



HAL
open science

Dynamique de développement de ludwigia sp. dans le Sud-Ouest de la France

Fabrice Pellote

► **To cite this version:**

Fabrice Pellote. Dynamique de développement de ludwigia sp. dans le Sud-Ouest de la France. Sciences de l'environnement. 2003. hal-03815501

HAL Id: hal-03815501

<https://hal.inrae.fr/hal-03815501>

Submitted on 14 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.



DYNAMIQUE DE DEVELOPPEMENT DE LUDWIGIA SP. DANS LE SUD-OUEST DE LA FRANCE

Fabrice PELLOTE, DESS Dynamique des
écosystèmes aquatiques,

sous la direction de
Alain DUTARTRE

Unité de Recherche *Qualité des Eaux*

Centre de Bordeaux
50, avenue de Verdun
33612 CESTAS cedex
Tél. : 05 57 89 08 00 - Fax : 05 57 89 08 01
<http://www.bordeaux.cemagref.fr>

2003

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Alain DUTARTRE, mon maître de stage, et Christophe LAPLACE pour leurs précieux conseils.

Les personnes qui m'ont accompagné sur le terrain m'ont également grandement facilité la tâche. Je tiens donc à remercier chaleureusement Alain LECHENE, Laure GERARD, Soizic MORIN, Emilie BREUGNOT qui ont bien voulu m'accorder une partie de leur temps pour m'aider.

Enfin je tiens à remercier ma famille qui m'a toujours soutenu tout au long de ma scolarité.

RESUME

Dans le cadre d'un programme national d'étude des Invasions Biologiques, la dynamique de colonisation de deux espèces de jussie (*Ludwigia hexapetala* et *Ludwigia peploïdes*) a été étudiée dans différentes zones humides du sud-ouest de la France. L'effet des facteurs biotiques (concurrence intra et inter-spécifique) et abiotiques du milieu (écoulements, 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.

Des ACP ont montré que la jussie change facilement de forme quand elle est soumise à la concurrence du poivre d'eau (*Polygonum hydropiper*) d'une part, et que le courant et le pH semblent être des facteurs limitant son développement, d'autre part.

Des propositions de gestion ont ensuite été émises afin de contrôler l'expansion de cette plante dans les différents sites d'étude.

Mots Clés : *Ludwigia hexapetala*, *Ludwigia peploïdes*, jussie, marais, zones humides, espèces invasives, paramètres physico-chimiques, 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* and *Ludwigia peploïdes* (water primrose) was put in relation to water and sediment condition and to other plants presence.

PCA analysis showed on the one hand, that presence of other species (*Polygonum hydropiper*) seemed to limit water primrose development and on the other hand that a low pH and a rapid water flow was limitant factors of its development.

Several advises of management were proposed in order to control the spreading dynamic of this hydrophyte.

Key Words: hydrophyte, *Ludwigia hexapetala*, *Ludwigia peploïdes*, water primrose, aquatic weeds, water chemistry, management, wetlands.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	p. 1
I-MATERIEL ET METHODES	p. 2
1-La jussie	p. 2
<i>1.1-Taxonomie</i>	
<i>1.2-Caractères morphologiques</i>	
<i>1.3-Reproduction et propagation</i>	
<i>1.4-Ecologie</i>	
<i>1.5-Nuisances</i>	
2-Présentation des différents sites d'étude	p. 3
<i>2.1-Le Marais d'Orx</i>	
<i>2.2-Le Marais du Cout de Mountagne</i>	
<i>3.3-Tercis les Bains</i>	
<i>3.4-Lac de Carcans Hourtin</i>	
<i>3.5-Bénévent</i>	
3-Protocole expérimental	p. 5
<i>3.1-But des expériences</i>	
<i>3.2-Mesures phénologiques</i>	
<i>3.3-Mesures physico-chimiques</i>	
<i>3.4-Mesures chimiques</i>	
<i>3.5-Mesures physiques</i>	
II-RESULTATS	p. 8
1-Identification des plantes	p. 8
2-Biomasses sèches	p.8
3-Phénologie	p. 9
<i>3.1-Evolution des longueurs</i>	
<i>3.2-Nombre de nœuds et de ramifications</i>	
<i>3.3-Les ratios</i>	
<i>3.4-Le développement des feuilles</i>	

4-Evolution de chaque station au cours du temps p. 12

4.1-Marais d'Orx

4.2-Tercis les Bains

4.3-Bénévent

4.4-Carcans, le chenal du Grand Lambrusse

4.5-Carcans MO

4.6-Carcans MF

4.7-Léon

5-Des différences interstationnelles p. 15

6-Qualité des eaux p. 16

6.1-Eléments physiques des stations

6.2-Qualité physico-chimique des eaux

6.3-Chimie des eaux

6.4-Les sédiments

III-DISCUSSION p. 19

1-La croissance et le développement des jussies p. 19

2-Les descripteurs physico-chimiques p. 20

3-Les descripteurs chimiques p. 21

4-Les descripteurs physiques p. 22

5-Synthèse p. 23

6-Des mesures de gestion adaptées p. 23

6.1-Le Marais d'Orx

6.2-Carcans CHE

6.3-Bénévent

6.4-Léon

6.5-Tercis

6.6-Carcans MO et MF

CONCLUSION p. 25

BIBLIOGRAPHIE p. 26

ANNEXES

INTRODUCTION

Problématiques anciennes et récurrentes des sciences biologiques, les proliférations d'espèces végétales se sont considérablement développées ces dernières années, en lien avec l'intensification des échanges internationaux (LEJAS, 2002).

Souvent la conséquence d'un déséquilibre des milieux naturels, la prolifération des espèces végétales introduites volontairement ou non accentuent encore les disfonctionnements des écosystèmes (PELTRE et al., 2001). Baisse de la biodiversité et compétition très défavorable aux espèces indigènes (DUTARTRE, 2002), consommation de l'oxygène et augmentation de l'acidité sont des impacts courants des espèces à caractère invasif. Les conséquences sur les milieux qu'elles colonisent ne sont pas négligeables : impacts sur la pêche, les usages récréatifs qui peuvent réduire à néant de nombreuses économies locales.

Aussi, de nombreuses études ont été mises en place sur le territoire français afin d'en savoir plus sur leur autoécologie, leur dynamique de développement et leur répartition géographique (GIS Macrophytes) et de faire prendre conscience aux législateurs des nuisances occasionnées par ces « pestes végétales » (ANCRENAZ, 2003).

Dans cette optique la présente étude s'inscrit dans le cadre d'un programme de gestion des espèces invasives aquatiques à l'échelle de la France : le programme **Invabio** qui comporte trois grands volets :

- 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 sociologique et ethnologique des proliférations végétales
- les modalités de réponse aux questions posées par les gestionnaires sur les interventions à mettre en œuvre

Les partenaires engagés dans le projet sont : l'ENSA et l'INRA de Rennes, le Laboratoire d'Analyse Sociologiques de l'Université de Rennes 2, l'Ecole Supérieure du Paysage de Versailles, le centre d'Etudes et de Recherche sur les Ecosystèmes Aquatiques d'Angers et le Laboratoire d'Ecologie des Eaux continentales et Méditerranéennes de Marseille.

La présente étude réalisée au Cemagref de Bordeaux au sein de l'unité de recherche Qualité des Eaux sous la direction de Alain DUTARTRE est incluse dans le premier volet du programme **Invabio** et s'intéresse de plus près à la dynamique du développement de la jussie, plus connue sous le nom de *Ludwigia sp.*, dans plusieurs sites de la région Aquitaine. Cette étude continue le travail de Céline CHARBONNIER (1999), de Carine LBOUGRE (2001)... : des mesures de phénologie sont effectuées et mises en relation avec les paramètres physiques, physico-chimiques et chimiques du milieu afin de déterminer leur influence sur le développement des jussies provenant des différents sites.

Dans le cadre de ce programme, des travaux similaires sont également en cours, notamment dans le Val de Loire avec PROST et dans le bassin de la Vilaine (35) avec LE TREIS. Les résultats obtenus seront ultérieurement compilés dans une base de données afin d'en faciliter la consultation et les comparaisons.

