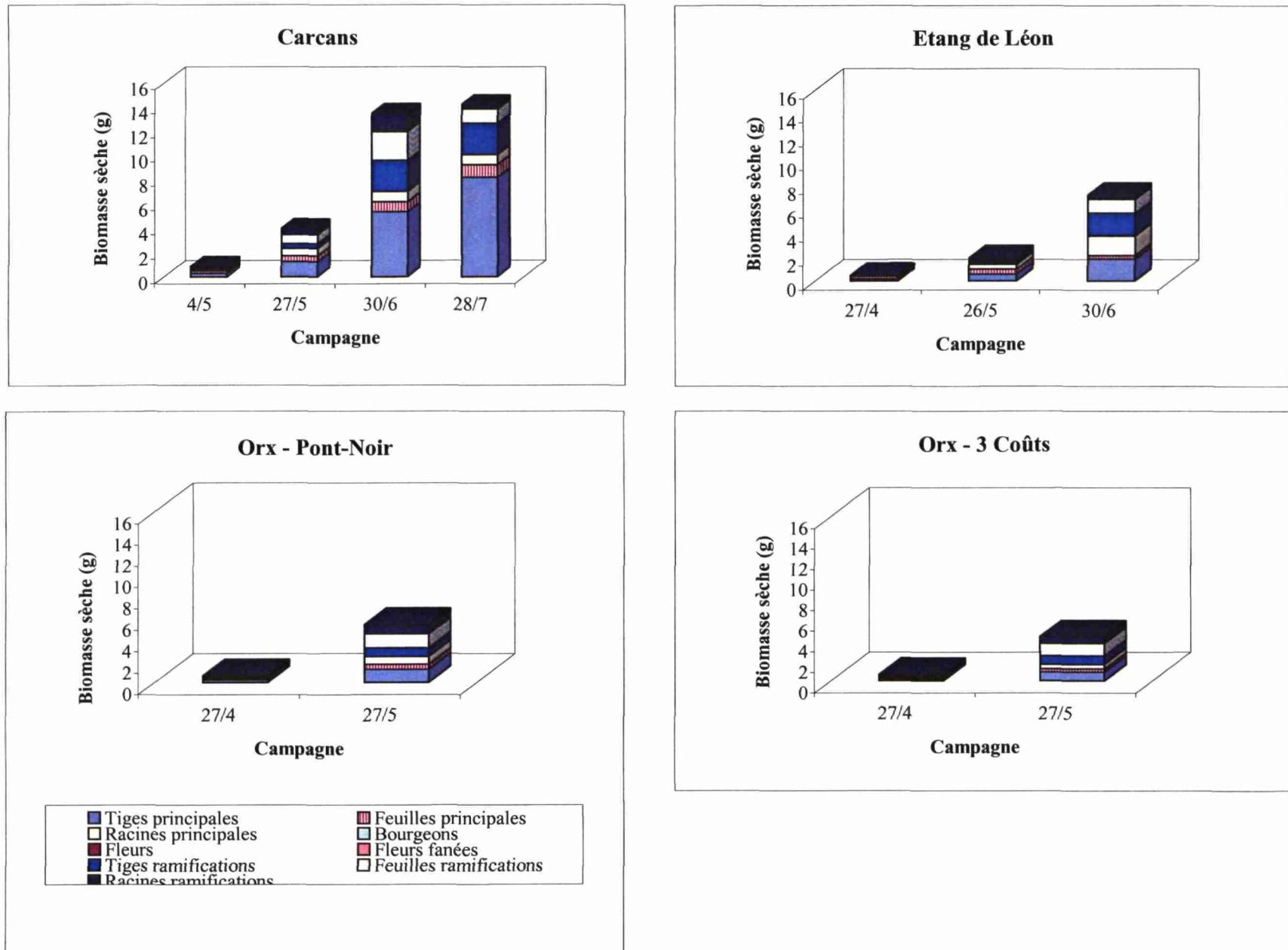


Figure 6 : Evolution des biomasses sèches des différents organes des plantes à chaque campagne

II. RESULTATS

2.1 Biomasses sèches (figure 6)

Le tableau des résultats des biomasses sèches moyennes par plante figure en annexe 2. Tout d'abord, on constate une augmentation de la biomasse moyenne au cours des différentes campagnes de prélèvement. Cependant pour des prélèvements effectués à la même date, les biomasses diffèrent. Ainsi, pour le site du Marais d'Orx entre les deux stations de prélèvement, il existe déjà une différence au mois de mai : au Pont-Noir la biomasse moyenne globale est plus élevée qu'au 3-Coûts (5,4 g pour Pont-Noir contre 4,3 g au 3-Coûts). Une biomasse un peu moins élevée est également observée à la même période à Carcans (environ 4 g) et une plus grande différence apparaît entre Léon et les autres stations (1,9 g). Cette écart s'amplifie à la fin du mois de juin entre Carcans et Léon (13,5 g pour Carcans contre 7,2 g pour Léon).

Par ailleurs, on remarque que les différentes parties de la plante ne jouent pas le même rôle dans la biomasse des jussies. Ainsi, les parties secondaires (tiges, feuilles et racines des ramifications) ne se développent qu'à partir du mois de juin à Carcans et Léon. En outre les parties fertiles des plantes (bourgeons, fleurs et fleurs fanées) n'influencent pas la biomasse totale, car elles ne sont pas encore développées.

Le tableau 1 donne les taux d'accroissement en biomasse des différentes parties des plantes à chaque station :

Station	Période	Temps (jours)	Tp	FTp	RTp	Tr	Fr	Rr	Total
Carcans	du 4/5 au 27/5	23	0,041	0,012	0,019	0,014	0,028	0,021	0,135
	du 27/5 au 30/6	34	0,121	0,010	0,007	0,065	0,048	0,030	0,281
	du 30/6 au 28/7	28	0,102	0,008	-0,001	0,001	-0,043	-0,041	0,025
Léon	du 27/4 au 26/5	29	0,013	0,006	0,012	0,004	0,006	0,009	0,050
	du 26/5 au 30/6	35	0,036	-0,003	0,035	0,051	0,028	0,003	0,150
Orx 3 Coûts	du 27/4 au 27/5	30	0,022	0,005	0,013	0,025	0,036	0,022	0,123
Orx Pont-Noir	du 27/4 au 27/5	30	0,032	0,011	0,021	0,025	0,041	0,028	0,159

Tableau 1 : Accroissements moyens en g/j de chaque partie des jussies aux différentes stations entre chaque campagne. Abréviations : Tp : tiges principales, FTp : feuilles de tiges principales, RTp : racines de tiges principales, Fl : fleurs, FIF : fleurs fanées, Bg : bourgeons, Tr : tiges de ramifications, Fr : feuilles de ramifications, Rr : racines de ramifications.

Le tableau précédent montre que l'essentiel de la prise de biomasse des plantes se fait par les tiges principales pour les stations de Carcans et de Léon, alors que pour les deux stations du Marais d'Orx, elle se fait par les feuilles de ramifications.

Par ailleurs, le tableau 2 nous indique les temps de doublement de la biomasse initiale en jours, calculés entre les dates de la première et la dernière campagne de prélèvement à chaque station :

Station	Carcans	Léon	Orx-3 Coûts	Orx-Pont Noir
Période	du 4/05 au 28/07	du 27/04 au 26/07	du 27/04 au 27/05	du 27/04 au 27/05
Temps de doublement (j)	5,5	4,5	5,0	4,0

Tableau 2 : temps de doublement de la biomasse.

Les quatre stations indiquent des temps de doublement assez proches et faibles. Il est toutefois assez difficile de comparer les résultats des deux stations du Marais d'Orx, avec ceux des autres stations, dans la mesure où seulement deux campagnes de prélèvements ont pu être effectuées. Ainsi, un autre calcul, à partir des deux premières campagnes sur Carcans et Léon, s'impose (tableau 3).

Station	Carcans	Léon	Orx-3 Coûts	Orx-Pont Noir
Période	du 4/05 au 27/05	du 27/04 au 26/05	du 27/04 au 27/05	du 27/04 au 27/05
Temps de doublement (j)	6,4	9,5	5,0	4,0

Tableau 3 : temps de doublement de la biomasse (sur les deux premières campagnes).

Ce nouveau tableau montre que les temps de doublement des plantes, calculés sur la même période, sont les plus faibles au niveau des deux sites du Marais d'Orx (4,5 j en moyenne contre 6,4 pour Carcans et 9,5 pour Léon).

On se rend également compte que les temps de doublement aux deux autres stations sont plus élevés par rapport au calcul précédent (tableau 2). Par exemple, il n'est que de 4,5 j à Léon sur l'ensemble de la période d'étude contre 9,5 j sur le premier mois de l'étude. L'accroissement des jussies a donc été plus rapide à partir de la deuxième campagne à Carcans et Léon.

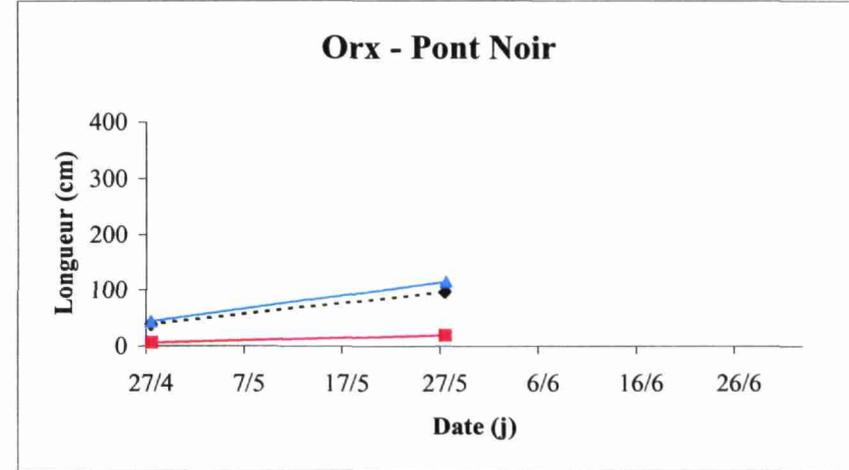
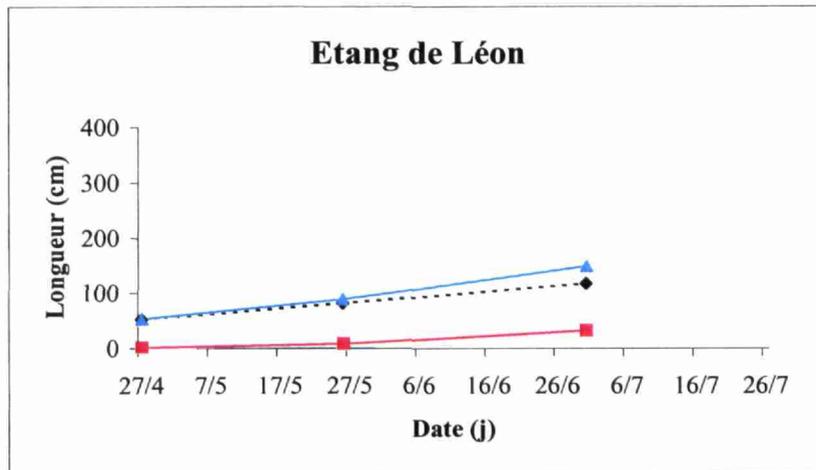
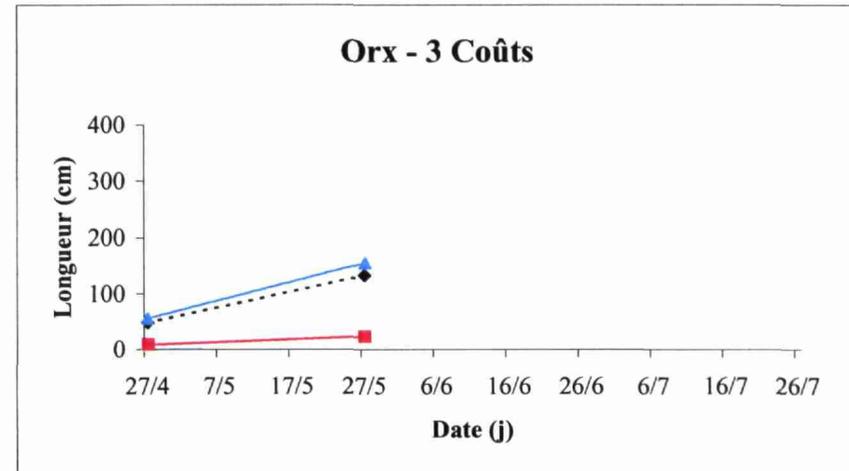
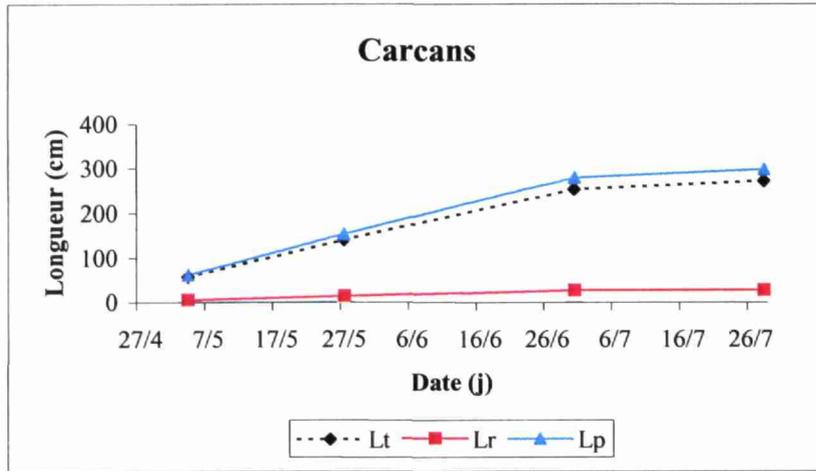


Figure 7 : Evolution de la longueur moyenne des tiges, des ramifications et des plantes

2.2 Phénologie

2.2.1 Evolution des longueurs

La figure 7 montre l'évolution de la longueur moyenne des tiges, des ramifications et des plantes (mesures et écart-type en annexe 3). Le tableau 4 indique l'accroissement des organes entre chaque campagne et à chaque station.

Station	Période	Temps (jours)	Lt	Lr	Lp
Carcans	du 4/5 au 27/5	23	3,60	0,38	0,69
	du 27/5 au 30/6	34	3,33	0,39	0,60
	du 30/6 au 28/7	28	0,65	0,00	-0,14
Léon	du 27/4 au 26/5	29	0,99	0,21	0,27
	du 26/5 au 30/6	35	1,04	0,68	0,05
Orx 3 Coûts	du 27/4 au 27/5	30	2,82	0,48	0,90
Orx Pont-Noir	du 27/4 au 27/5	30	1,95	0,45	0,97

Tableau 4 : Accroissement des organes en cm/j. Lt : longueur de la tige, Lr : longueur des ramifications, Lp : longueur de la plante.

La longueur moyenne des plantes augmente régulièrement à Carcans et à Léon mais d'une façon toutefois plus importante en ce qui concerne Carcans entre le début et la fin du mois de mai. En effet, à Carcans la longueur des plantes (Lp) passe de 60,5 à 152,2 cm alors que sur la même période, à Léon, elle passe seulement de 52,1 à 87,1 cm. Ceci se traduit par un taux d'accroissement plus élevé à Carcans : 0,69 cm/j contre 0,27 cm/j à Léon.

En outre, on remarque que ce sont essentiellement les tiges principales qui participent à l'allongement de la plante à la station de Carcans. La longueur totale de la plante est influencée de manière très minoritaire par la longueur des ramifications.

En revanche, une augmentation de la longueur moyenne des ramifications est observée à Léon entre les deux dernières campagnes (30,1 cm fin juin contre 6,2 cm fin mai). Ceci est dû au fait que, les tiges finissant par se casser ou par être mangées par la faune aquatique (par exemple des écrevisses, ...), la croissance de la plante se poursuit par un développement des ramifications. C'est pour cette raison que, lors de la troisième campagne au Marais d'Orx (non indiquée sur les graphiques), la récolte de jussies n'a pu être effectuée. En effet l'enchevêtrement trop important des nombreuses grandes ramifications des plantes a rendu impossible leur ramassage. La cassure de l'apex de la plupart des plantes a également été observée.