I-MATERIEL ET METHODES

1-La jussie

1.1-Taxonomie

Le genre *Ludwigia*, phanérogame de la classe des dicotylédones et de la famille des Onagracées, est connu en France sous plusieurs espèces dont deux à caractère invasif : il s'agit de *L. peploïdes* (Kunth.) P.H. Raven et de *L. grandiflora* (Camb) Hara originaires d'Amérique du Sud et introduites en France vers 1820-1830 dans le Lez à Montpellier (BERNER, 1956, 1971). Cependant la taxinomie de ce genre reste relativement complexe et d'après DANDELOT (communication personnelle, 2003), se référant à des informations taxinomiques plus récentes, *L. grandiflora* ne serait pas présente en France, il s'agirait de *L. hexapetala*.

Dans le cadre de la présente étude, considérant que les informations dont nous disposons ne permettraient pas de statuer définitivement sur l'espèce présente dans les sites étudiés, nous avons préféré nous référer seulement au genre: *Ludwigia sp.* . Le nom vernaculaire habituel de ce taxon est "jussie", issu du nom latin antérieurement employé "Jussieae".

1.2-Caractères morphologiques

D'après la classification élaborée par Sculthorpe en 1967, il s'agit d'une hydrophyte fixée émergente : cette macrophyte est fixée au substrat et peut produire des feuilles submergées, 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 développent même au niveau de l'apex.

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

La distinction entre *L. peploïdes* et *L. grandiflora* / *hexapetala* est relativement difficile du fait de leur grande variabilité morphologique. Le tableau en annexe 1 regroupe les derniers critères d'identification fournis par DANDELOT (communication personnelle).

1.3-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. Il faut également tenir compte d'une possible régénération de la litière. Des expériences de germination ont montré que les graines produites par les jussies étaient susceptibles de développement et pouvaient donc permettre à la plante un développement à partir des graines.

1.4-Ecologie

Depuis une trentaine d'années, *Ludwigia sp.* présente un comportement envahissant dans de nombreuses régions françaises, en particulier le long de la façade atlantique.

La jussie a une très vaste amplitude écologique : elle colonise les milieux stagnants et à faible courant, plans d'eau mais aussi les vases émergées.



Photographie 1 : le Marais d'Orx au niveau du Pont noir.

Photographie 2 : Léon, le Marais du Cout de Montagne



Elle peut s'installer jusqu'à trois mètres de profondeur (DUTARTRE et al., 1989) et se dresser à plus de 80 cm au dessus de l'eau. Elle est ubiquiste vis-à-vis du substrat et de la disponibilité en nutriments.

1.5-Nuisances

Les herbiers denses de jussie font obstacle à la circulation de l'eau, entravent la gestion hydraulique provoquent une baisse de la biodiversité (flore et faune piscicole). Ils ont aussi un impact négatif sur la qualité physico-chimique des eaux. En effet, les travaux de SAINT-MACARY (1998) menés dans les polders en eau de la Réserve Naturelle du Marais d'Orx ont montré que, de mars à septembre, la quantité d'oxygène et la présence de jussie sont fortement corrélés négativement : les stations sans jussie sont beaucoup plus riches en oxygène. De même, plus l'herbier est dense et plus le pH est acide.

2-Présentation des différents sites d'étude

L'étude s'est déroulée sur une période de quatre mois (avril à juillet) et a porté sur 7 sites différents, de par leurs caractéristiques morphologiques, hydrologiques, chimiques, etc... .

2.1-Le Marais d'Orx (d'après LÉBOUGRE, 2001)

Situé au sud-ouest du département des Landes sur les communes de Labenne, Saint Martin de Seignanx et d'Orx, le Marais d'Orx est un ancien marécage qui a été asséché pour la maïsiculture à la fin du XIX^{ème} siècle (photographie 1). 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

le marais Burret au sud (173 ha) anciennement utilisé pour la populiculture

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 ont été effectués dans le casier sud au niveau du batardeau qui le sépare du casier central (lieu-dit le Pont Noir), sur une station en pente assez forte, constamment en eau et exposée à la lumière. La matière organique est présente en grande quantité dans les sédiments de cette station. Il s'agit d'une station déjà étudiée lors de précédentes investigations (SAINT-MACARY, 1998, LÉBOUGRE, 2001, CHARBONNIER, 1999...).



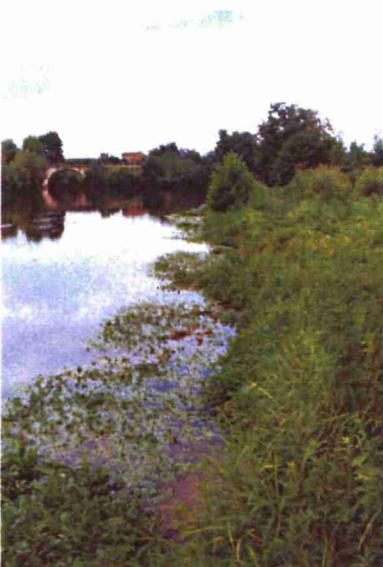
Photographie 3 : Tercis les Bains (Barthes de l'Adour)



Photographie 5 : Carcans MO et MF



Photographie 6 : Carcans CHE



Photographie 7 : Bénévent

2.2-Le Marais du Cout de Mountagne

Ce marais fait partie de la Réserve Naturelle du Courant d'Huchet dans la commune de Léon (40). Situé à 5 km de l'océan Atlantique, à 30 km au nord-ouest de Dax et à 40 km au nord de Bayonne, cette réserve naturelle fait partie de la zone humide engendrée par l'accumulation des eaux en arrière du cordon dunaire littorale.

Autrefois constituée par une aulnaie-saussaie sur substrat tourbeux, les 137 ha du Marais du Cout de Mountagne ont été aménagés pour faciliter l'installation de l'avifaune (digues et batardeaux permettant de faire varier le niveau de l'eau).

Les prélèvements de jussie sont effectués sur une zone de 50 m² dans l'un des casiers dont la profondeur est 1m et dont le substrat est composé de nombreux débris végétaux et de matière organique. La jussie est arrachée régulièrement dans cette zone.

3.3-Tercis les Bains

Dans les Landes à 10 km au sud-ouest de Dax, cette station se situe en bordure des barthes de l'Adour sur la commune de Tercis les Bains. Il s'agit de prairies inondables, zones d'expansion des crues de l'Adour en hiver qui sont pâturées en été par le bétail (bovins, équins).

La jussie y est apparue récemment et se développe en concurrence avec le poivre d'eau (*Polygonum hydropiper*) qui limite son expansion.

La zone a par ailleurs été traitée (DUBIS, communication personnelle) avec un herbicide, le Garlon inov (triclopyr à 120 mg/L sous forme de sel de triéthylamine) dont la dose était de 10 l/ha. Les canaux qui serpentent les prairies ont également été traités avec du Roundup Biovert Aqua (360 g/l de glyphosate acide sous forme de sel d'isopropylamine). La dose utilisée était de 6 l/ha.

Les jussies ont été prélevées sur une zone avoisinante non traitée par les herbicides, en bordure de l'un des canaux.

3.4-Lac de Carcans Hourtin

L'échantillonnage de la jussie a été réalisé sur trois stations différentes situées sur le même site : au bord du Lac de Carcans, à 45 km à l'est-nord-est de Bordeaux dans le département de la Gironde.

L'une des stations de prélèvement de jussies 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 100 m, 75 m en aval du pont de la D 207 reliant Carcans à Carcans-Océan et 25 m en amont. 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). Pour des raisons de commodités, cette station est appelée Carcans CHE.

La deuxième station du site, appelée Carcans MO, est constituée par les « mares ouvertes » en relation direct avec le lac de Carcans, qui sont susceptibles de constituer un réservoir de jussies. La profondeur de cette station est relativement faible et varie de 40 cm au début du printemps à 10 à 20 cm en été. Le substrat est généralement sableux et est recouvert par une couche de débris végétaux.

La troisième station de ce site, appelé Carcans MF est constituée par des « mares fermées » c'est à dire des mares colonisées par la jussie mais qui ne sont pas en contact direct avec le lac de Carcans. La profondeur de l'eau est faible (10 cm au début du printemps) et nulle dès mai.

3.5-Bénévent

La station de Bénévent se situe en Dordogne à 70 km à l'est de Bordeaux sur le territoire de la commune de Saint Laurent des Hommes sur la rive droite de l'Isle, affluent de la Dordogne. La berge de la rivière est en pente douce et est constituée de sable et de vase. La profondeur augmente rapidement et les plantes de cette station sont soumises à un écoulement laminaire permanent. Il s'agit d'une station antérieurement étudiée par CHARBONNIER, (1999).

3-Protocole expérimental

3.1-But des expériences

Afin de mettre en évidence des différences morphologiques entre les plantes des stations étudiées, des mesures de phénologie ont été effectuées sur des échantillons prélevés sur chacune d'entre elles. Les conditions abiotiques du milieu ont également été étudiées à chaque station. Ainsi des mesures physico-chimiques, physiques et chimiques ont été effectuées afin de mieux caractériser les stations et de mettre en évidence les facteurs qui peuvent influencer la morphologie et le développement des jussies. Pour cela, des analyses multivariées ont été effectuées à l'aide du logiciel SYSTAT.

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

Dans le but, d'éclaircir les problèmes liés à la taxonomie de cette plante, des échantillons de chaque stations ont été transmis à DANDELLOT (laboratoire d'écologie des eaux continentales méditerranéennes de l'université de Marseille).

Par ailleurs, les nombreux invertébrés aquatiques retrouvés dans les prélèvements de plantes ont été conservés dans le formol en vue d'une identification ultérieure.

3.2-Mesures phénologiques

Les jussies sont collectées dans chaque station et conservées dans un sac plastique jusqu'à leur exploitation en laboratoire. 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 2 semaines maximum. 30 plants de jussies sont ainsi collectés par campagne et par station afin de permettre une bonne représentation statistique des données. Pour chacune des stations 4 campagnes de prélèvement (espacées de 3 à 4 semaines) ont été réalisées au cours du printemps et de l'été 2003. Pour des raisons techniques, seuls 20 plants ont été échantillonnés à Carcans CHE 3 et 23 à Carcans CHE 4.

Le travail de laboratoire consiste à mesurer les paramètres suivants (figure 1):

- 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

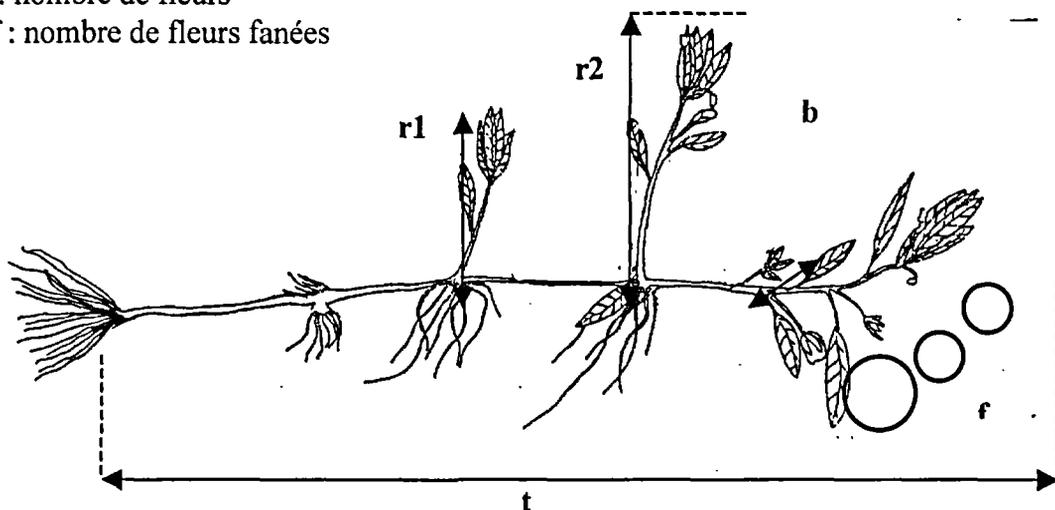


Figure 1 : schéma des mesures phénologiques (extrait de LBOUGRE,2001)

Ces mesures de bases permettent de calculer d'autres paramètres qui serviront à caractériser les différences morphologiques entre les jussies des différentes stations. Ces paramètres ont déjà été utilisés en 1999 par CHARBONNIER (annexe 1).

Par ailleurs, les différents parties des plantes sont rincés, séparés et mis 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.

Date des campagnes de prélèvement en 2003 :

Campagne	Orx	Tercis	Bénévent	Carcans CHE	Carcans MO	Carcans MF	Léon
1	2/4	2/4	9/4	14/4	14/4	14/4	22/4
2	28/4	28/4	5/5	12/5	12/5	12/5	19/5
3	2/6	2/6	10/6	16/6	16/6	16/6	23/6
4	30/6	30/6	7/7	15/7	15/7	15/7	

3.3-Mesures physico-chimiques

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

3.4-Mesures chimiques

Parallèlement aux collectes de jussies, 4 campagnes de prélèvements d'eau ont été réalisées de mai à juillet 2003. En raison de leur forte variabilité, les mesures physico-chimiques (température, pH, conductivité, concentration en O₂) ont été effectuées in situ avant d'être réitérées en laboratoire. Ainsi, les mesures physico-chimiques effectuées en laboratoire ne seront pas prises en compte lors du traitement des données.

Les paramètres chimiques suivants ont été mesurés :

- Matières 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)

Une analyse des sédiments a également été pratiquée le 23/06/2003 afin de déterminer pour chaque site la teneur en matières sèches dans le prélèvement, la fraction organique et la fraction minérale.

L'eau et les sédiments sont prélevés dans des flacons en plastiques de 1 l, rangés dans une glacière pour une bonne conservation lors du transport. Les analyses sont effectuées par le laboratoire de chimie de l'Unité Qualité des Eaux du Cemagref.

3.5-Mesures physiques

Ces mesures ont été effectuées à chaque station et englobent la vitesse du courant, la forme des berges, la profondeur, la transparence de l'eau. L'épaisseur des sédiments a également été mesurée et le type de substrat a été déterminé à titre indicatif.