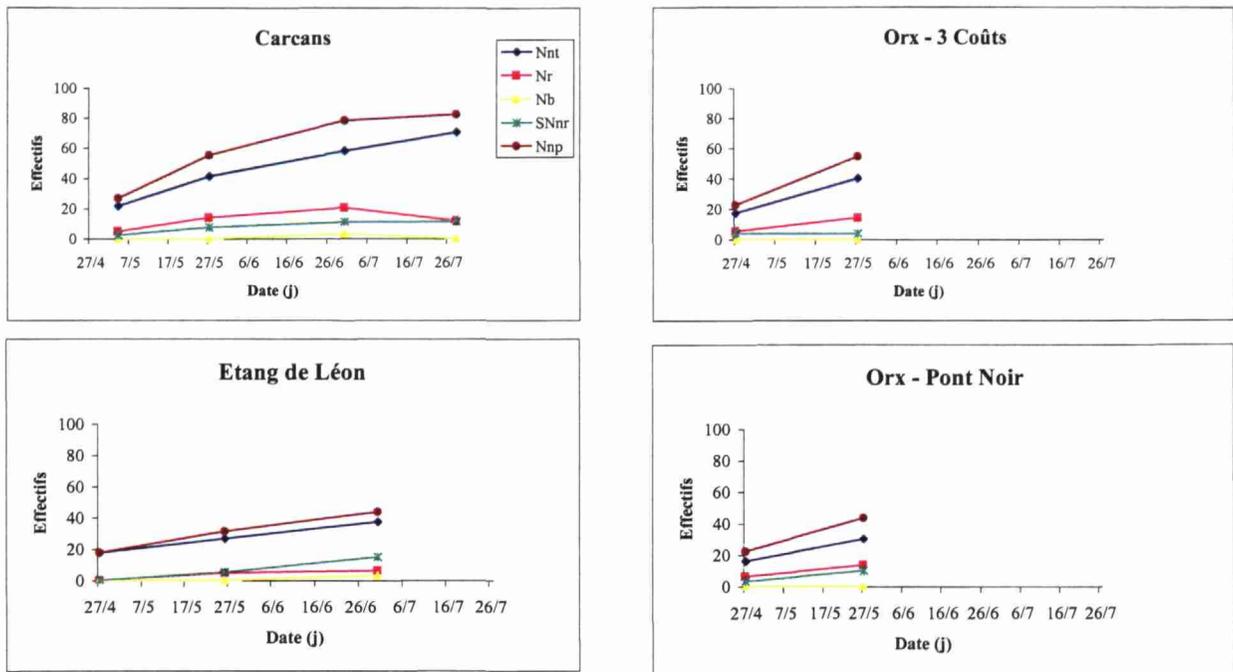


Figure 8 : Evolution des nombres moyens des nœuds, des ramifications et des organes reproducteurs sur les différents

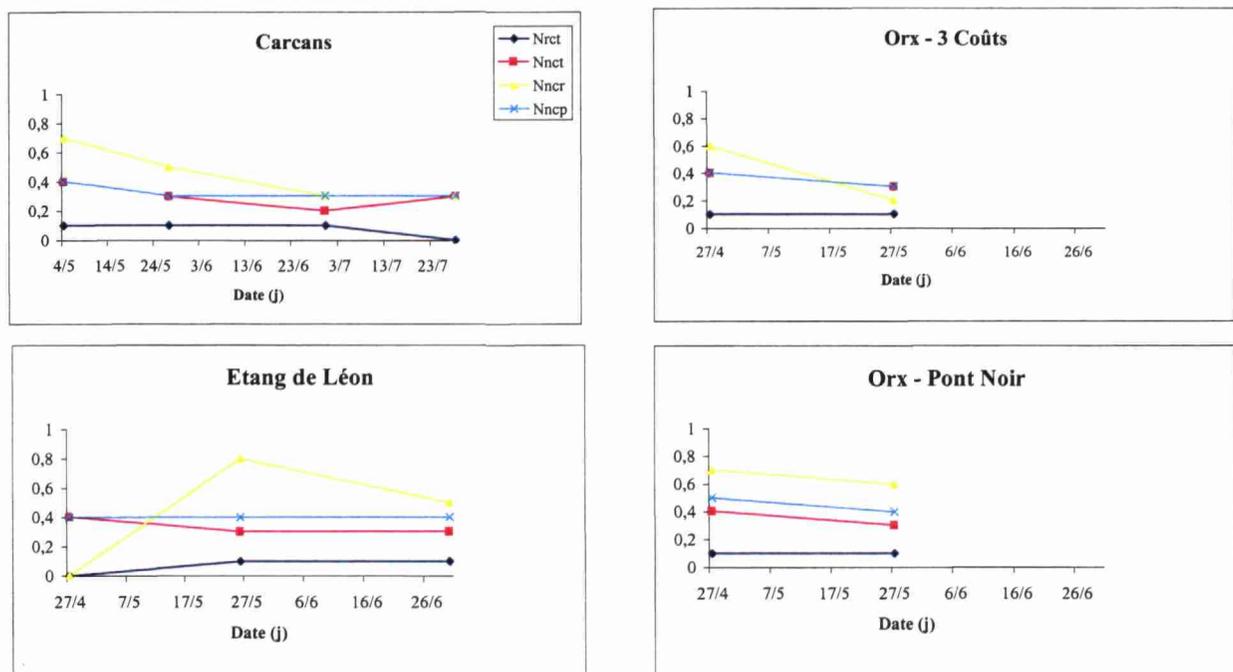


Figure 9 : Evolution des ratios calculés sur les tiges

Ainsi l'allongement de la plante entière est tout d'abord influencée par la tige principale, puis il varie sous l'influence de la longueur des ramifications.

2.2.2 Nombre de nœuds et de ramifications

A Carcans, le nombre moyen de nœuds par plante – Nnp - (figure 8 et annexe 4) augmente régulièrement et parallèlement au nombre moyen de nœuds par tige (Nnt), sur toute la période d'échantillonnage. Le nombre de nœuds des ramifications (Nr) ne joue pas de rôle important. Par exemple, le 28 juillet à Carcans, la valeur du Nr n'est que de 11,5 alors que celle du Nnt (70,7) est très proche de celle du Nnp (82,2).

Graphiquement il en est de même pour les trois autres stations en ce qui concerne l'augmentation de Nnp. Cependant, comme nous l'avons vu précédemment (2.2.1), sur ces trois sites, le développement des jussies s'effectue par les ramifications à partir d'un certain temps. Mais ceci ne transparait pas sur les graphiques. Ainsi pour ces stations ce serait plutôt le nombre de nœuds des ramifications qui influencerait le nombre de nœuds de la plante entière.

2.2.3 Les ratios

Différents ratios ont été calculés afin d'évaluer la croissance des jussies sur les 4 stations : le nombre de ramifications par cm de tige (Nrct), le nombre de nœuds par cm de tige (Nnct), le nombre de nœuds par cm de ramifications (Nncr) et le nombre de nœuds par cm de plante (Nncp). Ces ratios permettent à la fois d'estimer le taux de ramification des jussies à chaque station et de voir si celles-ci sont capables de développer des feuilles, des ramifications et des racines (figure 9 et annexe 5).

Le nombre de nœuds par cm de ramification est supérieur au nombre de nœuds par cm de tige sur la totalité de la période d'étude sur l'ensemble des stations, à l'exception de la première campagne de prélèvement à Léon. En effet aucune plante de jussie n'avait de ramifications (Nncr=0) alors que les nœuds de la tige se trouvaient en moyenne tous les 0,4 cm. Par ailleurs, le Nncr diminue au cours du temps pour toutes les stations, parallèlement à l'allongement des tiges et des ramifications. Ceci illustre bien la croissance des entre-nœuds et le développement en longueur de la tige et de l'ensemble des ramifications apparues au début du printemps. Le nombre moyen de ramifications par cm de tige est le chiffre qui subit les variations les plus faibles avec des écarts-types peu élevés.

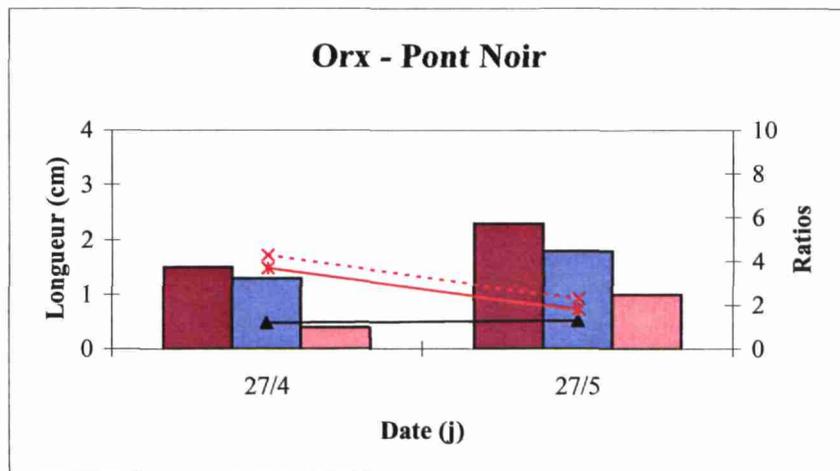
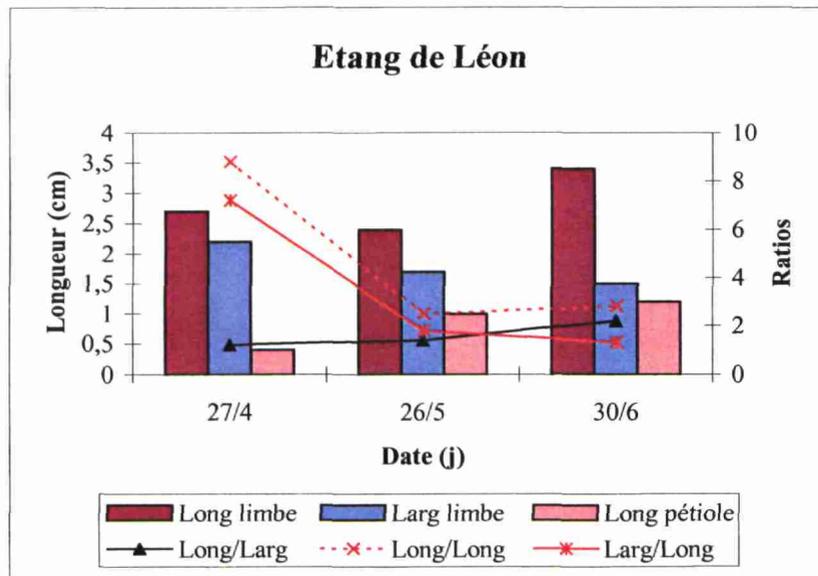
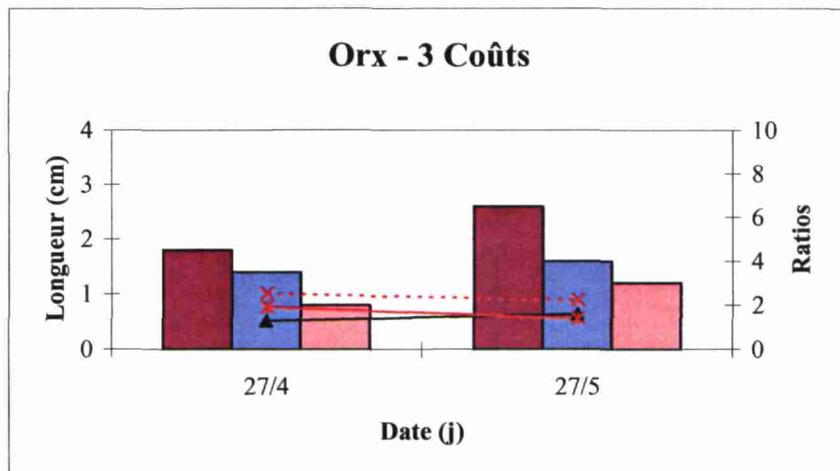
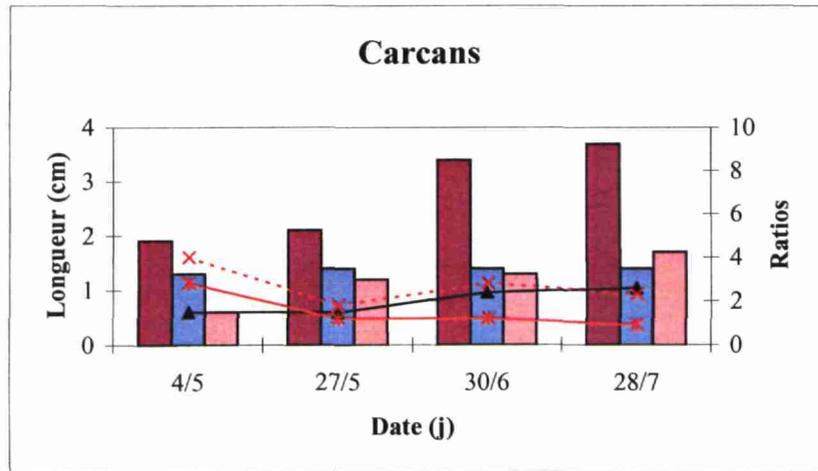


Figure 10 : Evolution des dimensions moyennes des feuilles et de leurs rapports

2.2.4 Le développement des feuilles (figure 10 - annexe 6)

Les longueurs des limbes sont toujours supérieures aux largeurs des limbes. En effet, la longueur moyenne du limbe, calculée sur l'ensemble des stations et de la période d'étude, est de 2,5 cm alors que celle de la largeur n'est que 1,5 cm. Par ailleurs, le limbe atteint une longueur maximale de 3,7 cm à Carcans fin juillet alors que la largeur ne dépasse pas 2,2 au maximum, début avril à Léon.

Le rapport « longueur du limbe sur largeur du limbe » (LongLarg) varie peu au cours du temps sur l'ensemble des stations sauf à Carcans où celui-ci augmente à partir du mois de juin (2,6 fin juillet contre 1,5 début mai), les feuilles devenant beaucoup plus longues que larges.

Le rapport « longueur du limbe sur longueur du pétiole » (LongLong) diminue sur l'ensemble des stations et notamment à Léon et au Pont-Noir. Cette diminution traduit une augmentation du pétiole des feuilles également observée graphiquement. Le rapport « largeur du limbe sur longueur du pétiole » (LargLong) suit la même évolution.

Par ailleurs, la longueur des limbes augmente au cours des différentes campagnes de prélèvement alors que la largeur augmente également mais plus faiblement. Celle-ci diminue même au cours du temps à Léon, passant de 2,2 à 1,5 cm, entre la première et la dernière campagne. Ce développement général traduit un développement de la surface des plantes et donc un accroissement de la capacité de photosynthèse.

En outre ces mesures subissent de faibles variations sur l'ensemble des stations et des campagnes, montrant une forte homogénéité de ces organes.

2.3 Evolution des plantes dans chaque station au cours du temps

2.3.1 Carcans, le chenal du Grand Lambrusse

La biomasse des plantes collectées sur cette station évolue peu d'avril à mai, mais augmente brusquement entre la deuxième et la troisième campagne, avant de stagner. En effet le taux d'accroissement total est maximal entre le 27/05 et le 30/06 (0,281 cm/j). Cette évolution résulte notamment de l'augmentation de la biomasse des tiges et feuilles principales. Même si, sur la même période, la biomasse des organes secondaires augmente, leurs taux d'accroissement restent inférieurs à ceux des organes principaux.

La longueur moyenne des plantes augmente fortement jusqu'à fin juin pour atteindre en moyenne 2,8 m. Cette croissance se ralentit fortement entre le 30/06 et le 28/07 (seulement 20 cm en plus). La longueur des tiges suit la même évolution alors que la longueur des ramifications reste faible.

Par ailleurs, les mesures réalisées sur les feuilles permettent de mettre en évidence une modification de la forme des feuilles entre la première et la dernière campagne. La longueur du limbe augmente plus fortement que celle du pétiole alors que la largeur du limbe n'évolue pas (1,4 cm en moyenne). A partir du 27/05, le rapport « longueur du limbe sur largeur du limbe » augmente (1,5 le 27/05 et 2,4 le 30/06), alors que celui « longueur du limbe sur longueur du pétiole » fluctue (maximum 2,8 pour les trois derniers prélèvements), mais demeure inférieur à la première campagne, qui était de 4. Ceci traduit un allongement et un rétrécissement de la feuille.

2.3.2 L'étang de Léon

L'échantillonnage des jussies de la station de Léon montre des biomasses et des longueurs faibles entre les deux premières campagnes (taux d'accroissement total de 0,05 cm/j). Les organes secondaires (tiges, feuilles et racines de ramifications) ne sont même pas développés. La biomasse d'une plante ainsi que sa longueur ont cependant brusquement augmenté entre les deux dernières campagnes. Dans l'ensemble la biomasse des organes secondaires participent autant que celle des organes principaux à cette évolution. Toutefois c'est la longueur des tiges qui influence le plus la longueur de la plante. Ainsi, par exemple, le taux d'accroissement des tiges entre le 26/05 et le 30/06 est de 1,04 cm/j contre 0,68 cm/j pour les ramifications. Pour ces dernières, le taux étant inférieur à 1, leurs longueurs se sont même réduites.

Les ratios et les mesures effectuées sur les feuilles montrent une évolution particulière sur ce site. Un changement de morphologie est observé au début de la période d'étude : si le rapport « longueur du limbe sur largeur du limbe » et la longueur du limbe varient très peu, l'allongement du pétiole est tel qu'il provoque une baisse importante du rapport « longueur du limbe sur longueur du pétiole » (8,8 le 27/04 et 2,5 le 26/05). Ce dernier ne varie pas de manière significative sur la fin de la période d'étude alors que les longueurs du limbe et du pétiole augmentent. Par exemple, la longueur du limbe passe de 2,4 cm à 3,4 cm. Les feuilles s'allongent tout en gardant la même morphologie.