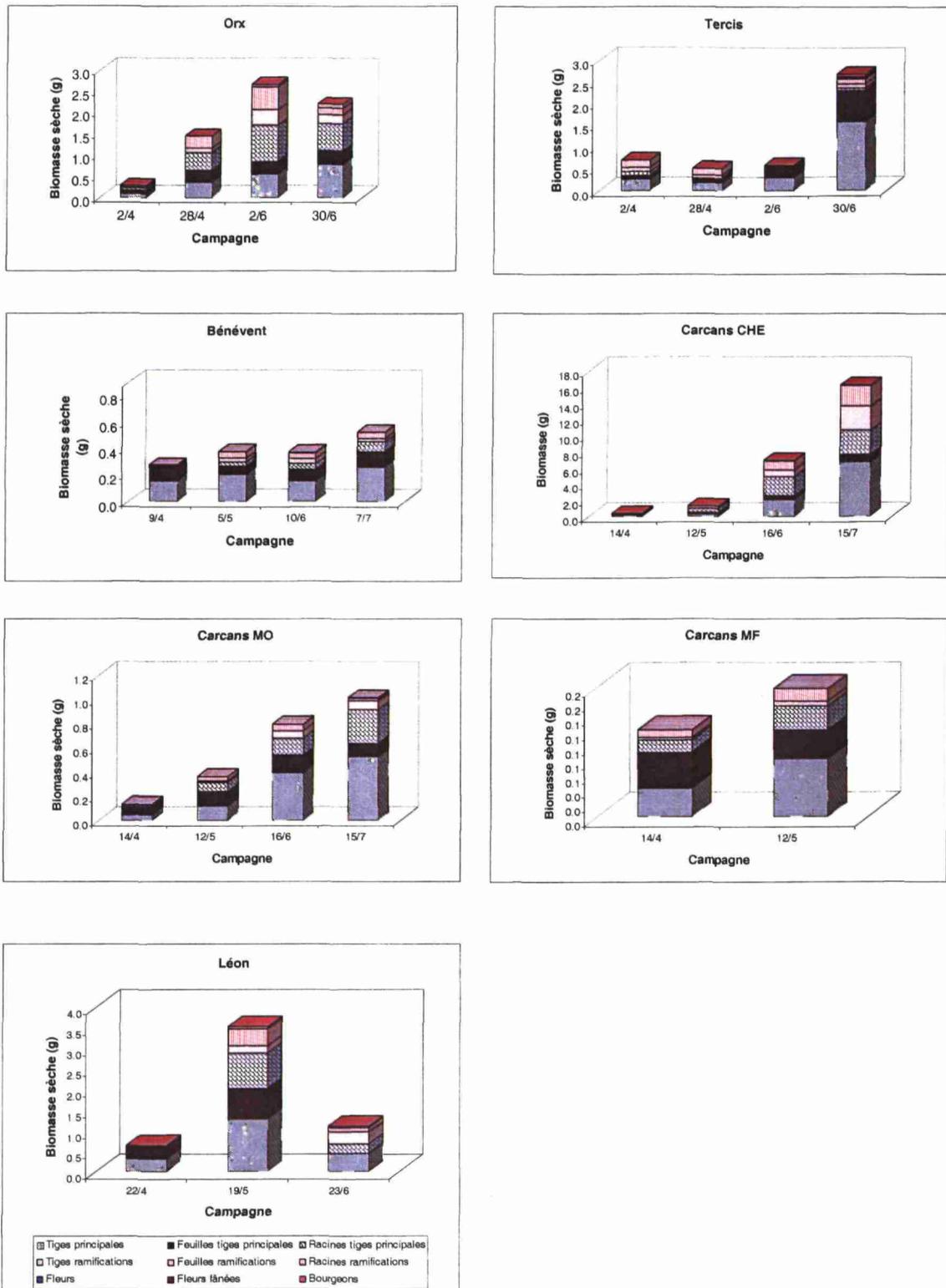


Figure 2: évolution des biomasse sèches des différents organes des plantes à chaque campagne.

II-RESULTATS

1-Identification des plantes

Les plantes identifiées par Sophie DANDELLOT appartiennent à deux espèces : les sites de Orx, Tercis, Léon et les trois stations de Carcans sont colonisés par *Ludwigia hexapetala* et la station de Bénévent est colonisée par *L. peploïdes*.

2-Biomasses sèches

Le tableau des biomasses sèches figure en annexe 3. La biomasse des plantes collectées sur les 7 stations, ramenée à la biomasse moyenne d'une plante, augmente au cours des 4 campagnes de prélèvement (figure 2). Cependant, les augmentations sont différentes selon les stations. Par exemple, la biomasse augmente régulièrement et fortement à Orx (1,167 g/j entre les deux premières campagnes) alors qu'elle reste presque constante à Bénévent durant la même période (0,103 g/j). En outre, lorsque les prélèvements ont été réalisés en même temps, les biomasses sont différentes : Carcans MO a une biomasse globale moins élevée que Carcans CHE aux mêmes périodes (0,133 g par plante pour Carcans MO contre 0,357 g par plante à Carcans CHE à la première campagne).

Les parties secondaires (les ramifications, leurs racines et leurs feuilles) se développent à partir du mois de juin. Les racines de ramification ne jouent pas un rôle important dans la biomasse des jussies. Les parties fertiles des plantes (bourgeons, fleurs, fleurs fanées) n'influencent guère la biomasse totale de la plante et sont si faibles qu'elles ne figurent pas sur les graphiques.

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

Station	Période	Temps	Tp	FTp	R Tp	Fl	FIF	Bg	Tr	Fr	Rr	Total
Bénévent	Du 9/4 au 5/5	26	0,002	-0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,103
	Du 5/5 au 10/6	36	-0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,008
	Du 10/6 au 7/7	27	0,004	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,156
Orx	Du 2/4 au 28/4	26	0,010	0,008	0,014	0,000	0,000	0,000	0,004	0,009	0,000	1,167
	Du 28/4 au 2/6	35	0,006	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000	0,007	0,008	0,001	1,210
	Du 2/6 au 30/6	28	0,008	0,002	-0,008	0,000	0,000	0,000	-0,005	-0,014	0,002	-0,463
Tercis	Du 2/4 au 28/4	26	-0,003	0,000	-0,003	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,001	0,000	-0,191
	Du 28/4 au 2/6	35	0,003	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,002	-0,004	0,000	0,078
	Du 2/6 au 30/6	28	0,046	0,016	0,002	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,000	2,107
Carcans CHE	Du 14/4 au 12/5	28	0,005	0,003	0,014	0,000	0,000	0,000	0,003	0,007	0,000	0,902
	Du 12/5 au 16/6	35	0,051	0,008	0,056	0,000	0,000	0,000	0,019	0,027	0,000	5,666
	Du 16/6 au 15/6	29	0,159	0,014	0,024	0,000	0,000	0,000	0,075	0,047	0,001	9,301
Carcans MO	Du 14/4 au 12/5	28	0,003	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,230
	Du 12/5 au 16/6	35	0,008	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,433
	Du 16/6 au 15/6	29	0,005	-0,001	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,217
Carcans MF	Du 14/4 au 12/5	28	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,057
Léon	Du 22/4 au 19/5	27	0,037	0,017	0,030	0,000	0,000	0,000	0,007	0,014	0,003	2,893
	Du 19/5 au 23/6	34	-0,025	-0,022	-0,018	0,000	0,000	0,000	0,003	-0,009	-0,001	-2,413

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, R Tp : racines de tiges principales, Fl : fleurs, FIF : fleurs fanées, Bg : bourgeons, Tr : tiges de ramifications, Fr : feuilles de ramifications, Rr : racines de ramifications.

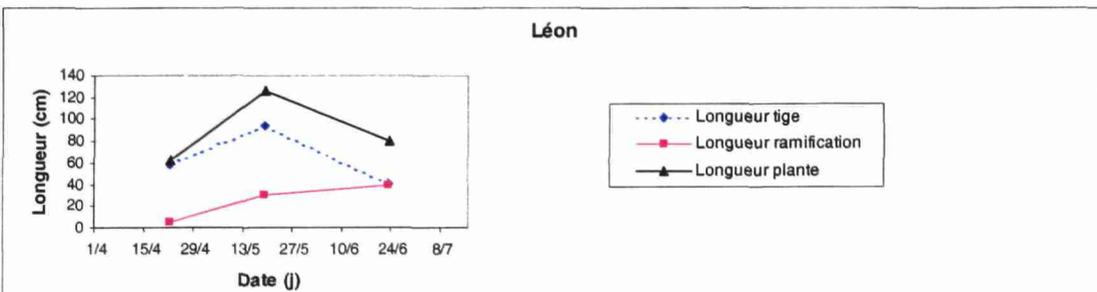
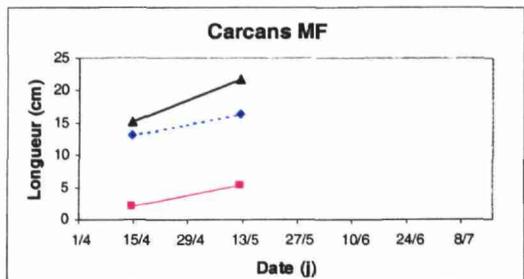
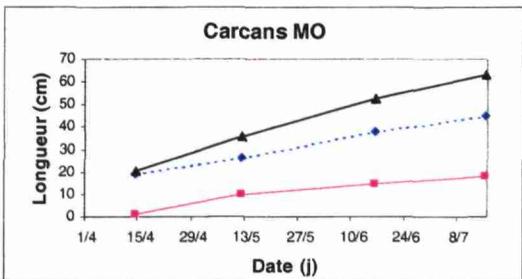
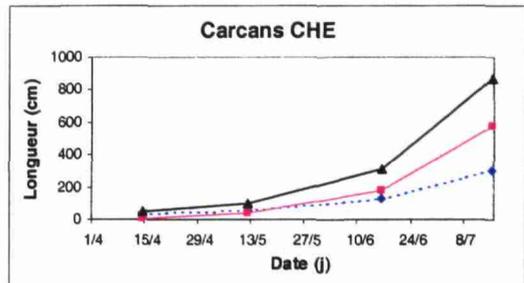
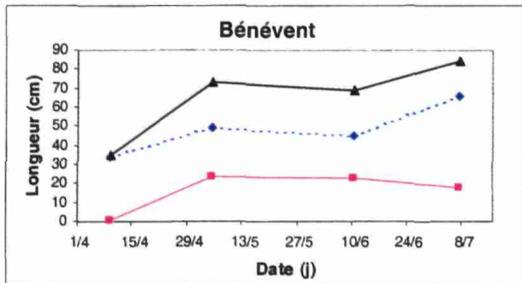
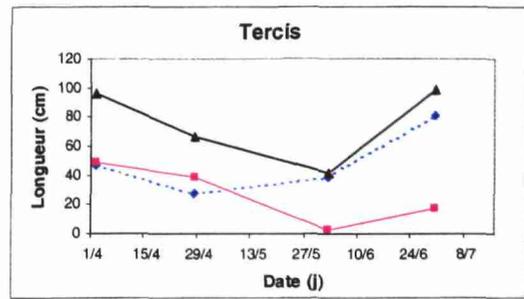
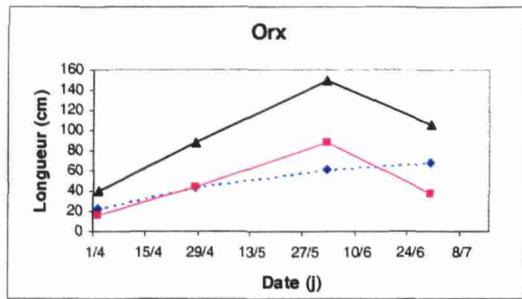