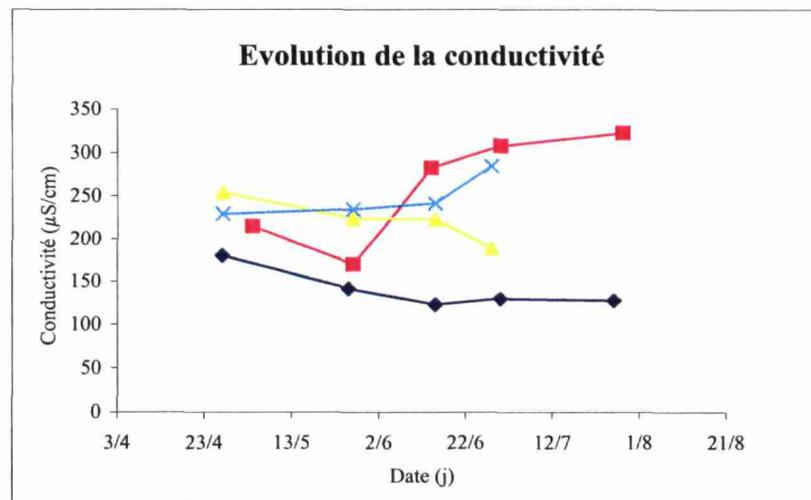
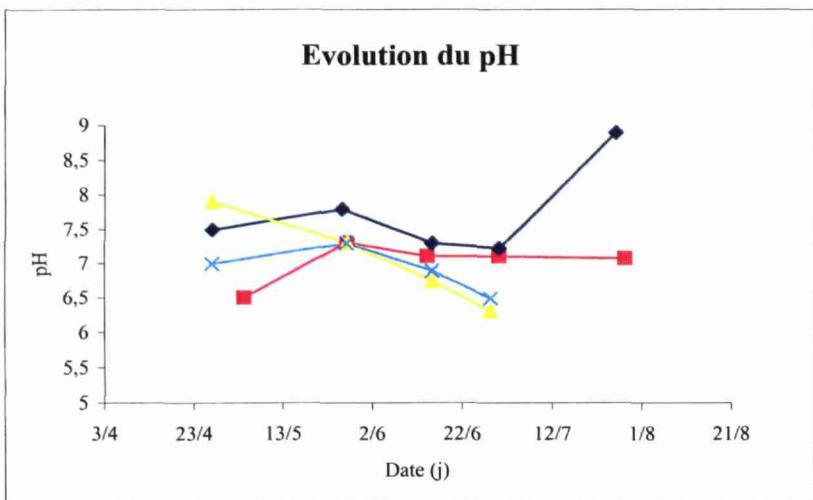
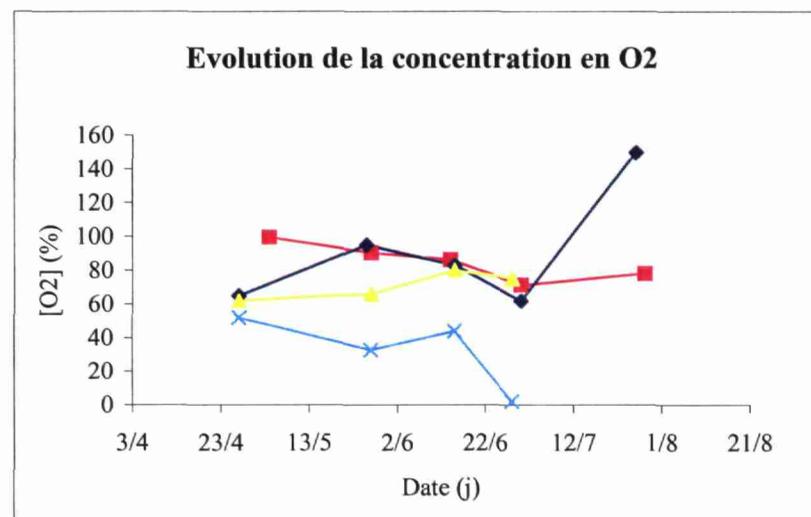
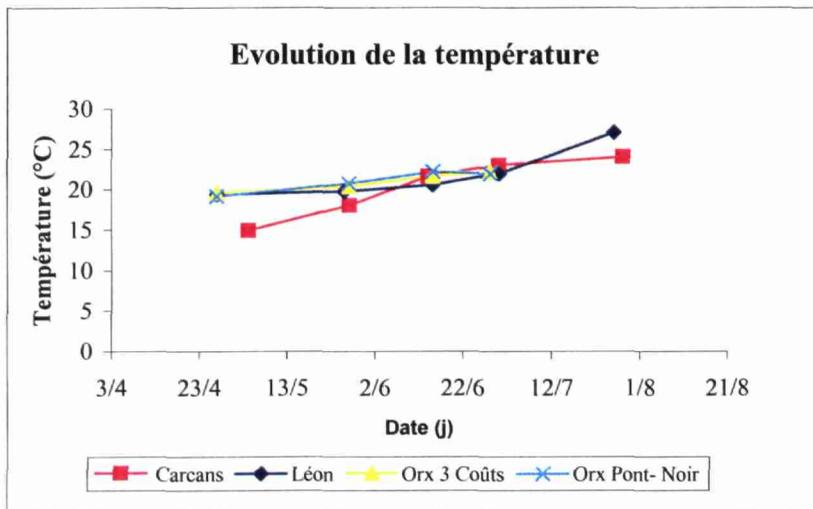


Figure 11 : Evolution des paramètres physico-chimiques

2.3.3 Le Marais d'Orx

Il est difficile de tirer des conclusions sur le développement des jussies sur les deux stations du Marais d'Orx. En effet, les deux seules campagnes ne sont pas significatives de l'évolution des jussies sur l'ensemble de l'été. Une croissance plus significative de la biomasse, en début de période d'étude (27/05), est observée par rapport aux autres sites étudiés. La part des organes secondaires et notamment celle des feuilles de ramifications joue un rôle important dans cet accroissement de biomasse (0,041 cm/j au Pont-Noir contre 0,032 cm/j pour la tige principale). Si les taux d'accroissement des organes montrent une faible participation de la longueur des ramifications sur la longueur de la plante sur les deux stations, des observations faites sur le terrain le mois suivant la dernière campagne prouvent une évolution différente au cours de l'été. En effet, c'est le fort développement des ramifications, ayant eu lieu entre fin mai et fin juin, qui a rendu impossible le ramassage de plantes entières tant la densité était importante lors de la troisième campagne de prélèvement.

L'observation morphologique des feuilles montre des similitudes entre les deux stations. Si le rapport « longueur du limbe sur largeur du limbe » évolue peu, la longueur du pétiole augmente mais cependant de manière moins importante que la longueur du limbe, notamment au Pont-Noir. Ceci provoque une baisse du ratio « longueur du limbe sur longueur du pétiole » (4,3 à 2,3 du 27/04 au 27/05 au Pont-Noir contre 2,5 à 2,2 au 3-Coûts). Mais l'ordre de grandeur des mesures diffère également. Ainsi, les feuilles du Pont-Noir sont, globalement, de taille inférieure en ce qui concerne la période d'étude. Les observations de terrain faites par la suite montrent un allongement de la morphologie des feuilles aux deux stations.

2.4 Qualité des eaux

2.4.1 Qualité physico-chimique des eaux (figure 11 – annexe 7)

▪ La température :

Les températures ont été mesurées entre 9h30 et 15h sur les différents sites d'étude lors des campagnes de collecte de jussies d'une part et lors des campagnes de prélèvement d'eau pour les expériences en aquariums d'autre part.

Elles augmentent progressivement de fin avril à fin juillet en passant de 14,9°C à Carcans le 4 mai à 27,1°C à Léon le 26 juillet. Mais les valeurs sont globalement inférieures à celles de 2003. En effet, le maximum de température à Carcans est atteint le 28 juillet avec 24°C ce qui est peu par rapport à l'année dernière, quasiment à la même saison, où il atteignait 32,6°C (PELLOTE, 2003). Seulement 3°C séparent les stations de Carcans et de Léon fin juillet.

▪ Le pH :

Aux deux stations de prélèvement du Marais d'Orx, le pH descend régulièrement au fur et à mesure que l'été approche pour atteindre un pH acide d'environ 6,5. Il est neutre à Carcans et subit des variations à Léon, où proche de la neutralité au début de la période d'étude, il augmente relativement à la fin passant à un milieu fortement basique (8,9).

▪ La conductivité :

La conductivité est la plus faible à Léon, où elle est toujours inférieure à 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sur toute la période d'étude. Elle subit des variations à Carcans pour atteindre les valeurs les plus élevées lors des dernières campagnes de prélèvement, par rapport à l'ensemble des sites d'étude (322 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Les deux stations du Marais d'Orx semblent avoir une position intermédiaire par rapport à ce paramètre mais l'absence de données à partir de fin juin ne permet pas de conclure pour ces deux sites.

Les données de cette année sont proches de celles de PELLOTE, relevées l'année dernière.

▪ Concentration en oxygène dissous :

Les tendances observées pour ce paramètre différent selon le site étudié. En effet, la teneur en oxygène dissous varient au cours du temps pour chacun d'entre eux. Ainsi, elle diminue progressivement à Carcans et fortement au Pont-Noir pour atteindre un état d'anoxie (2,3%). En revanche, elle augmente légèrement aux 3-Coûts (80% à la mi-juin) et fortement à Léon pour atteindre un état de suroxygénation (150%).

Ces taux diffèrent totalement de ceux mesurés l'an dernier (PELLOTE). Ainsi par exemple, début juin 2003, la concentration en oxygène au Pont-Noir était de 65,9%, alors que le milieu est déjà en anoxie fin mai 2004, et de 45% mi-juillet à Carcans contre 78% quasiment à la même période.

2.4.2 Chimie des eaux (annexe 8)

La teneur en MES aux 3-Coûts reste constante à 66,5 mg/l sur les deux analyses. En revanche, ces teneurs varient fortement dans les autres stations et ne permettent donc pas de se faire une idée précise de leur concentration dans les eaux. Ainsi, la teneur passe d'une valeur minimale de 9,6 mg/l à Léon le 28/04 à une valeur maximale de 19 mg/l le 27/07. Les fractions minérales et organiques des MES varient également beaucoup et montrent la réalité des fluctuations sur les sites.

La mesure de l'indice permanganate permet d'estimer la quantité des matières organiques (MO) fermentescibles dans les eaux. Il est le plus faible à Carcans et Léon en début de période avant d'augmenter, alors qu'il est fortement élevé au Marais d'Orx sur toute la période d'échantillonnage. L'ensemble des valeurs de fin d'étude se trouve à l'intermédiaire entre celles plus élevées, réalisées en 1999 par CHARBONNIER et celles, plus faibles de 2003 (PELOTTE). Par exemple, à Orx (Pont-Noir), l'indice permanganate mesuré en juin 1999 était de 30,5 mg/l, 15,7 mg/l en juin 2003, alors que cette année, à la même époque, il est de 23,8 mg/l.

Les concentrations en phosphate sont également faibles ainsi que celles en phosphore total, incluant notamment les concentrations en phosphore organique, issu par exemple de la dégradation des résidus végétaux. Cependant, les concentrations aux 3-Coûts sont sensiblement plus élevées par rapport au reste des stations. A cette station par exemple, le P_{teb} (PO₄) est de 1,04 mg/l fin avril alors qu'il ne dépasse pas 0,4 pour les autres (Orx Pont-Noir).

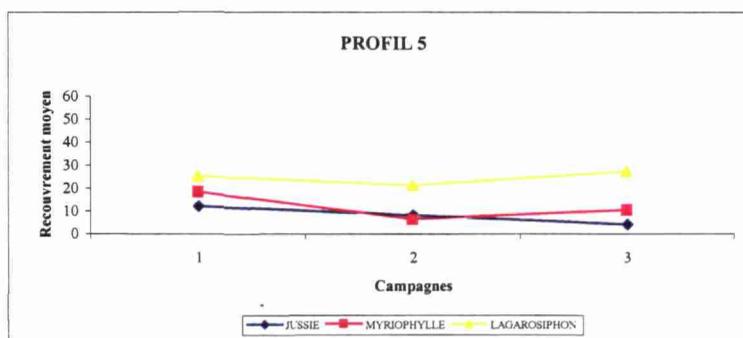
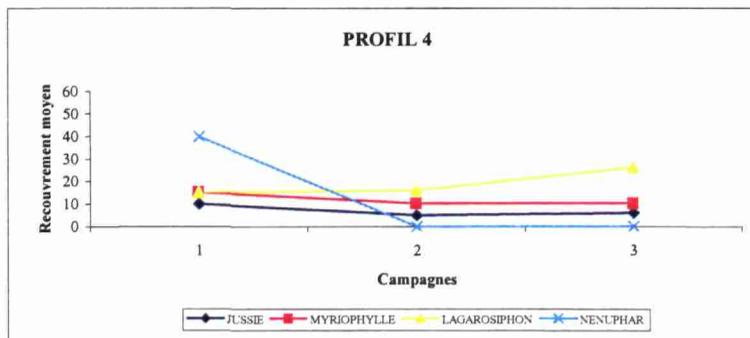
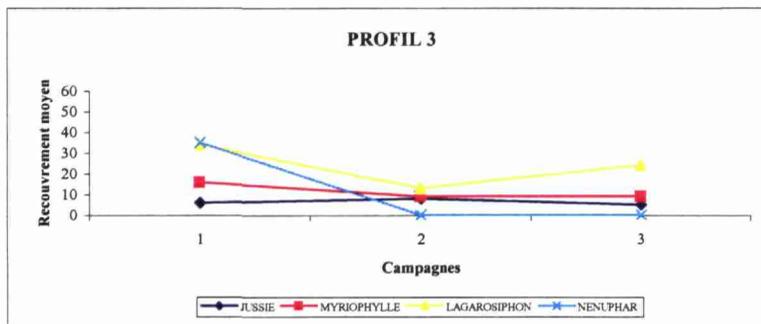
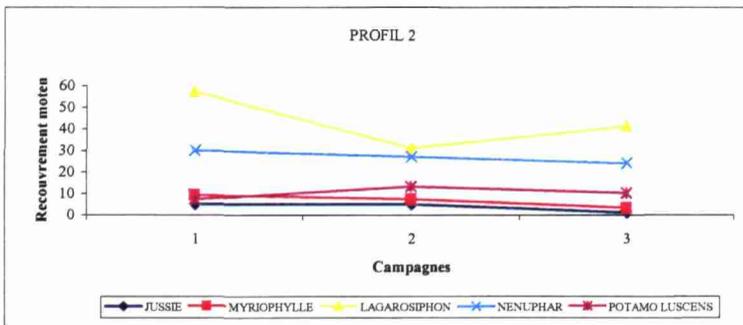
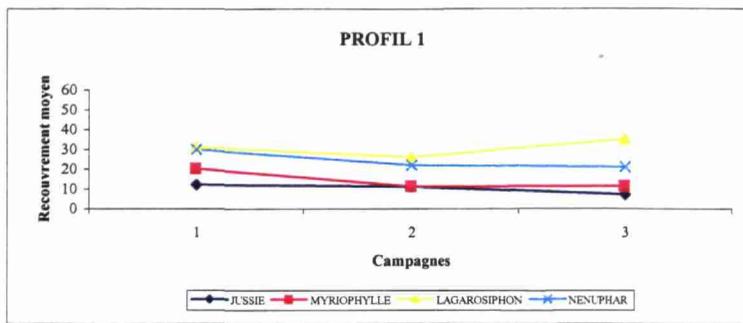


Figure 12 : Evolution du recouvrement moyen de chaque espèce sur les 5 profils

2.5 Compétition entre les jussies et d'autres plantes

2.5.1 Evolution des plantes exotiques

- Les jussies (*Ludwigia hexapetala*) :



PHOTO 4 : Jussie

Ils indiquent, ainsi que les graphiques correspondant (figures 12 et 13), une faible présence de la jussie sur l'ensemble des profils et durant la période d'étude.

La valeur maximale du recouvrement moyen se situe dans la classe des 10% (profils 1, 4 et 5) et ne s'observe que lors de la première campagne. En effet, les valeurs de ce paramètre diminuent sensiblement au cours du temps sur ces transects. Toutefois le recouvrement est toujours légèrement plus élevé sur le premier profil. Les jussies ne recouvrent quasiment pas la surface du deuxième et du troisième transects. En revanche, la fréquence est la plus importante sur les trois derniers profils et varie, parfois de manière importante, entre les campagnes d'observations. Ainsi, sur le profil 5, la fréquence passe de 37% lors de la première campagne à 15% lors de la deuxième avant d'atteindre 41% lors de la dernière. Elle est la plus faible sur les profils 1 et 2.

Ainsi, les jussies sont plus régulières en terme de recouvrement et de présence sur le profil 5.

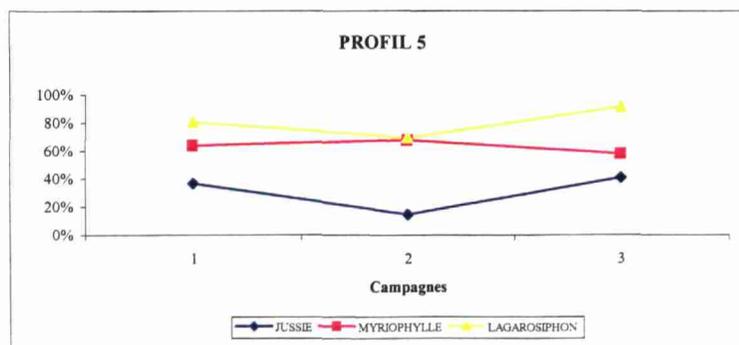
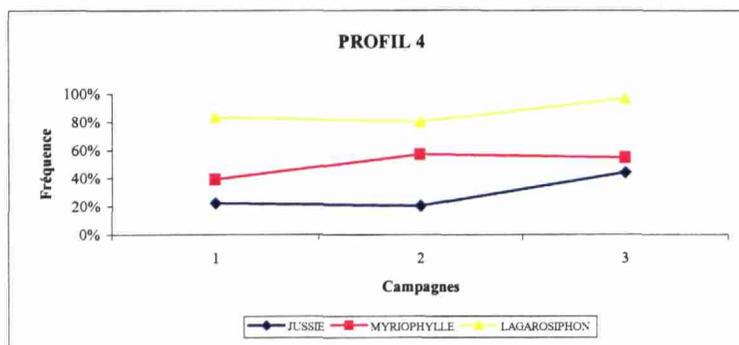
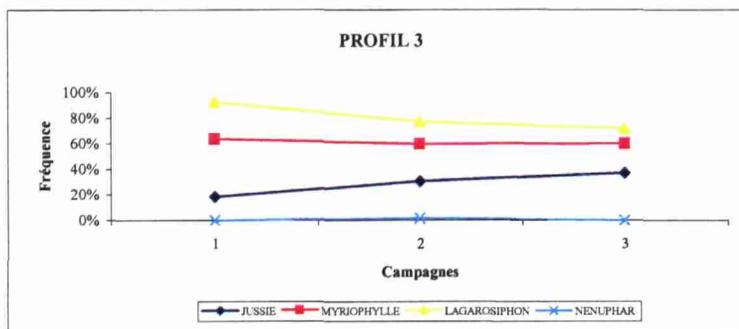
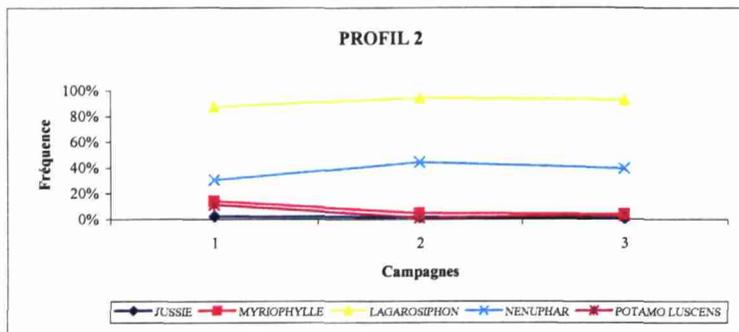
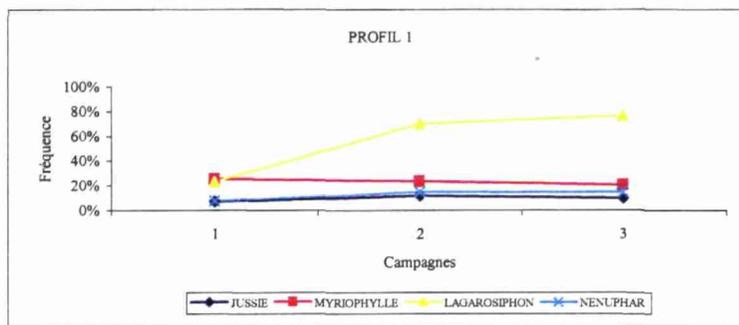


Figure 13 : Evolution de la fréquence de chaque espèce sur les 5 profils

▪ Le Myriophylle du Brésil (*Myriophyllum brasiliense*) :



PHOTO 5 : Myriophylle du Brésil

Il affiche un recouvrement moyen sensiblement plus élevé que la Jussie. Ce paramètre diminue également sur l'ensemble des transects au cours de la période estivale. La moyenne du recouvrement moyen, calculée sur l'ensemble des campagnes et sur chaque profil, est la plus faible sur le profil 2 (6% en moyenne). C'est également sur celui-ci que la valeur de la fréquence est la plus basse (maximum 14% pour la première campagne). En revanche, sur les autres profils, la fréquence de cette plante est globalement beaucoup plus élevée. Par exemple, elle avoisine les 60% sur les trois derniers profils à chaque campagne. Le *M. brasiliense* a une forte présence mais une faible occupation des quadrats.

▪ Le Lagarosiphon (*Lagarosiphon major*) :



PHOTO 6 : *Lagarosiphon major*

Cette plante, exotique immergée, a également été introduite par l'aquariophilie. Il s'agit d'une plante possédant des potentialités très élevées de colonisation des lacs et étangs relativement peu profonds du littoral aquitain.

Les observations faites sur le terrain ainsi que les calculs effectués sur l'ensemble des profils montrent une forte présence de *L. major*. Le recouvrement moyen et la fréquence, sur chaque profil

et sur l'ensemble des campagnes, sont globalement plus élevés pour cette espèce que pour n'importe quelle autre. Par exemple, le recouvrement moyen atteint les 43% de moyenne sur l'ensemble des campagnes du profil 2, alors que celui de la jussie, ainsi que du myriophylle du brésil, reste inférieur à 10%.

Sur le profil 1, la fréquence augmente au cours de la période d'étude mais plus fortement entre les deux premières campagnes. En revanche, le recouvrement moyen varie mais reste aux environs de 25-35%. Pour les autres transects, si la fréquence est globalement beaucoup plus élevée lors de la première campagne (aux environs de 80-95%), elle oscille peu. Seul le profil 3 voit sa fréquence diminuer régulièrement. Par ailleurs, le profil 2 est celui qui est, sur l'ensemble de la période d'étude, le plus colonisé en terme de quadrats (91% de fréquence en moyenne) et dont le recouvrement moyen est le plus élevé en moyenne (43% en moyenne).

2.5.2 Evolution des plantes indigènes

▪ Le Nénuphar jaune (*Nuphar lutea*) :



PHOTO 7 : Nénuphar jaune

Il s'agit d'une plante aquatique vivace d'eau stagnante ou en léger mouvement. L'enracinement des tiges se fait sur fond vaseux.

Le nénuphar est bien représenté sur les deux premiers profils, alors qu'il n'est jamais observé sur le dernier et que les fortes valeurs du recouvrement moyen, de la première campagne des profils 3 et 4, ne sont dues qu'à respectivement 2 et 1 quadrats recouverts. D'où la fréquence nulle pour ces deux profils.

Les profils 1 et 2 évoluent de la même manière pour cette plante. Partant de valeurs initiales égales (30%), le recouvrement moyen diminue au cours de la période estivale alors que parallèlement la fréquence augmente entre les deux premières campagnes. Ce paramètre calculé est toutefois nettement plus élevé pour le profil 2 (38% en moyenne contre 12% pour le profil 1).

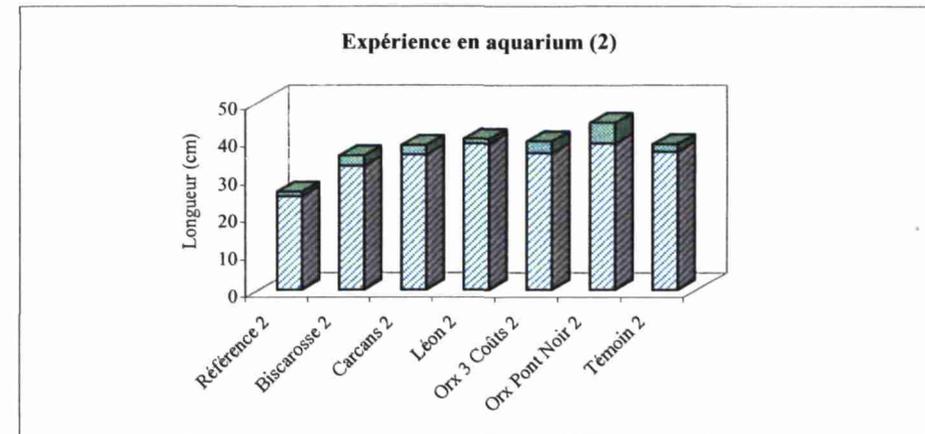
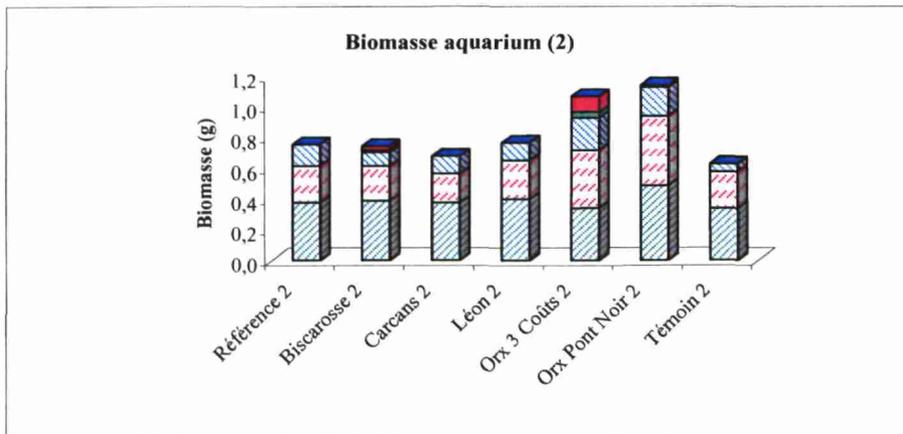
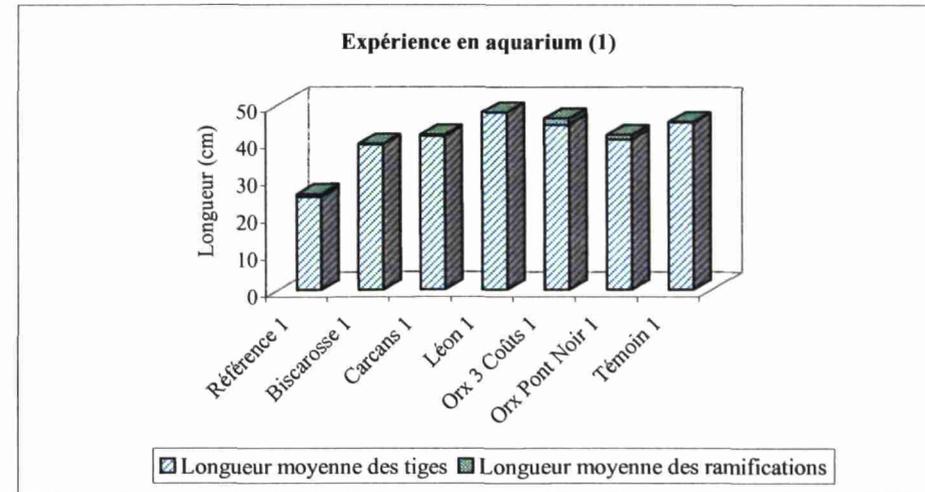
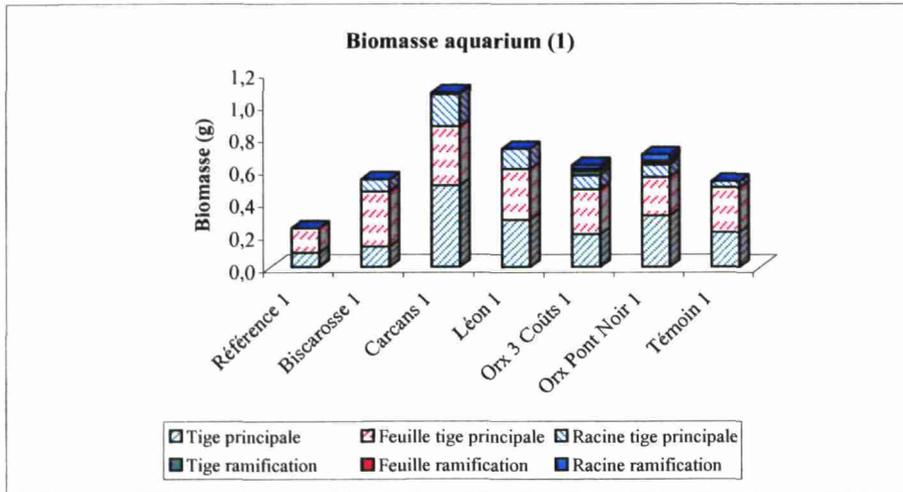


Figure 14 : Evolution des biomasses sèches

Figure 15 : Evolution des longueurs

- Le Potamot luisant (*Potamogeton lucens*) et le Potamot crépu (*Potamogeton crispus*)



PHOTO 8 : *Potamogeton lucens*



PHOTO 9 : *Potamogeton crispus*

Ces macrophytes sont également des plantes indigènes à l'étang de Léon. Ces deux espèces ne s'observent que sur le profil 2 et *P. crispus* uniquement lors de la première campagne, avec des valeurs de recouvrement moyen (5%) et de fréquence (1%) faibles. En revanche, *P. lucens* colonise globalement une surface plus grande que le Myriophylle du Brésil sur ce transect. Le recouvrement moyen augmente même entre les deux premières campagnes, alors que la fréquence diminue. Ainsi, même si moins de quadrats sont colonisés, là où *P. lucens* persiste, la surface occupée augmente.

2.6 La capacité d'adaptation des jussies à des qualités d'eau très diverses

2.6.1 Biomasses sèches (figure 14)

Le tableau des résultats des biomasses sèches figure en annexe 11. Tout d'abord, on constate que la biomasse totale des 8 jussies, qui ont servi de référence pour la première expérience, est trois fois moins importante que celle de la deuxième (0,238 g par plante en (1) contre 0,751 g par plante en (2)). Cet écart se justifie par le fait que les plantes de référence ont été prélevées à des périodes différentes. L'état de développement de leurs différentes parties, et donc leur biomasse, sont en effet plus faibles début mai que mi-juin, respectivement les dates de prélèvement de (1) et (2). Comme mon travail consiste à comparer des eaux différentes dans les mêmes conditions, cette différence n'est pas importante.

Mais par la suite, les taux d'accroissement calculés (tableau 4) montrent que la biomasse augmente nettement dans chaque aquarium de la première expérience alors qu'ils sont beaucoup plus faibles voir négatifs lors de la deuxième (-0,004 g/j pour le témoin). En outre, la biomasse

totale maximale atteinte est quasiment la même dans les deux cas. En effet, celle-ci atteint 1,076 g par plante pour Carcans (1) et 1,139 g par plante pour Orx Pont-Noir (2).

Par ailleurs, les feuilles de ramification se développent surtout en (2) notamment à Orx 3-Coûts (0,1 g par plante contre 0,025 à Biscarosse (2) par exemple).

Station	Période	Temps (j)	Tp	FTP	RTp	Tr	Fr	Rr	Totale
Biscarosse	Réf 1 - Biscarosse1	34	0,001	0,006	0,002	0	0	0	0,009
	Réf 2 - Biscarosse2	29	0,000	0,000	-0,002	0	0,001	0	0,000
Carcans	Réf 1 - Carcans 1	34	0,012	0,006	0,006	0	0	0	0,025
	Réf 2 - Carcans 2	29	0,000	-0,002	-0,001	0	0	0	-0,003
Léon	Réf 1 - Léon 1	34	0,006	0,005	0,004	0	0	0	0,014
	Réf 2 - Léon 2	29	0,001	0,000	-0,001	0	0	0	0,000
Orx 3-Coûts	Réf 1 - Orx 3 Coûts 1	34	0,003	0,004	0,003	0,001	0	0,001	0,011
	Réf 2 - Orx 3 Coûts 2	29	-0,001	0,005	0,003	0,001	0,003	0	0,011
Orx Pont-Noir	Réf 1 - Orx Pont-Noir 1	34	0,007	0,003	0,002	0	0,004	0,001	0,013
	Réf 2 - Orx Pont-Noir 2	29	0,004	0,007	0,002	0	0	0	0,013
Témoin	Réf 1 - Témoin 1	34	0,004	0,004	0,001	0	0	0	0,008
	Réf 2 - Témoin 2	29	-0,001	0,000	-0,003	0	0	0	-0,004

Tableau 5 : Accroissements moyens en g/j de chaque partie des jussies aux différentes stations entre chaque campagne. Abréviations : Tp : tiges principales, FTP : feuilles de tiges principales, RTp : racines de tiges principales, Fl : fleurs, FIF : fleurs fanées, Bg : bourgeons, Tr : tiges de ramifications, Fr : feuilles de ramifications, Rr : racines de ramifications.

2.6.2 Evolution des longueurs

La figure 15 montre l'évolution de la longueur moyenne des tiges, des ramifications et des plantes (mesures et écart-types en annexe 12). Le tableau 5 indique les taux d'accroissement des organes entre les références et la fin des expériences.

Dans chaque cas la longueur moyenne des plantes augmente par rapport aux débuts des expériences. Toutefois, la valeur minimale de la longueur moyenne des tiges, pour la première expérience, est de 39 cm (maximale de 47,9 cm) alors que cette valeur correspond à celle maximale pour la deuxième expérience. Ceci est également démontré par les taux d'accroissement calculés. Ils sont globalement supérieurs en (1) pour des longueurs moyennes de tige de référence identique (25 cm).