Figure 3: évolution de la longueur moyennes des tiges, des ramifications et des plantes

Le tableau 1 montre que l'essentiel de la prise de biomasse des plantes se fait par ses parties principales. Les parties secondaires de la plantes augmentent plus lentement leur biomasse.

De plus, les temps de doublement de la biomasse initiale en jours ont été calculés entre la date de premier prélèvement et la date du dernier prélèvement à chaque station :

Station	Orx	Tercis	Bénévent	Carcans Che	Carcans MO	Carcans MF	Léon
Période	du 2/4 au 30/6	du 2/4 au 30/6	du 9/4 au 7/7	du 14/4 au 15/7	du 14/4 au 15/7	du 14/4 au 15/7	du 22/4 au 23/6
Temps de doublement	13,0	31,3	98,4	2,0	13,9	59,3	81,3

Tableau 2 : temps de doublement de la biomasse calculés entre la première et la deuxième campagne.

Sur l'ensemble de la période d'étude, ce temps de doublement de la biomasse est presque deux fois plus court à Orx qu'à Tercis et similaire à la mesure réalisée par CHARBONNIER en 1999 (15 j) et LÉBOUGRE (20 j).

Les trois stations de Carcans bien que très proches dans l'espace, affichent des temps de doublement très différents : celui-ci est faible dans le canal du Grand Lambrusse (2 j) et largement en dessous des mesures réalisées par REJMANKOVA en 1992 qui s'élevaient à 23 jours. Il est beaucoup plus long au niveau des mares fermées où les jussies finissent par disparaître. Ce temps est légèrement plus faible dans les mares ouvertes.

Le temps de doublement de la biomasse est assez long à Léon mais il est difficile de faire un commentaire sur ce résultat dans la mesure où les plantes ont subi un arrachage par les ragondins et par l'homme à la fin de la campagne de prélèvement. Toutefois les accroissements de biomasse entre les deux premières campagnes pour cette station sont élevés et laissent penser que sans l'arrachage, ce temps de doublement serait bien plus court.

À Bénévent, le temps de doublement de la biomasse des plantes (98,4 j) a nettement augmenté par rapport aux mesures effectuées par CHARBONNIER en 1999 (68 j).

3-Phénologie

3.1-Evolution des longueurs

Les tiges, autant que les ramifications participent à l'allongement de la plante (figure 3 et tableau 3, mesures et écart-types en annexe 4). Les périodes d'allongement des tiges et des ramifications diffèrent selon les stations : allongement maximal des ramifications entre les deux premières campagnes puis allongement des tiges principales entre les deux dernières à Orx. C'est l'inverse à Carcans MO et Tercis. Des diminutions sont observées à Bénévent, Tercis et Léon. Les longueurs augmentent continuellement à Carcans CHE, MO, MF.

La longueur de la plante est influencée par la longueur totale des ramifications. En effet, la longueur de la tige augmente assez lentement dans toutes les stations alors que la longueur de la plante entière varie plus fortement, influencée par la longueur des ramifications. Les écarts-types sont relativement élevés, en particulier sur les ramifications en raison de leur apparition continue qui tend à diminuer leur longueur.

Ainsi le développement des jussies s'effectue surtout par les ramifications. Les tiges principales semblent se cantonner à un rôle de soutien des organes secondaires.

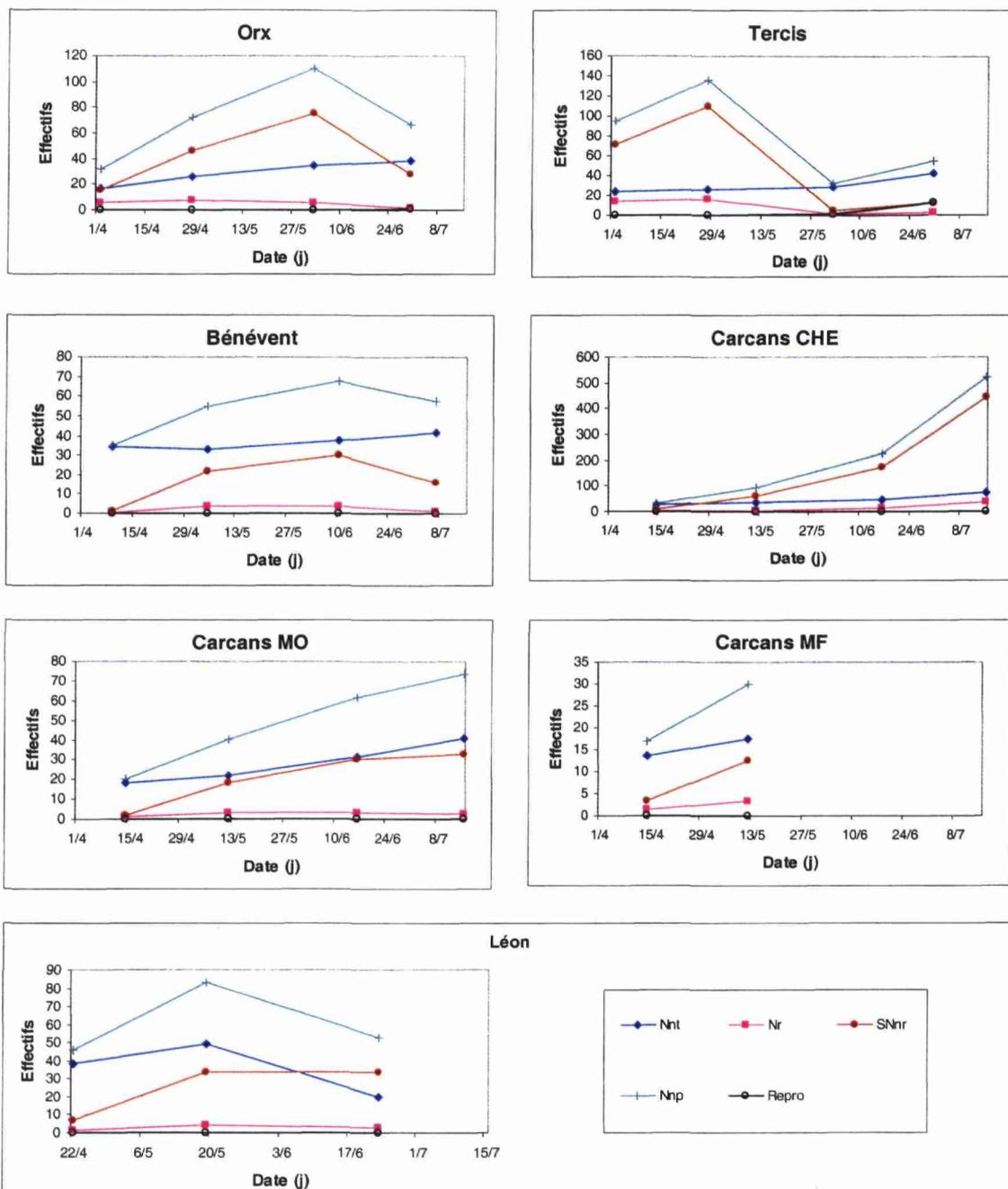


Figure 4: évolution des nombres moyens des nœuds, des ramifications, et des organes reproducteurs sur les différentes parties des plantes