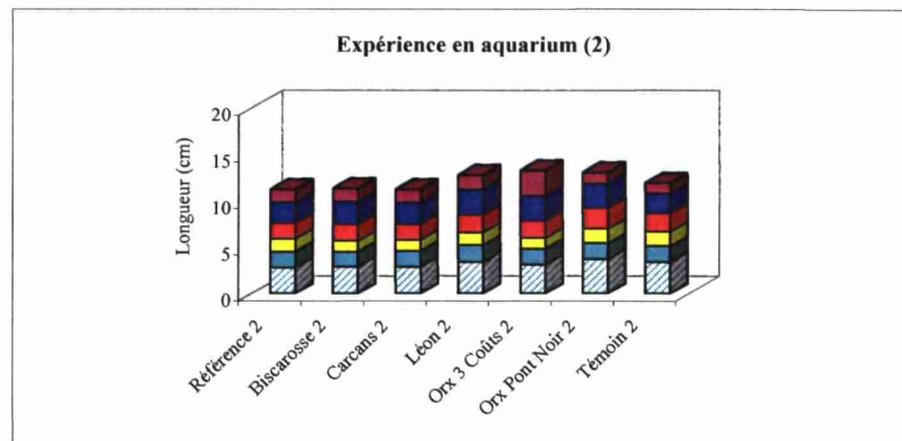
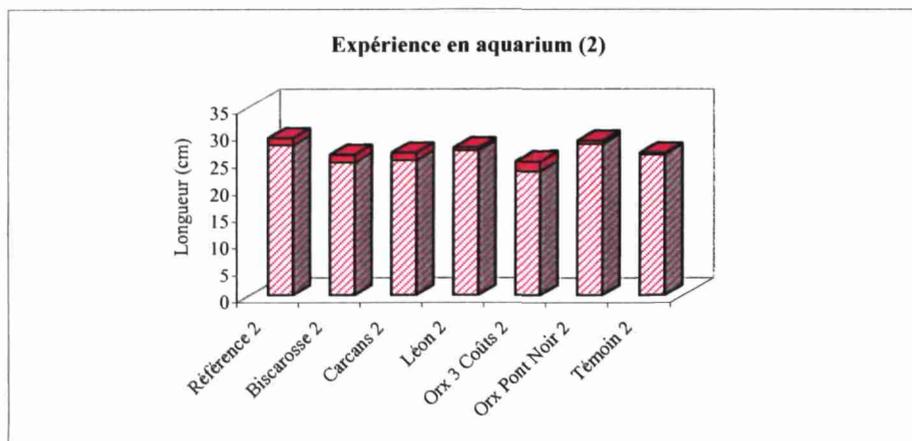
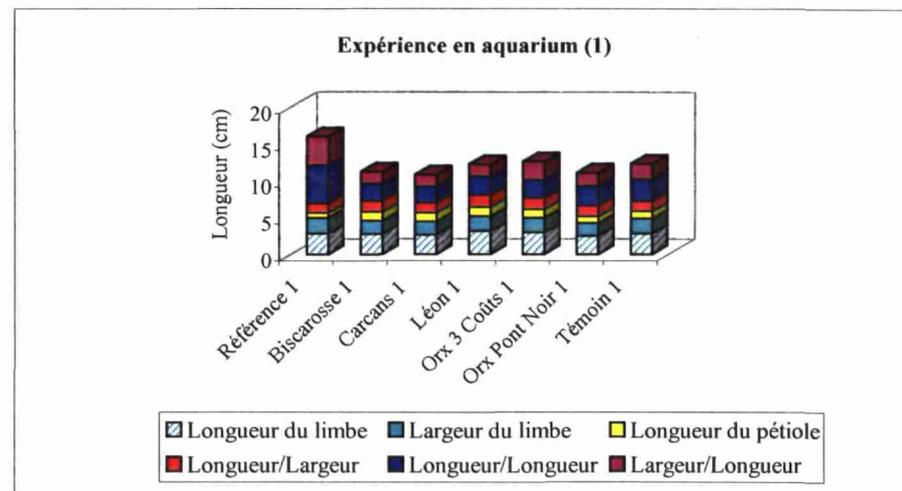
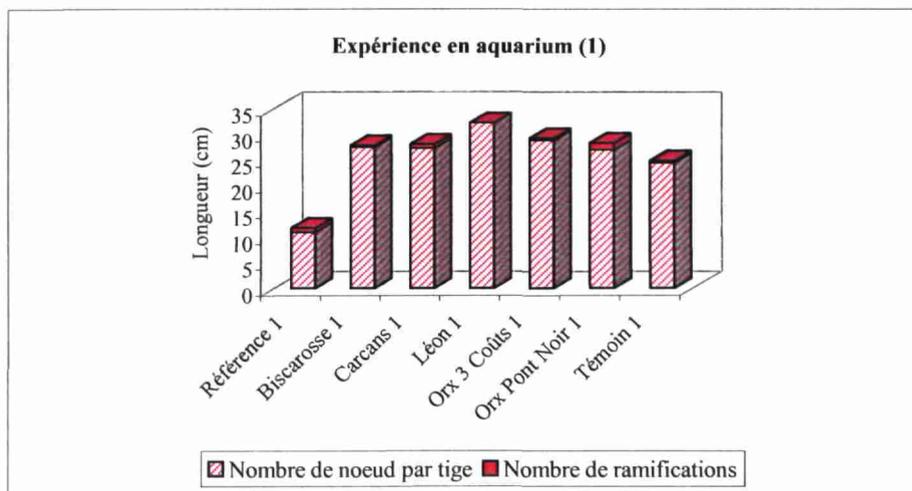


Figure 16 : Evolution de la longueur moyenne des tiges, des ramifications et des plantes

Figure 17 : Evolution des dimensions moyennes des feuilles et de leurs rapports

En revanche, la longueur moyenne des ramifications est généralement plus importante en (2), même pour les références (0,7 cm pour (1) et 1,2 pour (2)). La biomasse des feuilles de ramifications étant la plus élevée à Orx 3-Coûts (2), c'est aussi dans cet aquarium que la longueur moyenne des ramifications est la plus haute.

En outre, on remarque que ce sont essentiellement les tiges principales qui participent à l'allongement de la plante. Par exemple, pour Biscarosse (1) les plantes mesurent en moyenne 39,2 cm alors que la valeur pour les ramifications n'est que de 0,2 cm.

2.6.3 Nombre de nœuds et de ramifications (figure 16 – annexe 13)

Les nœuds des tiges et les ramifications sont en moyenne plus nombreux sur les 8 plantes de référence de la deuxième expérience par rapport à la première (27,8 nœuds en moyenne contre 10,9). Ces valeurs augmentent fortement en (1) alors qu'elles diminuent en (2). Ainsi par exemple, le nombre moyen de nœuds par tige passe de 10,9 à 32,3 pour l'aquarium (1) contenant l'eau de Léon et de 27,8 à 23 pour Orx 3-Coûts (2).

Par ailleurs, on remarque que le nombre moyen de ramifications est généralement plus élevé en (2). En effet, à Orx 3 Coûts, cette valeur est de 1,8 lors du second test et seulement de 0,4 lors du premier. Ce constat est à mettre en relation avec les observations précédentes, c'est-à-dire une biomasse totale et une longueur moyenne des ramifications toujours supérieures lors de la seconde expérience.

2.6.4 Le développement des feuilles (figure 17 – annexe 14)

Lors du premier essai en aquarium, même si la longueur moyenne du limbe demeure toujours supérieure à la largeur moyenne, les valeurs de ces deux paramètres mesurés n'augmentent pas, voire diminuent. Ainsi, la longueur moyenne, calculée sur les plantes de référence (2,8 cm), varie très faiblement au cours de la période d'étude : 2,7 cm en moyenne sur l'ensemble des aquariums à l'exception de Léon (3,1 cm). En outre, la largeur moyenne diminue au bout d'un mois d'expérience. Mais, même si la différence maximale observée (entre la référence et un aquarium) n'est que de 0,4 cm, elle est plus importante que celle qui existe pour la longueur. Par conséquent, le rapport « longueur du limbe sur largeur du limbe » augmente très légèrement, on passe de 1,3 (pour la référence) à maximum 1,6 (pour Léon, où l'augmentation de la longueur est la plus

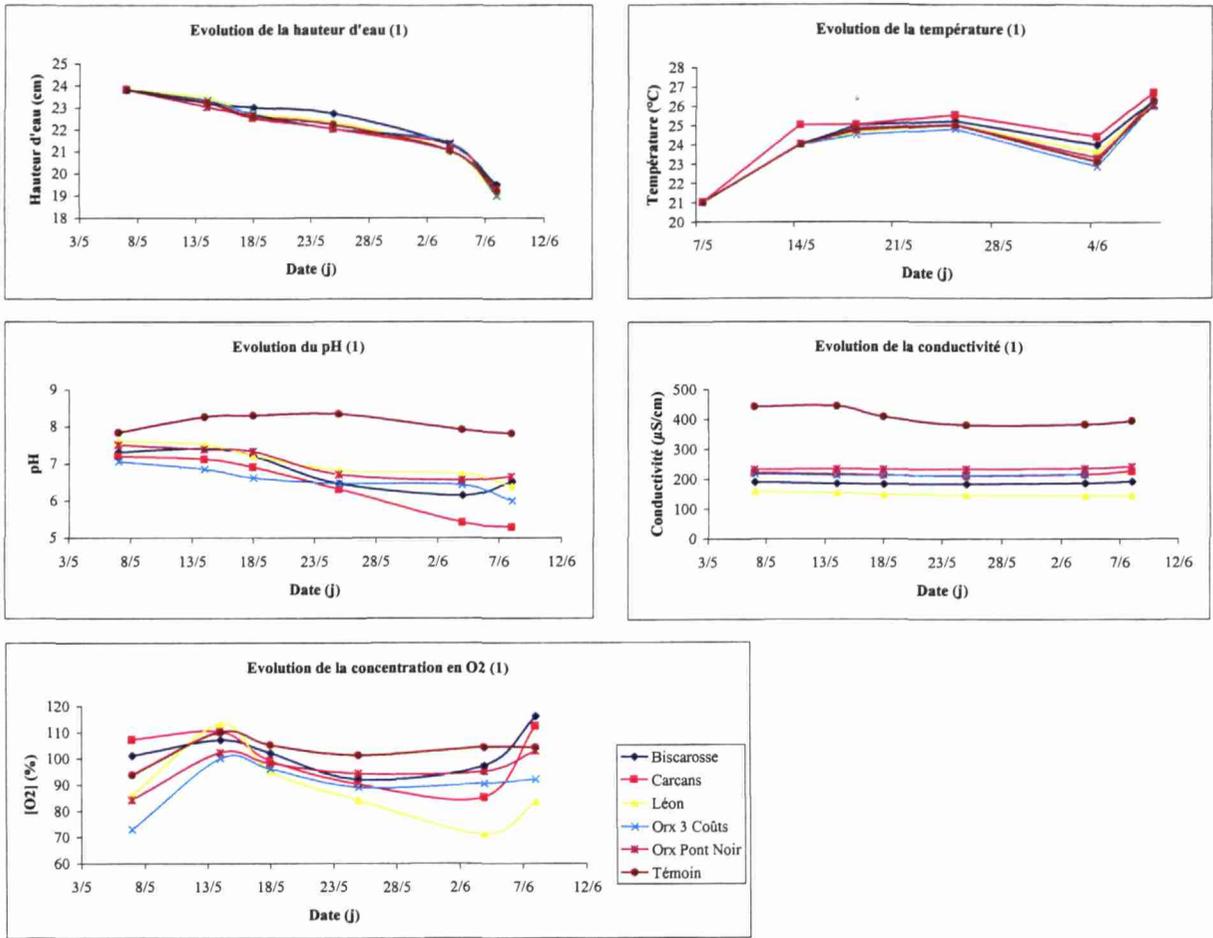


Figure 18 : Evolution des paramètres physico-chimiques (expérience aquarium 1)

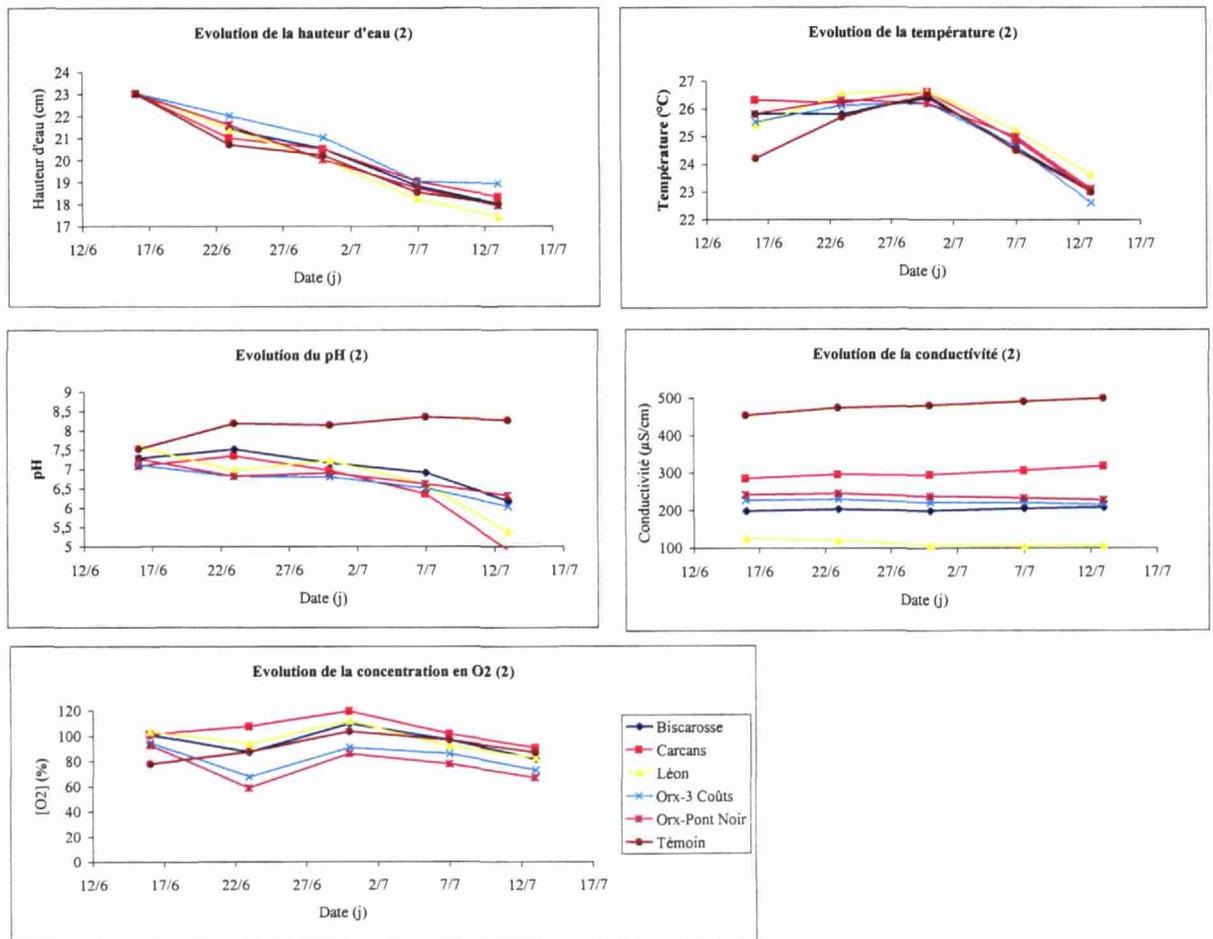


Figure 19 : Evolution des paramètres physico-chimiques (expérience aquarium 2)

sensible). Le limbe ne change pas de morphologie. En revanche, la longueur du pétiole augmentant dans chaque aquarium, les rapports « largeur du limbe sur longueur du limbe » et « longueur du limbe sur longueur du pétiole » diminuent fortement. En effet, par exemple, le ratio LongLong passe de 5,2 à une valeur minimale de 2,2 (Carcans) et maximale de 3 (témoin).

Les résultats sont différents en ce qui concerne le deuxième essai. La longueur moyenne du limbe augmente fortement. En effet, pour une valeur de référence identique à la première expérience (2,8 cm), les longueurs atteignent, par exemple, 3,4 pour Léon et le témoin et 3,7 pour Orx Pont-Noir. En revanche, la largeur moyenne n'évolue pas par rapport à la valeur de base (1,7 cm) et le pétiole fluctue mais très peu. Quand il augmente le maximum est de 1,6 cm (témoin) contre 1,4 (référence) et quand il diminue il ne se rétrécit que de 0,2 cm (1,2 pour Orx 3 Coûts). Tout ceci se traduit par une augmentation du rapport LongLarg notamment à Orx Pont-Noir (on passe de 1,7 à 2,3), les feuilles sont devenues plus longues que larges. Le ratio LongLong devient plus élevé surtout à Léon (2,8 contre 2,3 pour la référence), seul l'aquarium du témoin voit ce ratio diminué de 0,1. Enfin, le rapport LargLong n'a pas tendance à augmenter (1,4 pour la référence) sauf à Orx 3 Coûts où il atteint 2,7 (différence de 1,3), le pétiole s'étant raccourci.

2.6.5 Qualité physico-chimique des eaux

Les évolutions des différents paramètres mesurés lors des deux expérimentations (annexes 15 et 16) se trouvent en figure 18 et 19.

Pour une même valeur de départ (23 cm), la diminution de la hauteur de la colonne d'eau est plus rapide lors de la deuxième étude. La pente de la droite est en effet plus importante et les valeurs atteignent moins de 18 cm contre 19 cm pour la première étude. Ceci est à mettre en relation avec les courbes de température. Lors du test 1, cette dernière augmente mais n'est que de 21°C au début de l'expérience pour atteindre finalement les 26°C, et ceci pour tous les aquariums. Alors que, même si elle augmente et diminue, lors du test (2), la valeur initiale est globalement autour de 26°C. Ainsi, la température étant plus élevée au départ, le phénomène d'évaporation a été plus important.

On observe des similitudes en ce qui concerne la qualité de l'eau des aquariums entre les deux séries d'expérience. Ainsi, seul le témoin a un pH qui reste basique au cours du temps (aux environs de 8) alors que toutes les autres eaux, neutre initialement, deviennent acides. L'eau de Carcans est celle qui atteint le pH le plus acide (5). De plus, c'est également dans l'aquarium témoin que la

conductivité est la plus élevée (entre 400 et 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) alors dans les autres elle est beaucoup plus faible (entre 100 et 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$). L'eau de Léon est la moins conductrice (entre 100 et 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Dans tous les cas, ce paramètre n'évolue pas ou très peu au cours des périodes d'étude.

En revanche, les tendances pour le paramètre de l'oxygène dissous différent selon la série d'expérience. Au cours de la première, les courbes suivent la même évolution, l'oxygénation augmente puis diminue avant de remonter légèrement. Mais les aquariums ont des valeurs de concentration en oxygène très hétérogènes, allant par exemple initialement de 6,5 mg/l à Orx 3 Coûts à 9,5 pour Carcans. Par ailleurs, lors du second essai, les eaux de Carcans et du témoin deviennent plus concentrées en oxygène jusqu'à la mi-période et diminuent ensuite. Cette évolution est parallèle à celle de la température. Pour les autres aquariums, l'état d'oxygénation fluctue énormément au cours du temps. C'est à Orx Pont-Noir que la concentration devient la plus faible (4,7 mg/l) et à Carcans la plus élevée (9,6 mg/l).