Station	Période	Temps écoulé	Lt	Lr	Lp
Orx	Du 2/4 au 28/4	26	0,82	1,04	1,86
	Du 28/4 au 2/6	35	0,48	1,28	1,75
	Du 2/6 au 30/6	28	0,26	-1,84	-1,59
Tercis	Du 2/4 au 28/4	26	-0,74	-0,38	-1,13
	Du 28/4 au 2/6	35	0,31	-1,04	-0,73
	Du 2/6 au 30/6	28	1,52	0,54	2,06
Bénévent	Du 9/4 au 5/5	26	0,59	0,88	1,47
	Du 5/5 au 10/6	36	-0,11	-0,02	-0,12
	Du 10/6 au 7/7	27	0,77	-0,19	0,58
Carcans CHE	Du 14/4 au 12/5	28	0,56	1,25	1,76
	Du 12/5 au 16/6	35	2,20	3,97	6,21
	Du 16/6 au 15/6	29	5,72	13,43	19,15
Carcans MO	Du 14/4 au 12/5	28	0,25	0,30	0,55
	Du 12/5 au 16/6	35	0,34	0,14	0,48
	Du 16/6 au 15/6	29	0,24	0,13	0,37
Carcans MF	Du 14/4 au 12/5	28	0,12	0,12	0,24
Léon	Du 22/4 au 19/5	27	1,35	0,97	2,32
	Du 19/5 au 23/6	34	-1,59	0,26	-1,33

Tableau 3 :Tableau des accroissements des organes en cm/j. Lt: longueur de la tige, Lr : longueur des ramifications, Lp: longueur de la plante.

3.2-Nombre de nœuds et de ramifications

Le nombre moyen de nœuds par tige (figure 4 et annexe 5) augmente peu durant la période d'échantillonnage par rapport au nombre de nœuds comptés sur l'ensemble de la plante. Par ailleurs, le nombre de nœuds des ramifications varie fortement au cours de la période d'étude, conjointement au nombre de nœuds par plantes pour toutes les stations. Le nombre de nœuds des ramifications influence donc le nombre de nœuds de la plante entière. De plus, ces chiffres subissent de fortes variabilités (écarts-types élevés) pour les même raison que précédemment (apparition de nouvelles ramifications). Les écarts-types concernant le nombre moyen de nœuds par tiges sont beaucoup plus faibles (par exemple, 41,9 nœuds par tiges sont comptés avec un écart-type de 13,7).

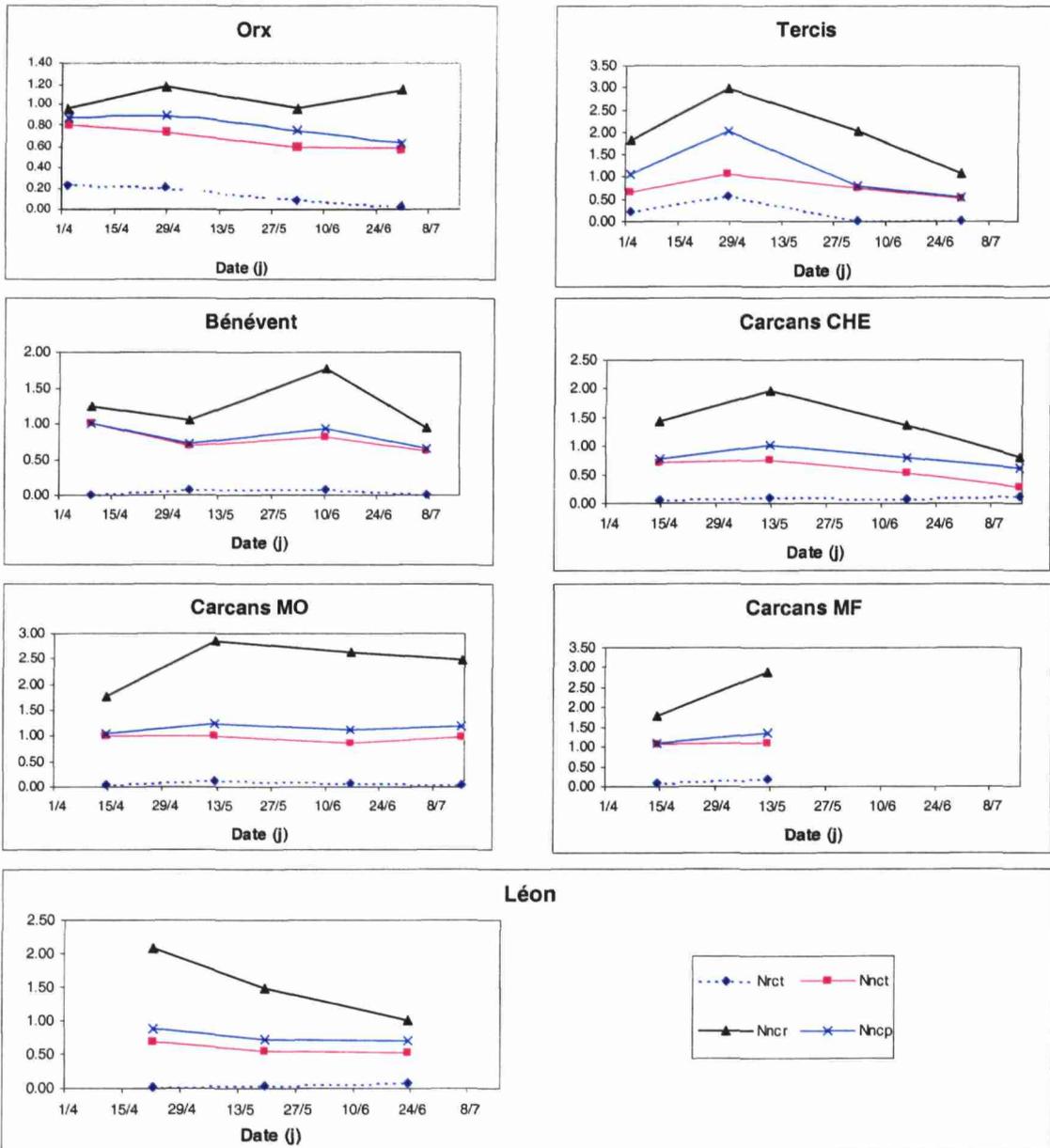


Figure 5: moyennes des ratios calculés sur les tiges.

3.3-Les ratios

Différents ratios ont été calculés afin d'évaluer la croissance des jussies sur les 7 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 ramification (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 5 et annexe 6).

Le nombre de nœuds par cm de ramification est supérieur au nombre de nœuds par cm de tige pour l'ensemble des stations et ce sur la totalité de la période d'étude. En outre, ce chiffre 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 nœuds par centimètre de tiges est le chiffre qui subit les variations les plus faibles avec des écarts-types peu élevés.