2.6.6 Qualité chimique des eaux (annexe 17)

Les teneurs en MES des eaux de chaque station, mesurées au temps final (Tf) de la première expérience, sont beaucoup plus faibles que celles mesurées au temps initial (To). Par exemple, à Orx 3 Coûts, la teneur passe de 66,5 mg/l (To) à 2 mg/l (Tf). En revanche pour la seconde expérience, soient les valeurs du Tf augmentent légèrement par rapport au To (on passe de 12 mg/l à 14 mg/l à Carcans), soient elles diminuent fortement (on passe de 66,5 mg/l à 41,6 mg/l à Orx 3 Coûts). Dans les deux essais et dans chaque aquarium, la forme organique des MES augmente nettement : à Carcans (1) le pourcentage passe de 48 à 100%.

La mesure de l'indice permanganate, qui correspond à la quantité des matières organiques (MO) fermentiscibles dans les eaux, augmente également globalement. Certaines des MO proviennent des jussies en mauvais état vers la fin des expériences. En effet, on note que les valeurs augmentent plus durant la seconde expérimentation puisque les plantes étaient plus « fatiguées ». Ainsi, à Biscarosse, l'indice passe de 7,8 à 12 mg/l lors du premier essai et de 8,16 à 24,6 mg/l lors du deuxième.

Par ailleurs, même si toutes les concentrations en azote sont faibles, ces dernières diminuent entre les analyses initiales et finales, dans tous les types d'eau. Seul l'azote Kjeldhal et l'azote organique varient selon les aquariums et les stations.

Enfin, les concentrations en phosphate, ainsi que celles en phosphore total, sont également faibles. Elles augmentent ou diminuent légèrement.

2.7 Essai de comparaison entre les données de terrain et de laboratoire (aquarium)

Le tableau 6 regroupe les chiffres du doublement de biomasse et du taux d'accroissement calculés pour chaque site étude, que ce soit à partir des données de terrain ou des expériences menées en aquarium. Pour faciliter la comparaison, les calculs sont basés sur quasiment la même période, à savoir le mois de mai.

Stations	Carcans		Léon		Orx 3 Coûts		Orx Pont-Noir		
	<i>in situ</i>	aquarium							
Période (j)	23	34	29	34	30	34	30	34	
Temps de doublement de biomasse (g/j)	6,4	7,3	9,5	15	5	26,7	4	13,3	
Taux d'accroissement (cm/j)	Lt	3,6	0,479	0,99	0,674	2,82	0,571	1,95	0,45
	Lr	0,38	-0,009	0,21	-0,021	0,48	0,032	0,45	0,018
	Lp	3,99	0,485	1,21	0,668	3,3	0,618	2,4	0,482

Tableau 6 : Temps de doublement (g/j) et taux d'accroissement (cm/j) calculés à partir des données de terrain et de laboratoire.

A Carcans, on observe peu de différence entre le temps de doublement de biomasse en condition *in situ* et en aquarium (6,4 g/j contre 7,3). L'écart est légèrement plus important à Léon (9,5 g/j contre 15 g/j). En revanche, les données diffèrent beaucoup plus pour les autres sites. Par exemple, à Orx 3-Coûts, le temps est presque cinq fois plus long en aquarium (26,7 g/j) qu'*in situ* (5 g/j).

Par ailleurs, les taux d'accroissement des tiges et des ramifications sont nettement plus élevés sur le terrain. La plus grande différence s'observe à Carcans. En effet, l'allongement de la tige en conditions naturelles est approximativement dix fois plus rapide qu'en conditions contrôlées (3,6 cm/j contre 0,479). C'est seulement à Léon qu'on observe des valeurs du même ordre de grandeur : taux d'accroissement des tiges *in situ* de 0,99 cm/j alors qu'il est de 0,674 en aquarium.

III. DISCUSSION

3.1 Les différences interstationnelles

Les données de biomasse des jussies sur l'ensemble des stations montrent des variations durant la période printanière et estivale de cette année. Les plantes ont des biomasses initiales souvent proches (de l'ordre de 0,4 g en moyenne pour Léon et 0,6 pour le Marais d'Orx), mais celle de Carcans est cependant légèrement plus élevée du fait que la première campagne a été réalisée une semaine après les autres. Les taux d'accroissement étant très différents entre les stations au cours de la période d'étude, les biomasses finales sont différentes (7,2 g/plante à Léon contre 13,5 g/plante à Carcans le 30/06). En effet, entre les deux premières campagnes, le taux d'accroissement à Léon est relativement plus faible par rapport aux autres stations qui sont similaires (0,05 g/j à Léon contre 0,140 g/j en moyenne pour les autres). En outre, la différence est plus importante encore entre Carcans et Léon entre la deuxième et la troisième campagne. Ainsi on passe d'un taux d'accroissement de 0,05 à 0,150 à Léon contre 0,135 à 0,28 pour Carcans. Ce retard de développement au site de Léon s'explique par des conditions météorologiques particulières et peut-être également, par le fait que cette station a fait l'objet d'un arrachage manuel au cours de l'été précédent. Mais cette hypothèse est à vérifier car l'arrachage peut avoir des conséquences inverses en libérant de l'espace disponible pour les plantes restantes et leur facilitant ainsi la croissance. La biomasse au niveau de Carcans présente une faible progression fin juillet. Les observations de terrain faites à Orx fin juin montrent un espace fortement saturé par la jussie par rapport aux autres sites étudiés. Cela aurait du se traduire par une augmentation plus importante de la biomasse. A Léon, celle-ci augmente fin juin même si des zones de sénescence ou de coupure ont été souvent observées.

Ce pourrissement apical des macrophytes a été constaté sur l'ensemble des stations, excepté à Carcans. Ce phénomène a eu lieu très tôt au Marais d'Orx comme observé sur les années précédentes à l'exception de 2003. Cette manifestation pourrait être le fait d'une forte densité par exemple à Orx, de la présence d'écrevisses et de ragondins à Léon qui s'attaqueraient aux jussies.

Par ailleurs, en comparaison avec les données de l'année dernière (PELLOTE), la biomasse moyenne par plante est globalement beaucoup plus élevée, sauf à Carcans fin juillet (14,2 en 2004 contre 16,4 en 2003). Ainsi, le maximum de biomasse ne dépassait pas 2 g/plante au Pont-Noir en fin de période d'étude l'année dernière, contre déjà 5 g/plante fin mai de cette année.

3.2 Développement des jussies dans les différents sites

Les plantes se développent de façon différente selon les sites étudiés. Ainsi, à Carcans le développement se fait essentiellement à l'horizontale sur l'eau et par la tige principale. Les jussies se trouvant sur les berges et à l'ombre, ce mode de croissance leur permet d'aller capter l'énergie lumineuse. Toutefois même si les organes secondaires montrent peu d'évolution ils participent à l'augmentation totale de la biomasse, notamment les ramifications ont développé de nombreuses feuilles, augmentant la photosynthèse. Ces dernières deviennent même plus importantes en terme de biomasse que les feuilles des tiges principales.

Le développement des ramifications ainsi que de la longueur des plantes a été tardif à Léon. Cependant les jussies se sont d'abord développées par les tiges principales et c'est le sectionnement des tiges qui a provoqué le développement de nombreuses grandes ramifications en réduisant la dominance apicale. La densité est faible mais cela peut être mis en relation avec la campagne d'arrachage effectuée sur le site l'été dernier.

A l'inverse, à Orx, les ramifications se développent rapidement et la densité étant forte sur les deux sites, elles se dressent rapidement afin de capter de façon optimale la lumière et éviter ainsi l'ombrage par les autres ramifications. La longueur des ramifications devient aussi importante que la plante (observation de terrain faites lors de la troisième campagne où aucune plante entière n'a pu être prélevée).

Il semble également que l'élévation des ramifications provoque un changement de morphologie des feuilles (Orx) tout comme l'allongement en surface pour la recherche d'énergie lumineuse (Carcans). Un affinement du limbe et une diminution du pétiole sont observés à Orx, hors période de prélèvement. A Carcans, les feuilles subissent surtout un rétrécissement en largeur (le rapport LongLarg passe de 1,5 à 2,6 entre les la première et la dernière campagnes).

Ainsi l'affinement de la feuille, au niveau du pétiole et de la largeur du limbe, semble s'opérer quand les plantes se développent en hauteur, la compétition intraspécifique devenant très forte. Ceci permet aux jussies de développer leurs organes reproducteurs. Des poils sur les feuilles ainsi que sur les tiges apparaissent pour protéger la plante de la dessiccation, importante dans l'atmosphère. Ce phénomène a également été observé l'année précédente.

Par ailleurs, il semble que le redressement des ramifications soit un facteur influençant positivement la floraison qui ne peut avoir lieu que dans l'atmosphère. En effet, les fleurs sont

surtout apparues dans les stations où les ramifications étaient dressées comme aux deux sites du Marais d'Orx.

3.3 Compétition à Léon

L'ensemble des données, sur la répartition des différentes espèces présentes au niveau de l'anse sud-est de l'étang de Léon, montre une différence d'évolution entre les profils. Même entre ceux orientés de la même façon (profils 1,3,4 et 5).

La présence des jussies dans la zone des profils est globalement très faible, en terme de recouvrement (7 en moyenne) et de fréquence (20% en moyenne). Seuls les trois derniers transects voient leur fréquence augmenter entre les deux dernières campagnes (jusqu'à 44% de fréquence). Ainsi, ils sont colonisés plus régulièrement sur l'ensemble de la longueur mais les jussies recouvrent de moins en moins de surface.

Il est à signaler que cette espèce est, au contraire, fortement présente dans d'autres zones de l'anse notamment au niveau de la zone de prélèvement pour l'étude de la phénologie. Des profils à ce niveau n'ont pu être engagés, des campagnes d'arrachage manuel ayant été prévues et réalisées.

L. major est sans conteste l'espèce qui domine l'ensemble des profils, le long de la période d'étude notamment sur le profil 2. En effet, la moyenne du recouvrement moyen et de la fréquence, calculées sur l'ensemble des profils et sur toute la période étudiée est respectivement de 28 et 79%. Par ailleurs, ce profil est le plus colonisé, tout au long de l'été, avec des valeurs de recouvrement moyen pour chaque espèce globalement plus élevées par rapport aux autres. C'est également le transect le plus diversifié en terme d'espèces. En effet, six espèces différentes ont été recensées contre quatre pour les autres profils.

Des espèces indigènes, ayant fortement régressé depuis l'introduction des espèces exotiques envahissantes, sont apparemment en train de recoloniser le milieu. Ainsi, *N. lutea* tout comme *P. lucens* se maintiennent au cours de la période estivale, *L. major* diminuant même en ce qui concerne l'occupation du biotope (sur les profils 2 et 3, par exemple). Par ailleurs, le recouvrement moyen de *P. lucens*, calculé sur l'ensemble des campagnes du profil 2 (10%), est plus élevé que celui des jussies (4%). Ces espèces indigènes ont par ailleurs été observées dans d'autres zones de l'anse.

A l'inverse, le *M. aquaticum* qui avait évolué les années précédentes, semble décroître. Fréquence moyenne ou faible selon les profils et recouvrement moyen diminuant au cours de la

période étudiée et ne dépassant pas 20% (profil 1, première campagne). Cette constatation a déjà été faite par GÉRARD (2003).

3.4 Croissance des jussies en aquariums

Les deux expériences lancées sur le développement des jussies dans des qualités d'eau très diverses montrent des différences d'évolution. En terme de production de biomasse, les plantes de référence du premier test sont inférieures d'un facteur 3 par rapport au second. Mais ce sont les jussies des aquariums (1) qui montrent des taux d'accroissement des plus importants. En comparaison, les jussies de Carcans (1) atteignent quasiment la même biomasse que celles des deux aquariums de Orx (3 Coûts et Pont-Noir) du deuxième essai, mais avec un taux d'accroissement plus élevé (0,026 g/j contre en moyenne 0,013 pour Orx).

De même, à partir d'une même longueur de tige (25 cm), ces dernières se sont nettement plus développées en (1) qu'en (2). En revanche, les jussies ont déployé plus de ramifications lors du second test, dans tous les aquariums mais notamment à Orx Pont-Noir. Ceci serait dû à un nombre de ramifications plus importants au départ de la deuxième expérience.

Par ailleurs, les feuilles des plantes ont changé de morphologie mais de manière différenciée selon les essais. Au cours du premier, cette modification a consisté en une augmentation de la longueur du pétiole tandis que lors du second elle est semblable à celle qui s'est produite en condition naturelle durant la période estivale (à Carcans, par exemple cf 2.3.1). En effet, dans l'aquarium contenant l'eau du Marais d'Orx Pont-Noir, les feuilles se sont allongées devenant plus longues que larges.

Ainsi, la croissance des jussies placées dans l'eau d'Orx Pont-Noir (2) est la plus proche de celle observée en milieu naturel (développement de ramifications, modification des formes des feuilles).

La comparaison des données, sur la phénologie et celles des paramètres physico-chimiques et chimiques des eaux, ne laisse apparaître aucune tendance. En effet, les données sur le pH et la conductivité évoluent de façon similaire au cours du temps et les valeurs sont assez proches. Seul le témoin se distingue par un pH basique et une conductivité plus élevée mais ceci ne peut pas être mis en relation avec un développement particulier des jussies dans ce type d'eau.

Ainsi, les jussies ont su se développer aux différentes conditions des aquariums et prouver leur capacité d'adaptation.

3.5 Comparaison entre développement *in situ* et en aquarium

Le parallèle entre la croissance des jussies en milieu naturel ou contrôlé est intéressant. Cette comparaison montre beaucoup de différences importantes entre les deux approches.

Ces résultats mettent ainsi bien en évidence les difficultés d'intégration des données entre terrain et laboratoire et la nécessité de continuer le terrain sur ces questions d'écologie.

La perspective serait maintenant la mise en place d'essais de laboratoire plus élaborés pour améliorer cette comparaison.

CONCLUSION

Cette étude a permis de comparer l'évolution naturelle des jussies dans des biotopes différents (Orx, Léon et Carcans) et leur croissance en environnement contrôlé (aquariums). Les résultats obtenus montrent que l'espèce de jussie présente sur les sites étudiés (*Ludwigia hexapetala*) tolère des conditions du milieu aussi diverses que variées. Les données, bien que peu concluantes, sur les expériences menées en aquariums prouvent également leur capacité d'adaptation face à des contraintes abiotiques variables.

Par ailleurs, leur développement persiste dans des milieux où la compétition inter et intra-spécifique (Léon) est forte. Cette partie de l'étude montre aussi que des suivis scientifiques sur le développement d'autres plantes exotiques envahissantes (Lagarosiphon et Myriophylle, par exemple) sont nécessaires.

Les moyens de régulation de la jussie (arrachage mécanique et herbicide), effectués sur certains sites d'étude (Léon et Carcans) donnent des résultats immédiats mais ne sont pas pour autant sans conséquence (destruction de la faune et de la flore, pollution chimique des eaux, ...). L'arrachage manuel commence à être envisagé par certaines communes (Léon) même si les contraintes sont nombreuses (transport et stockage des déchets verts, coûts de main d'œuvre élevés, ...). Il n'en demeure pas moins que quelque soient les travaux entrepris, ils devront être répétés sur le long terme pour obtenir une régression importante de la présence de cette plante.

En outre, la sensibilisation à la problématique de l'extension des plantes à caractère invasif, mise en œuvre par des institutions comme le Cemagref ou Géolandes (Journées de formation), commence à toucher les utilisateurs des plans d'eau (pêcheurs, chasseurs, touristes ...).

BIBLIOGRAPHIE

- ANCRENAZ K. 2003 – *Mise en place d'une base de données sur les plantes aquatiques invasives sur le territoire français*. Rapport de DESS Sciences de l'Information Géoréférencée pour la Maîtrise de l'Environnement et l'Aménagement du Territoire, Université de Toulouse Le Mirail, 48 p.
- BELLANGER C. 2002 – *Dynamique de développement de la jussie (Ludwigia spp.) sur le Marais d'Orx (Landes)*. Rapport de DESS Gestion des zones humides, INH d'Angers, 40 p.
- CASTAGNOS E., DUTARTRE A., 2001 – *Evolutions récentes des peuplements de plantes aquatiques exotiques dans les lacs et les étangs landais*, étude n°66, CEMAGREF, Groupement de Bordeaux, Division Qualité des Eaux, 231 p.
- CHARBONNIER C. 1999 – *Dynamique de développement de Ludwigia spp.* Rapport de DESS Ecologie des systèmes aquatiques continentaux, Université de Toulouse 3, 35 p.
- DANDELLOT S. 2002 - *Autoécologie de la jussie (Ludwigia) dans les écosystèmes aquatiques naturels et artificiels méditerranéens du sud-est de la France*. Rapport de DEA, Université de droit, d'économie et des sciences de Marseille, 42 p.
- DEBATS R. & DUTARTRE A., 2002 – *Les jussies*. Document de travail. Réserve naturelle du Marais d'Orx, Labenne, France : 8 p.
- DUTARTRE A. 2002 – *Programme de recherche « Invasions biologiques ». Les jussies : caractérisations des relations entre sites, populations et activités humaines. Implications pour la gestion*. Rapport de présentation, 28 p.
- EIGLE D., 1997 – *Marais d'Orx : Typologie de la végétation aquatique et risque d'évolution*. Mémoire de DESS « Espace rural et environnement », Université de Bourgogne, Dijon, France : 32 p.
- GERARD L. 2003 – *Dynamique des peuplements de végétaux aquatiques de l'étang de Léon, Landes*. Propositions de gestion. Rapport d'IUP Environnement Géo-Ingénierie et Développement, Institut EGID Bordeaux 3, 54 p.
- GEREA, juillet 2002, *Plan de gestion transitoire de la réserve naturelle du Courant d'Huchet – Sections A et B : version provisoire*, Syndicat Intercommunal d'Aménagement et de Gestion, 107 p.
- LEBOUGRE C. 2001 – *Caractéristiques de développement de la jussie (Ludwigia sp.) dans la Réserve Naturelle du Marais d'Orx (40)*. Rapport de DESS Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 26 p.
- LEJAS D. 2002 – *Distribution, autoécologie et impacts de Ludwigia peploïdes et Ludwigia uruguayensis sans l'hydrosystème ligérien*. Rapport de DIRS (Diplôme d'Initiation à la Recherche Scientifique), Université FRANCOIS RABELAIS Tours, 64 p.
- PELLOTE F. 2003 – *Dynamique de développement de Ludwigia sp. Dans le sud-ouest de la France*. Rapport de DESS Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 25 p.
- PIETERSE A.H. & MURPHY K.J, 1990 – *Aquatic weeds, the ecology and management of nuisance aquatic vegetation*. Oxford science publications, 19. 445 p.
- SAINT-MACARY I. 1998 – *Dynamique de Ludwigia peploïdes au Marais d'Orx*. Rapport de DESS Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 21 p.

ANNEXE 1 : ABBREVIATIONS DES MESURES PHENOLOGIQUES

Mesures de biomasse

Tp : tiges principales
FTp : feuilles de tiges principales
RTp : racines de tiges principales
Br : bourgeons, Fl : fleurs
FIF : fleurs fanées
Tr : tiges de ramifications
Fr : feuilles de ramifications
Rr : racines de ramifications.

Mesures sur les tiges

Lt : longueur de la tige
Nnt : nombre de nœuds par tige
Nr : nombre de ramifications par plante
Nb : nombre de bourgeons par plante
Nf : nombre de fleurs par plante
Nff : nombre de fleurs fanées par plante
SLr : longueur des ramifications de la plante
SNnr : nombre de nœuds des ramifications de la plante
Nnp : nombre de nœuds par plante
Lp : longueur de la plante
Nrct : nombre de ramifications par cm de tige
Nnct : nombre de nœuds par cm de tige
Nncr : nombre de nœuds par cm de ramifications
Nncp : nombre de nœuds par cm de plante

Mesures sur les feuilles

L limbe : longueur du limbe
l limbe : largeur du limbe
L pétiole : longueur du pétiole
LongLarg : longueur du limbe sur largeur du limbe
LongLong : longueur du limbe sur longueur du pétiole
LargLong : largeur du limbe sur longueur du pétiole

Les mesures de biomasse sont exprimées en grammes.
Les mesures de longueur sont exprimées en centimètres.

ANNEXE 2 : BIOMASSES SECHES

Station	Date	Tp	FTp	RTp	Br	Fl	FIF	Tr	Fr	Rr	Totales
Carcans	04/05/2004	0,300	0,193	0,167	0,000	0,000	0,000	0,053	0,107	0,047	0,867
	27/05/2004	1,233	0,470	0,613	0,000	0,000	0,000	0,373	0,753	0,533	3,977
	30/06/2004	5,347	0,807	0,860	0,000	0,020	0,000	2,580	2,380	1,540	13,533
	28/07/2004	8,200	1,033	0,827	0,000	0,000	0,000	2,607	1,187	0,387	14,240
Léon	27/04/2004	0,180	0,233	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,473
	26/05/2004	0,570	0,403	0,407	0,000	0,000	0,000	0,107	0,170	0,263	1,920
	30/06/2004	1,823	0,300	1,623	0,025	0,000	0,000	1,890	1,160	0,360	7,182
Orx 3 Coûts	27/04/2004	0,193	0,147	0,060	0,000	0,000	0,000	0,067	0,130	0,017	0,613
	27/05/2004	0,847	0,297	0,457	0,000	0,000	0,000	0,803	1,207	0,690	4,300
Orx Pont-Noir	27/04/2004	0,240	0,123	0,093	0,000	0,000	0,000	0,050	0,100	0,037	0,643
	27/05/2004	1,213	0,460	0,720	0,000	0,000	0,000	0,813	1,320	0,880	5,407

ANNEXE 3 : LONGEURS MOYENNES DES TIGES

Station	Date	N	Lt	Ecart-type	Lr	Ecart-type	Lp	Ecart-type
Carcans	4-mai	30	57,6	22,5	2,9	3,3	60,5	24,2
	27-mai	30	140,4	40,1	11,7	5	152,2	40,1
	30-juin	30	253,5	64,5	24,8	9,4	278,3	60,4
	28-juil	30	271,8	58,9	24,8	8,7	296,6	56,4
Léon	27-avr	30	52,1	14,6	0	0	52,1	14,6
	26-mai	30	80,9	20,3	6,2	2,9	87,1	22,4
	30-juin	30	117,4	27,9	30,1	11,2	147,5	24
Orx 3 Coûts	27-avr	30	48,1	10,7	6,9	5,2	55	13,5
	27-mai	30	132,7	39	21,3	6,4	154	40,6
Orx Pont-Noir	27-avr	30	38,2	8,7	4,4	2,7	42,6	9,5
	27-mai	30	96,8	38,4	17,8	5	114,5	38,5

ANNEXE 4 : EFFECTIFS MOYENS DES DIFFERENTS ORGANES DES PLANTES

Station	Date	Nnt	Ecart-type	Nr	Ecart-type	Nb	Ecart-type	Nf	Ecart-type	Nff	Ecart-type	SNnr	Ecart-type	Nnp	Ecart-type
Carcans	4-mai	21,8	6,4	4,8	5,4	0	0	0	0	0	0	2,8	2,7	24,6	8,7
	27-mai	41,4	6,6	13,8	7,6	0	0	0	0	0	0	8	2	49,4	7,2
	30-juin	58,1	9,5	20,1	10,1	3,5	6	0,1	0,3	0,1	0,3	11,4	2,8	69,4	9,1
	28-juil	70,7	10,7	11,5	6,7	0	0	0	0	0	0	11,6	2	82,5	11,3
Léon	27-avr	17,8	3,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,8	3,4
	26-mai	26,7	5,8	4,7	2,8	0	0	0	0	0	0	5,2	2,1	31,9	7,1
	30-juin	37,5	11,6	6,3	2,9	3,1	5,1	0	0	0	0	14,8	4,4	52,3	11
Orx 3 Coûts	27-avr	17,2	5,5	5	3,2	0	0	0	0	0	0	4	2,6	21,2	7,1
	27-mai	40,4	7,5	14	8,5	0	0	0	0	0	0	4	2,6	44,4	8,3
Orx Pont-Noir	27-avr	16,1	3,2	6,2	3	0	0	0	0	0	0	3	1,5	19,1	4,1
	27-mai	30	5,9	13,4	6,8	0	0	0	0	0	0	9,9	2,2	39,9	6,8

ANNEXE 5 : RATIOS CALCULES SUR LES TIGES

Station	Date	Nrct	Ecart-type	Nnct	Ecart-type	Nncr	Ecart-type	Nncp	Ecart-type
Carcans	4-mai	0,1	0,1	0,4	0,1	0,7	0,6	0,4	0,1
	27-mai	0,1	0	0,3	0,1	0,5	0,4	0,3	0,1
	30-juin	0,1	0	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,1
	28-juil	0	0	0,3	0	0,3	0,3	0,3	0
Léon	27-avr	0	0	0,4	0,1	0	0	0,4	0,1
	26-mai	0,1	0	0,3	0,1	0,8	0,2	0,4	0,1
	30-juin	0,1	0	0,3	0,1	0,5	0,2	0,4	0
Orx 3 Coûts	27-avr	0,1	0,1	0,4	0,1	0,6	0,5	0,4	0,1
	27-mai	0,1	0	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3	0
Orx Pont-Noir	27-avr	0,1	0,1	0,4	0,1	0,7	0,3	0,5	0,1
	27-mai	0,1	0	0,3	0,1	0,6	0,1	0,4	0,1

ANNEXE 6 : MESURES EFFECTUES SUR LES FEUILLES : LONGEURS ET RATIOS

Station	Date	L limbe	Ecart-type	l limbe	Ecart-type	L pétiole	Ecart-type	LongLarg	Ecart-type	LongLong	Ecart-type	LargLong	Ecart-type
Carcans	4-mai	1,9	0,3	1,3	0,2	0,6	0,3	1,5	0,1	4	2,5	2,8	1,7
	27-mai	2,1	0,3	1,4	0,2	1,2	0,2	1,5	0,1	1,8	0,3	1,2	0,2
	30-juin	3,4	0,5	1,4	0,1	1,3	0,2	2,4	0,4	2,8	0,6	1,2	0,2
	28-juil	3,7	0,9	1,4	0,1	1,7	0,4	2,6	0,6	2,3	0,5	0,9	0,2
Léon	27-avr	2,7	0,4	2,2	0,4	0,4	0,2	1,2	0,1	8,8	4,3	7,2	3,5
	26-mai	2,4	0,3	1,7	0,2	1	0,3	1,4	0,1	2,5	0,5	1,8	0,3
	30-juin	3,4	0,3	1,5	0,2	1,2	0,2	2,2	0,2	2,8	0,5	1,3	0,2
Orx 3 Coûts	27-avr	1,8	0,3	1,4	0,2	0,8	0,2	1,3	0,2	2,5	0,8	1,9	0,6
	27-mai	2,6	0,3	1,6	0,2	1,2	0,3	1,6	0,1	2,2	0,5	1,4	0,3
Orx Pont-Noir	27-avr	1,5	0,2	1,3	0,3	0,4	0,2	1,2	0,1	4,3	1,7	3,7	1,3
	27-mai	2,3	0,2	1,8	0,2	1	0,3	1,3	0,1	2,3	0,7	1,8	0,6

ANNEXE 7 : MESURES PHYSICO-CHIMIQUES DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENT

Station	Date	Heure	Température	pH	Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	O ₂ (%)	O ₂ (mg/L)
Carcans	04-mai	14h40	14,9	6,5	214	99	9,9
	27-mai	14h45	18	7,3	170	90	8,6
	14-juin	15h	21,6	7,1	282	86	7,6
	30-juin	10h	23	7,1	307	71	6,2
	28-juil	9h45	24	7,07	322	78	6,5
Léon	27-avr	15h20	19,4	7,5	181	65	5,2
	26-mai	14h	19,8	7,8	142	95	9,2
	15-juin	9h30	20,6	7,3	123	83	7,5
	30-juin	10h	22	7,23	130	62	5,7
	26-juil	14h30	27,1	8,9	127,7	150	12,3
Orx - 3 Coutis	27-avr	10h30	19,6	7,9	254	62	5,5
	27-mai	10h55	20,4	7,3	224	66	6
	15-juin	10h30	21,7	6,74	223	80	7,1
	28-juin	14h	22,2	6,3	189	75	6,5
Orx - Pont Noir	27-avr	11h30	19,2	7	230	52	4,9
	27-mai	11h35	20,8	7,3	235	33	3,3
	15-juin	11h	22,3	6,9	242	44	3,9
	28-juin	10h15	22	6,5	285	2,3	0,2

ANNEXE 8 : MESURES DE LA QUALITE CHIMIQUE DES EAUX AQUARIUMS

Station	Date	MES	FO MES (%)	FM MES (%)	Ind permang	TA	TAC	NO3-	N-NO3-	NO2-	N-NO2-	NH4+
Carcans	04-mai	8,75	48,57	51,43	6,08	0	0,45	5,24	1,183	0,049	0,015	0,098
	16-juin	12	52,8	47,2	6,4	0	0,58	0,27	0,061	0,007	0,002	0,045
	27-juil	14	96,4	3,6	14,54	0	0,2	0,115	0,026	0	0	0,017
Léon	28-avr	9,6	22,92	77,08	8,96	0	0	2,3	0,519	0,028	0,008	0,049
	16-juin	4,4	90,9	9,1	20,19	0	0,6	0	0	0,002	0,001	0,033
	27-juil	19	92,1	7,9	17,78	0	0,2	0	0	0,008	0,002	0,018
Orx -3 Coûts	28-avr	66,5	48,12	51,88	19,2			0,394	0,089	0,036	0,011	0,168
	16-juin	66,5	48,1	51,9	24	0	0,79	0	0	0,012	0,004	0,052
Orx - Pont Noir	28-avr	17,5	25,71	74,29	12			0	0	0,016	0,005	0,202
	16-juin	29	62,1	37,9	23,84	0	0,6	0	0	0,004	0,001	0,037

MES : Matières en suspension (mg/L), FO MES : fraction organique des matières en suspension, FM MES : fraction minérale des matières en suspension (mg/L), Ind. permang : indice permanganate (mg/L), TA : titre alcalimétrique en mmol H⁺/L, TAC : titre alcalimétrique complet (mmol H⁺/L). Le reste des mesures est exprimé en mg/L.

Station	Date	N-NH4+	N minéral	N Kjeldhal	N org	PO4	P-PO4	Pteb (PO4)	Pteb (P)	pH	Conductivité
Carcans	04-mai	0,076	1,274	0,77	0,694	0,0188	0,006	0,224	0,073	6,7	224
	16-juin	0,035	0,1	0,63	0,595	0,024	0,008	0,094	0,031	7,15	286
	27-juil	0,013	0,039	0,91	0,897	0,032	0,01	0,125	0,041	6,15	320
Léon	28-avr	0,038	0,84	0,802	0,566	0,06	0,02	0,271	0,088	6,7	153
	16-juin	0,026	0,026	0,7	0,674	0,021	0,007	0,135	0,044	6,7	151
	27-juil	0,014	0,016	1,05	1,036	0,041	0,013	0,182	0,059	5,7	117
Orx -3 Coûts	28-avr	0,131	3,43	3,299	0,231	0,109	0,036	1,037	0,338	7,4	215
	16-juin	0,04	0,044	4,13	4,089	0,048	0,016	0,984	0,321	7,2	229
Orx - Pont Noir	28-avr	0,157	1,75	1,593	0,162	0,075	0,024	0,411	0,134	7,2	227
	16-juin	0,029	0,03	1,05	1,02	0,031	0,01	0,375	0,122	6,5	230

ANNEXE 9 : RECOUVREMENT MOYEN CALCULES SUR LES 5 PROFILS

PROFIL 1	CAMPAGNE	1	Ecart-Type	2	Ecart-Type	3	Ecart-Type	Moyenne
	Jussie	12	6,56	11	9,5	7	5,17	10
	Myriophylle	20	10,97	11	7,96	11	10,66	14
	Lagarosiphon	31	16,61	26	15,21	35	21,7	31
	Nénuphar	30	16,53	22	12,87	21	11,66	24

PROFIL 2	CAMPAGNE	1	Ecart-Type	2	Ecart-Type	3	Ecart-Type	Moyenne
	Jussie	5	0	5	0	1	0	4
	Myriophylle	9	3,85	7	2,64	3	2,14	6
	Lagarosiphon	57	27,19	31	14,03	41	17,7	43
	Nénuphar	30	13,47	27	11,03	24	13,64	27
	Potamot luisant	7	6,58	13	10,61	10	6,12	10
	Potamot crispé	5	0	0	0	0	0	2

PROFIL 3	CAMPAGNE	1	Ecart-Type	2	Ecart-Type	3	Ecart-Type	Moyenne
	Jussie	6	1,89	8	8,79	5	3,81	6
	Myriophylle	16	8,16	9	8	9	8,79	11
	Lagarosiphon	34	17,41	13	10,82	24	15,08	24
	Nénuphar	35	7,07	0	0	0	0	12

PROFIL 4	CAMPAGNE	1	Ecart-Type	2	Ecart-Type	3	Ecart-Type	Moyenne
	Jussie	10	12,05	5	5,81	6	2,07	7
	Myriophylle	15	8,91	10	8,56	10	6,81	12
	Lagarosiphon	15	13,18	16	13,57	26	16,64	19
	Nénuphar	40	0	0	0	0	0	13

PROFIL 5	CAMPAGNE	1	Ecart-Type	2	Ecart-Type	3	Ecart-Type	Moyenne
	Jussie	12	9,51	8	7,33	4	3,19	8
	Myriophylle	18	13,77	6	4,21	10	8,86	11
	Lagarosiphon	25	16,07	21	13,89	27	13,54	24
	Nénuphar	0	0	0	0	0	0	0

ANNEXE 10 : FREQUENCE CALCULEE SUR LES 5 PROFILS

PROFIL 1

CAMPAGNE	1	2	3	Moyenne
Jussie	7%	12%	9%	9%
Myriophylle	25%	23%	20%	23%
Lagarosiphon	22%	70%	76%	56%
Nénuphar	7%	15%	14%	12%

PROFIL 2

CAMPAGNE	1	2	3	Moyenne
Jussie	2%	1%	1%	1%
Myriophylle	14%	4%	4%	7%
Lagarosiphon	87%	94%	93%	91%
Nénuphar	30%	44%	40%	38%
Potamot luisant	11%	1%	3%	5%
Potamot crispé	1%	0%	0%	0%

PROFIL 3

CAMPAGNE	1	2	3	Moyenne
Jussie	18%	30%	37%	29%
Myriophylle	63%	59%	60%	61%
Lagarosiphon	92%	77%	72%	80%
Nénuphar	0%	2%	0%	1%

PROFIL 4

CAMPAGNE	1	2	3	Moyenne
Jussie	22%	20%	44%	29%
Myriophylle	39%	57%	55%	50%
Lagarosiphon	83%	80%	97%	87%
Nénuphar	0%	0%	0%	0%

PROFIL 5

CAMPAGNE	1	2	3	Moyenne
Jussie	37%	15%	41%	31%
Myriophylle	63%	67%	58%	63%
Lagarosiphon	80%	69%	92%	80%
Nénuphar	0%	0%	0%	0%

ANNEXE 11 : BIOMASSES SECHES (AQUARIUMS)