3.4-Le développement des feuilles (mesures en annexe 7)

Les longueurs des limbes sont toujours supérieures aux largeurs des limbes et le rapport « longueur du limbe sur largeur du limbe » (LongLarg) varie peu au cours du temps sur l'ensemble des stations sauf à Tercis où celui-ci augmente fortement à partir de juin, les feuilles devenant beaucoup plus longues que larges.

Le rapport « longueur du limbe sur longueur du pétiole » (Longlong) varie différemment selon les stations : à Tercis ce rapport augmente fortement (il passe de 2,98 à 13,85 en mois) et traduit la quasi-disparition du pétiole des feuilles alors que ce ratio diminue fortement à toutes les autres stations pour augmenter légèrement jusqu'au mois de juillet au cours duquel il s'élève à 1 environ (à Bénévent il passe de 2,05 à 1,07 durant la même période). Le rapport « largeur du limbe sur longueur du pétiole » (LargLong) suit la même évolution sauf à Tercis où celui-ci augmente très peu par rapport au précédent (figure 6 page suivante). Ceci traduit d'ailleurs le fait que les plantes de cette station se développent préférentiellement en longueur.

Par ailleurs, la longueur et la largeur des limbes augmentent au cours des différentes campagnes de prélèvement, ce qui traduit un développement de la surface des plantes et donc un accroissement de la capacité de photosynthèse. Parallèlement, la longueur du pétiole augmente sauf à Tercis où celle-ci diminue provoquant ainsi la forte élévation du rapport « longueur du limbe sur longueur du pétiole ».

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

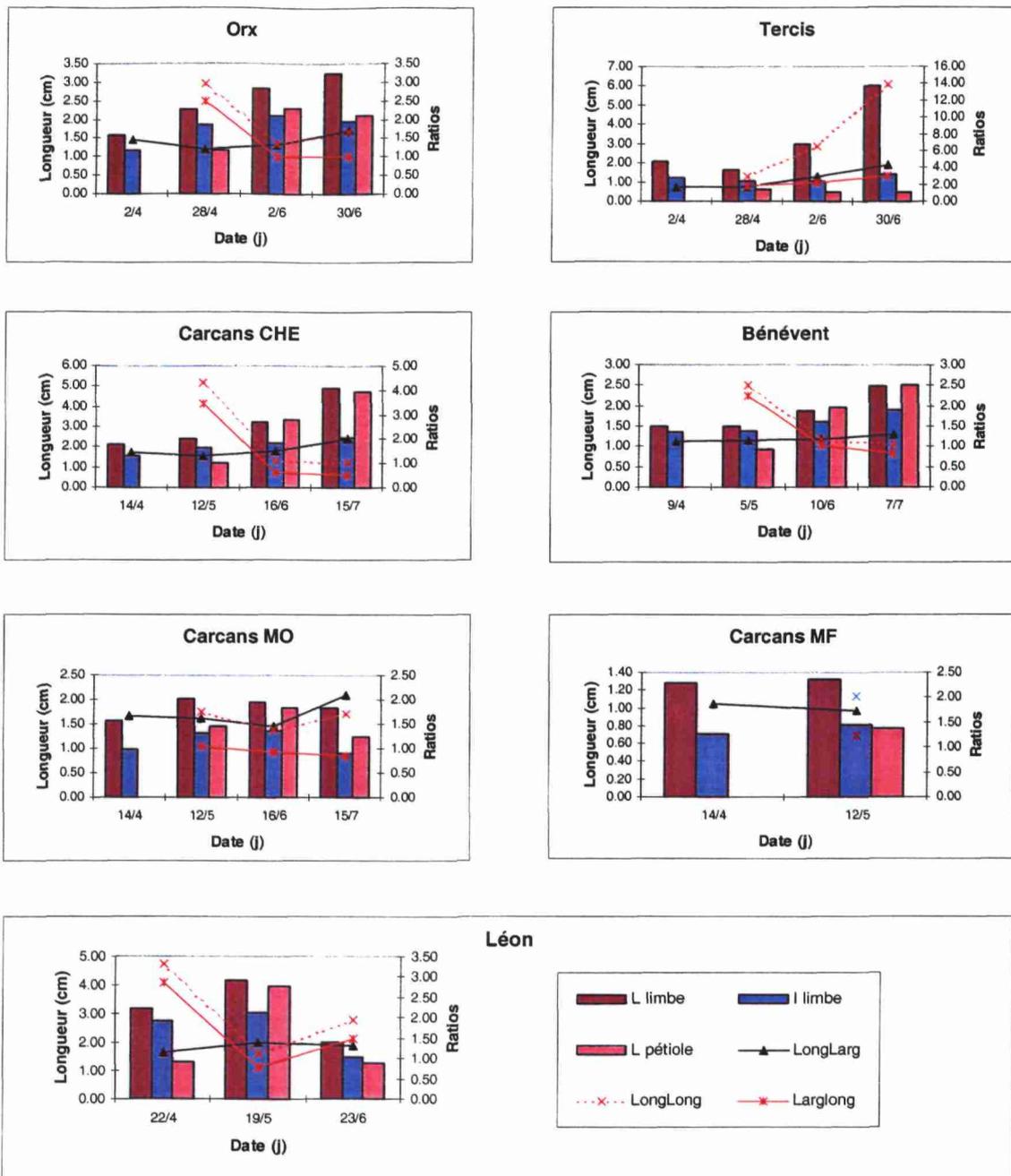


Figure 6: évolution des dimensions moyennes des feuilles et de leurs rapports

4-Evolution de chaque station au cours du temps

4.1-Marais d'Orx

Les plantes de cette station ont suivi une évolution particulière dans la mesure où celles-ci ont vu leur biomasse augmenter du 2/4/2003 au 2/6/2003 (0.28 à 2.66 g/plante) et diminué dans le courant du mois de juin (2.66 à 2.20 g/plante). Si la biomasse des tiges principales et des racines des tiges principales de la plante a régulièrement augmenté au cours de la période d'échantillonnage, celle des organes secondaires a diminué de moitié entre le 2/6 et le 30/6. En effet, les tiges et les feuilles de ramifications ont perdu en biomasse mais les racines secondaires ainsi que les fleurs ont augmenté leur biomasse (peu visible sur le graphique).

Par ailleurs, les mesures réalisées sur les feuilles permettent de mettre en évidence une augmentation de la surface foliaire au cours du temps. Le rapport longueur du limbe sur largeur du limbe qui a peu varié au cours de la période d'échantillonnage, montre que cette augmentation s'est réalisée sans changement dans les proportions des dimensions des feuilles (les feuilles n'ont pas changé de forme globalement). Cette hypothèse est corroborée par de faibles écart-types sur les ratios (par exemple, le 30/6 ce rapport s'élevait à 1,67 pour un écart-type de 0,67).

4.2-Tercis les Bains

La biomasse des plantes collectées sur cette station évolue peu de avril à juin mais elle augmente brusquement entre la troisième et la quatrième campagne, notamment à cause des tiges et des racines principales. Les autres organes de la plantes (feuilles de tiges principales, bourgeons, fleurs, fleurs fanées, tiges et feuilles de ramifications augmentent leur masse à la dernière campagne mais de manière peu significative.

La longueur moyenne des plantes diminue fortement au cours de la période d'échantillonnage (1 m en moyenne le 2/4 et 0,5 m le 2/6) mais augmente à nouveau jusqu'au 23/6 pour atteindre 1 m en moyenne. La longueur des tiges suit la même évolution (mais augmente plus tôt) alors que la longueur des ramifications reste peu élevée.

Les ratios et les mesures effectuées sur les feuilles ont subi de grandes variations sur ce site. La forme des feuilles s'est en fait modifiée entre la première et la quatrième campagne : la longueur du pétiole et la largeur du limbe n'augmentent pas alors que la longueur du limbe augmente fortement à partir du 8/4. A partir du 28/4, les rapports « longueur du limbe sur longueur du pétiole » et « longueur du limbe sur largeur du limbe » augmentent, mettant ainsi en évidence un allongement et un rétrécissement de la feuille.