Station	Date	Tp	FTp	RTp	Br	Fl	FIF	Tr	Fr	Rr
Biscarosse	05/05/2004	0,088	0,150	0,000	0	0	0	0	0	0
	08/06/2004	0,125	0,338	0,075	0	0	0	0	0	0
	14/06/2004	0,375	0,238	0,138	0	0	0	0	0	0
	13/07/2004	0,388	0,225	0,088	0	0	0	0,013	0,025	0
Carcans	08/06/2004	0,500	0,363	0,200	0	0	0	0,013	0	0
	13/07/2004	0,375	0,188	0,113	0	0	0	0	0	0
Léon	08/06/2004	0,288	0,313	0,125	0	0	0	0	0	0
	13/07/2004	0,400	0,250	0,113	0	0	0	0	0	0
Orx 3 Coûts	08/06/2004	0,200	0,275	0,088	0	0	0	0,025	0,013	0,025
	13/07/2004	0,338	0,375	0,213	0	0	0	0,038	0,100	0
Orx Pont-Noir	08/06/2004	0,313	0,238	0,075	0	0	0	0,013	0,013	0,038
	13/07/2004	0,488	0,450	0,188	0	0	0	0	0,013	0
Témoin	08/06/2004	0,213	0,275	0,038	0	0	0	0	0	0
	13/07/2004	0,338	0,238	0,050	0	0	0	0	0	0

ANNEXE 12 : LONGUEUR MOYENNE DES TIGES (AQUARIUMS)

Station	Expérience	Lt	Ecart-type	Lr	Ecart-type	Lp	Ecart-type
Référence	Référence 1	25	0	0,7	0,1	25,2	0,3
	Référence 2	25	0	1,2	1,2	26,2	1,2
Biscarosse	Biscarosse 1	39	5,4	0,2	0,6	39,2	5,8
	Biscarosse 2	33	3,9	2,7	3,4	35,7	5
Carcans	Carcans 1	41,3	5,3	0,4	0,6	41,7	5,1
	Carcans 2	36	3	2,5	1,9	38,5	3,4
Léon	Léon 1	47,9	5,7	0	0	47,9	5,7
	Léon 2	38,9	3,8	1,3	1,5	40,2	4,3
Orx - 3 Coûts	Orx 3 Coûts 1	44,4	6,2	1,8	4,2	46,2	7,6
	Orx 3 Coûts 2	36,4	3,9	3,2	4,6	39,6	4,1
Orx - Pont Noir	Orx Pont Noir 1	40,3	10,2	1,3	1,7	41,6	10
	Orx Pont Noir 2	39	4,4	5,6	1,4	44,6	5,4
Témoin	Témoin 1	45	6,4	0,2	0,5	45,2	6,5
	Témoin 2	36,8	6,4	2	4,3	38,8	7

ANNEXE 13 : EFFECTIFS MOYENS DES DIFFERENTS ORGANES (AQUARIUMS)

Station	Expérience	Nnt	Ecart-type	Nr	Ecart-type	Nb	Ecart-type
Référence	Référence 1	10,9	2,3	0,9	1,6	0	0
	Référence 2	27,8	36,3	1,3	1,3	0	0
Biscarosse	Biscarosse 1	27,5	3,6	0,4	1,1	0	0
	Biscarosse 2	24,6	5,4	1,4	2,1	0	0
Carcans	Carcans 1	27,3	3,4	0,8	1	0	0
	Carcans 2	25	5,4	1,4	1,4	0	0
Léon	Léon 1	32,3	5,1	0	0	0	0
	Léon 2	26,8	3,8	0,6	0,7	0	0
Orx - 3 Coûts	Orx 3 Coûts 1	28,9	4,1	0,4	0,5	0	0
	Orx 3 Coûts 2	23	3,6	1,8	1,7	0	0
Orx - Pont Noir	Orx Pont Noir 1	27	7,1	1,4	1,5	0	0
	Orx Pont Noir 2	28	4,1	0,6	1,4	0,1	0,4
Témoin	Témoin 1	24,5	5,1	0,4	1,1	0	0
	Témoin 2	26,1	3,3	0,3	0,5	0	0

ANNEXE 14 : MESURES EFFECTUES SUR LES FEUILLES : LONGEURS ET RATIOS (AQUARIUMS)

Expérience	Llimbe	Ecart-type	l limbe	Ecart-type	L pétiole	Ecart-type	LongLarg	Ecart-type	LongLong	Ecart-type	LargLong	Ecart-type
Référence 1	2,8	0,4	2,1	0,3	0,7	0,4	1,3	0,1	5,2	2,6	3,9	2,2
Référence 2	2,8	0,9	1,7	0,4	1,4	0,7	1,7	0,2	2,3	0,7	1,4	0,5
Biscarosse 1	2,7	0,3	1,8	0,2	1,2	0,3	1,5	0,1	2,4	0,5	1,6	0,4
Biscarosse 2	2,9	0,4	1,6	0,2	1,2	0,3	1,8	0,2	2,5	0,5	1,4	0,3
Carcans 1	2,6	0,5	1,8	0,4	1,2	0,4	1,4	0,1	2,2	0,5	1,6	0,4
Carcans 2	2,9	0,4	1,7	0,1	1,2	0,3	1,7	0,2	2,4	0,3	1,4	0,2
Léon 1	3,1	0,5	2	0,4	1,3	0,3	1,6	0,2	2,6	0,6	1,6	0,3
Léon 2	3,4	0,9	1,8	0,4	1,4	0,6	1,9	0,4	2,8	1,2	1,5	0,7
Orx 3 Coûts 1	2,9	0,7	2	0,3	1,2	0,4	1,5	0,2	2,5	0,4	2,5	0,4
Orx 3 Coûts 2	3,1	0,7	1,7	0,3	1,2	0,4	1,9	0,4	2,7	0,6	2,7	0,6
Orx Pont Noir 1	2,5	0,4	1,7	0,3	0,9	0,2	1,5	0,1	2,7	0,3	1,8	0,3
Orx Pont Noir 2	3,7	0,5	1,7	0,1	1,6	0,5	2,3	0,3	2,6	0,9	1,2	0,5
Témoin 1	2,8	0,3	2	0,2	1	0,2	1,4	0,1	3	0,8	2,1	0,5
Témoin 2	3,4	0,5	1,7	0,2	1,6	0,4	2	0,3	2,2	0,5	1,1	0,4

**ANNEXE 15 : MESURES PHYSICO-CHIMIQUES
(AQUARIUM 1)**

	Date	Heure	Hauteur d'eau	T°C	pH	Conductivité	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%)
Biscarosse	7/5/04	15h35	23,8	21	7,3	189	8,9	101
	14/5/04	15h35	23,2	24	7,4	184,2	10	107
	18/5/04	15h30	23	25	7,2	182	8,8	102
	25/5/04	15h25	22,7	25,2	6,44	181	7,5	92
	4/6/04	15h30	21,3	24	6,14	185	8,32	97,2
	8/6/04	15h20	19,5	26,3	6,5	189,8	9,34	116
Carcans	7/5/04	15h35	23,8	21	7,2	221	9,45	107
	14/5/04	15h35	23,2	25	7,12	215	9,9	110
	18/5/04	15h30	22,5	25	6,9	212	8,5	99
	25/5/04	15h25	22	25,5	6,3	209	7,5	90
	4/6/04	15h30	21	24,4	5,41	214	7,12	85
	8/6/04	15h20	19,3	26,7	5,28	225	9	112
Léon	7/5/04	15h35	23,8	21	7,6	157	7,98	85,8
	14/5/04	15h35	23,4	24	7,5	151	10,2	113
	18/5/04	15h30	22,7	24,6	7,2	146	9,1	95
	25/5/04	15h25	22,3	25	6,8	143,3	6,8	84
	4/6/04	15h30	21	23,6	6,71	141	6,08	71,1
	8/6/04	15h20	19	26,1	6,37	142,7	6,74	83,5
Orx-3 Coûts	7/5/04	15h35	23,8	21	7,05	216	6,54	73
	14/5/04	15h35	23,3	24	6,84	212	8,6	100
	18/5/04	15h30	22,7	24,5	6,6	211	8,2	96
	25/5/04	15h25	22	24,8	6,45	210	7,4	89
	4/6/04	15h30	21,4	22,9	6,41	214	7,61	90,5
	8/6/04	15h20	19	26,1	5,98	217	7,47	92
Orx-Pont Noir	7/5/04	15h35	23,8	21	7,5	232	7,5	84
	14/5/04	15h35	23	24	7,38	233	9,35	102
	18/5/04	15h30	22,6	24,7	7,32	232	8,7	98
	25/5/04	15h25	22	25	6,7	231	7,7	94
	4/6/04	15h30	21,3	23,3	6,55	234	7,72	94,8
	8/6/04	15h20	19,3	26	6,64	240	8,4	102,5
Témoin	7/5/04	15h35	23,8	21	7,84	441	8,4	93,6
	14/5/04	15h35	23,2	24	8,26	443	9,9	110
	18/5/04	15h30	22,6	24,8	8,29	408	9,3	105
	25/5/04	15h25	22,2	25	8,33	379	8,3	101
	4/6/04	15h30	21	23,1	7,91	382	9,12	104,1
	8/6/04	15h20	19,2	26,3	7,8	392	8,35	104

**ANNEXE 16 : MESURES PHYSICO-CHIMIQUES
(AQUARIUM 2)**

	Date	Heure	Hauteur d'eau	T°C	pH	Conductivité	O ₂ (mg/L)	O ₂ (%)
Biscarosse	16/6/04	14h30	23	25,8	7,28	198	8,2	100,3
	23/6/04	15h	21,4	25,8	7,51	203	7	86,5
	30/6/04	14h15	20,5	26,4	7,15	199	8,8	109
	7/7/04	14h30	18,8	24,6	6,9	205	7,9	96
	13/7/04	14h45	18	23	6,16	208	6,1	81
Carcans	16/6/04	14h30	23	26,3	7,07	283	8,19	101
	23/6/04	15h	21	26,2	7,33	294	8,66	107
	30/6/04	14h15	20,5	26,6	6,95	293	9,6	119
	7/7/04	14h30	19	24,9	6,34	305	8,2	101
	13/7/04	14h45	18,3	23	4,9	317	7,7	90
Léon	16/6/04	14h30	23	25,4	7,57	125	8,46	103
	23/6/04	15h	21,4	26,5	6,95	120	7,54	93,1
	30/6/04	14h15	20	26,6	7,21	107	8,9	111
	7/7/04	14h30	18,2	25,2	6,58	104	7,5	91
	13/7/04	14h45	17,4	23,6	5,38	106	7	82
Orx-3 Coûts	16/6/04	14h30	23	25,5	7,1	226	7,79	94
	23/6/04	15h	22	26,1	6,81	230	5,45	67
	30/6/04	14h15	21	26,2	6,79	221	7,3	90
	7/7/04	14h30	19	24,6	6,5	220	6,9	85
	13/7/04	14h45	18,9	22,6	6,03	216	6,28	72
Orx-Pont Noir	16/6/04	14h30	23	25,8	7,25	239	7,5	92,3
	23/6/04	15h	21,6	26,3	6,8	244	4,71	58
	30/6/04	14h15	20	26,2	6,88	236	6,9	85
	7/7/04	14h30	18,7	25	6,6	232	6,4	77
	13/7/04	14h45	17,9	23,1	6,3	226	5,7	66
Témoin	16/6/04	14h30	23	24,2	7,5	452	6,6	77,5
	23/6/04	15h	20,7	25,7	8,17	472	7,07	86,8
	30/6/04	14h15	20,2	26,5	8,12	478	8,2	103
	7/7/04	14h30	18,5	24,5	8,33	490	7,8	96
	13/7/04	14h45	18	23	8,25	499	7,4	86

ANNEXE 17 : MESURES DE LA QUALITE CHIMIQUE DES EAUX (AQUARIUMS)

Station	Date	MES	FO MES (%)	FM MES (%)	Ind permang	TA	TAC	NO3-	N-NO3-	NO2-	N-NO2-	NH4+
Biscarosse	04-mai	5	64	36	7,84	0	0,45	0	0	0,008	0,002	0,019
	09-juin	2	90	10	12,43	0	0,4	0	0	0	0	0,025
	16-juin	5,8	82,8	17,2	8,16	0	0,67	0	0	0,007	0,002	0,046
	12-juil	8	100	0	24,65	0	0,85	0,179	0,04	0,014	0,004	0,025
Carcans	04-mai	8,75	48,57	51,43	6,08	0	0,45	5,24	1,183	0,049	0,015	0,098
	09-juin	0,75	100	0	11,26	0	0,25	0	0	0	0	0,023
	16-juin	12	52,8	47,2	6,4	0	0,58	0,27	0,061	0,007	0,002	0,045
	12-juil	14	96,4	3,6	14,54	0	0,2	0,115	0,026	0	0	0,017
Léon	28-avr	9,6	22,92	77,08	8,96	0	0	2,3	0,519	0,028	0,008	0,049
	09-juin	4,4	90,9	9,1	20,19	0	0,6	0	0	0,002	0,001	0,033
	16-juin	14	64,3	35,7	5,28	0	0,52	1,23	0,278	0,023	0,007	0,1
	12-juil	19	92,1	7,9	17,78	0	0,2	0	0	0,008	0,002	0,018
Orx -3 Coûts	28-avr	66,5	48,12	51,88	19,2			0,394	0,089	0,036	0,011	0,168
	09-juin	2	75	25	15,15	0	0,52	0	0	0	0	0,04
	16-juin	66,5	48,1	51,9	24	0	0,79	0	0	0,012	0,004	0,052
	12-juil	41,6	53,8	46,2	25,86	0	0,6	0	0	0	0	0,031
Orx - Pont Noir	28-avr	17,5	25,71	74,29	12			0	0	0,016	0,005	0,202
	09-juin	1,25	100	0	13,59	0	1,32	0	0	0	0	0,032
	16-juin	43	54,7	45,3	17,6	0	1,1	0	0	0,012	0,004	0,139
	12-juil	29	62,1	37,9	23,84	0	0,6	0	0	0,004	0,001	0,037
Témoin	09-juin	2	90	10	5,44	0	3,33	0	0	0	0	0,019
	16-juin	0,2	100	0	0,8	0	3,15	0	0	0,005	0,001	0,032
	12-juil	4,8	95,8	4,2	7,6	0	4,7	0,287	0,065	0,004	0,001	0,017

MES : Matières en suspension (mg/L), FO MES : fraction organique des matières en suspension, FM MES : fraction minérale des matières en suspension (mg/L), Ind. permang : indice permanganate (mg/L), TA : titre alcalimétrique en mmol H+/L, TAC : titre alcalimétrique complet (mmol H+/L). Le reste des mesures est exprimé en mg/L.

Station	Date	N-NH4+	N minéral	N Kjeldhal	N org	PO4	P-PO4	Pteb (PO4)	Pteb (P)	pH	Conductivité
Biscarosse	04-mai	0,015	0,017	0,35	0,335	0,018	0,006	0,099	0,032	6,95	182
	09-juin	0,019	0,019	1,4	1,381	0,022	0,007	0,104	0,034	7,45	196
	16-juin	0,036	0,038	0,77	0,734	0,014	0,004	0,1	0,032	7,35	305
	12-juil	0,019	0,064	0,77	0,751	0,036	0,012	0,135	0,044	8,5	225
Carcans	04-mai	0,076	1,274	0,77	0,694	0,0188	0,006	0,224	0,073	6,7	224
	09-juin	0,018	0,018	0,7	0,682	0,018	0,006	0,089	0,03	6,25	225
	16-juin	0,035	0,1	0,63	0,595	0,024	0,008	0,094	0,031	7,15	286
	12-juil	0,013	0,039	0,91	0,897	0,032	0,01	0,125	0,041	6,15	320
Léon	28-avr	0,038	0,84	0,802	0,566	0,06	0,02	0,271	0,088	6,7	153
	09-juin	0,026	0,026	0,7	0,674	0,021	0,007	0,135	0,044	6,7	151
	16-juin	0,078	0,362	0,77	0,692	0,033	0,011	0,385	0,126	7,4	135
	12-juil	0,014	0,016	1,05	1,036	0,041	0,013	0,182	0,059	5,7	117
Orx -3 Coûts	28-avr	0,131	3,43	3,299	0,231	0,109	0,036	1,037	0,338	7,4	215
	09-juin	0,031	0,031	1,4	1,37	0,048	0,016	0,167	0,054	7	218
	16-juin	0,04	0,044	4,13	4,089	0,048	0,016	0,984	0,321	7,2	229
	12-juil	0,024	0,024	0,98	0,956	0,031	0,01	0,849	0,277	6,3	217
Orx - Pont Noir	28-avr	0,157	1,75	1,593	0,162	0,075	0,024	0,411	0,134	7,2	227
	09-juin	0,025	0,025	1,4	1,375	0,017	0,006	0,104	0,034	7,3	235
	16-juin	0,108	0,112	3,5	3,392	0,039	0,013	0,787	0,257	7,25	239
	12-juil	0,029	0,03	1,05	1,02	0,031	0,01	0,375	0,122	6,5	230
Témoin	04-mai										
	09-juin	0,015	0,015	0,63	0,615	0,03	0,01	0,167	0,054	8,15	369
	16-juin	0,025	0,026	0,49	0,465	0,025	0,008	0,084	0,027	8,1	322
	12-juil	0,013	0,079	0,56	0,547	0,034	0,011	0,12	0,039	8,45	516

N org : azote organique, Pteb : phosphore total de l'eau brute. Le reste des mesures esr exprimé en mg/L.

« Mémoire rédigé et présenté avec l'accord du Maître
de stage en vue d'une soutenance publique »

Alain DUTARTRE