Une ACP réalisée sur les ratios calculés lors des 4 campagnes de prélèvement résume les différents phénomènes observés (figure 7) : à la campagne 2, les plantes sont caractérisées par de forts Nnct, Nrct, Nncp qui montrent la capacité des jussies à produire des organes secondaires en grande quantité. Les jussies échantillonnées lors des troisième et quatrième campagnes tendent à allonger progressivement le rapport "longueur du limbe sur largeur du limbe", mettant en évidence l'allongement du limbe par rapport à sa largeur.

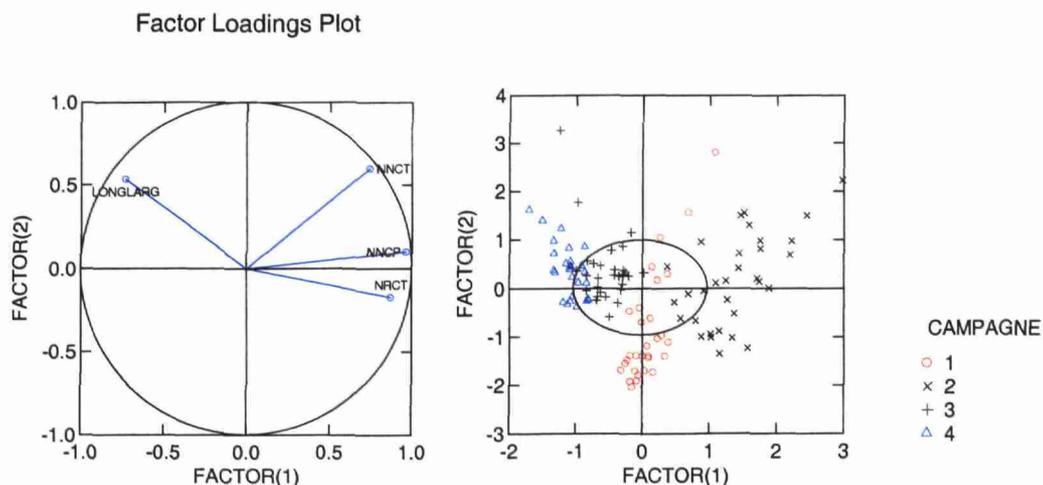


Figure 7 : ACP réalisée sur les 4 campagnes à la station de Tercis. Les axes 1 et 2 restituent respectivement 69.9 % et 17.0 % de l'inertie du nuage de points. La longueur du pétiole n'a pas été mesurée lors de la première campagne et n'a donc pas permis de calculer le rapport LongLong et LargLong. Afin de faire figurer sur l'analyse la première campagne, ces rapports n'ont pas été utilisés lors des campagnes suivantes, le logiciel Systat ne prenant pas en compte les individus comportant des valeurs manquantes. Les détails de l'analyse figurent en annexe 9.

Campagne 1 : 2/4 ; 2 : 28/4 ; 3 : 2/6 ; 4 : 30/6.

4.3-Bénévent

Les observations morphologiques réalisées sur ces macrophytes montrent une croissance en longueur et en biomasse faible (0,001 et 0,002 g/j respectivement pour les tiges de ramifications et les feuilles de ramifications) entre la première et la deuxième campagne. Parallèlement, la part des feuilles principales dans la biomasse diminue de 0,002 g/j. Cette croissance s'arrête entre le 5/5 et le 10/6. Seule une augmentation du nombre de noeuds dans l'ensemble des plantes est observée ainsi qu'un changement de morphologie des feuilles: si le rapport « longueur du limbe sur largeur du limbe » varie très peu, l'allongement de la longueur du pétiole est tel qu'il provoque une baisse du rapport « longueur du limbe sur longueur du pétiole ».

4.4-Carcans, le chenal du Grand Lambrusse

Débuté le 14/4 l'échantillonnage des jussies de la station Carcans CHE ont montré des biomasses et des longueurs faibles au début de la campagne de prélèvements. La biomasse totale d'une plante ainsi que sa longueur ont cependant brusquement augmenté entre le 12/5 et le 15/7 et ce de manière exponentielle. Ce sont les tiges et les feuilles ainsi que les racines de ramifications qui participent de façon la plus significative à l'accroissement de la biomasse. Le graphique d'évolution des longueurs des organes des jussies montre que celles-ci ne subissent aucun incident lors de leur développement et que aucun facteur du milieu ne leur est défavorable.

Factor Loadings Plot

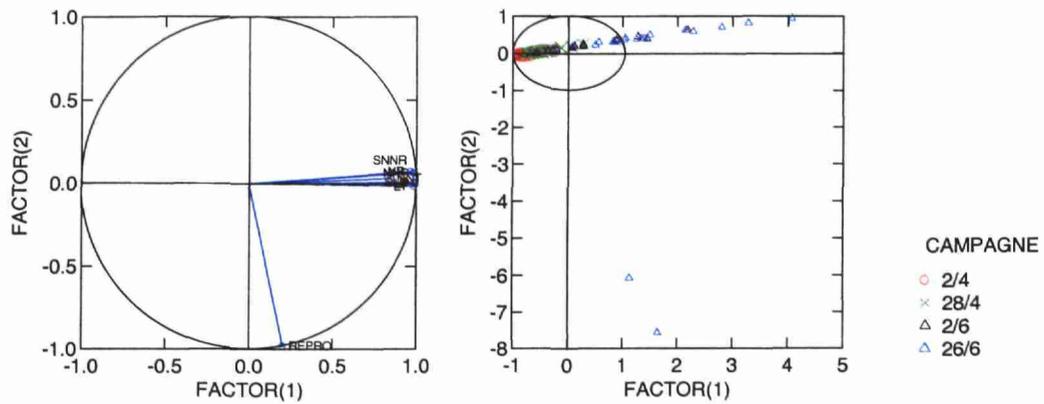


Figure 8 :ACP réalisée sur les 4 campagnes de Carcans CHE prenant en compte les paramètres de croissance de la plantes. Les axes 1 et 2 restituent respectivement 81.936 % et 12.155 %de l'inertie du nuage de points. Les variables utilisées sont: LT, Nnt NR, SLR, SNnr, Nnp, LP, REPRO. Les détails de l'analyse figurent en annexe 10.

Une ACP réalisée sur l'ensemble des variables définissant le développement des plantes (longueur des plantes, des ramifications, des tiges, nombre de nœuds...) met en évidence ce phénomène de croissance rapide (figure 8) : les points représentant les plantes se rapprochent au fur et à mesure des campagnes des variables citées précédemment décrivant ainsi l'allongement et l'augmentation du nombre d'organes. La variable "repro" regroupe le nombre de bourgeons, de fleurs et de fleurs fanées, ceux-ci étant rares sur les plantes de cette station, même en période de floraison. En effet, les plantes fortement corrélées à la variable "repro" sont celles qui se situent en limite de la zone de prélèvement, là où la morphologie de la station change (profondeur extrêmement faible). Ces plantes apparaissent d'ailleurs clairement en bas de la carte factorielle de l'ACP.

4.5-Carcans MO

Cette station affiche entre les deux premières campagnes un doublement de la biomasse (de 0,230 à 0,430 g/plante) d'une plante (de 0,230 à 0,430 g/plante) puis un fléchissement à la dernière campagne (0,430 g à 0,217 g/plantes). C'est la biomasse des racines de tiges principales et des tiges secondaires qui participent le plus à cette augmentation. Parallèlement, la longueur des plantes augmente avec tout d'abord lors du premier mois, une augmentation du Nncr, et par conséquent, une augmentation de la capacité à supporter des feuilles et ensuite une diminution de ce ratio montrant l'allongement des ramifications.

Si les plantes de cette station se développent assez rapidement, elles ne semblent pas invasives dans la mesure où leur biomasse et leur longueur restent faibles et leur emprise sur le milieu peu importante (recouvrement inférieur à 1%).

4.6-Carcans MF

Bien que très poche de Carcans CHE et de Carcans MO, cette station n'a pas permis un développement rapide des jussies. Au contraire leur densité est devenue si faible que les prélèvements n'ont plus été possibles lors des deux dernières campagnes. Cependant, la biomasse d'une plante augmente de moitié (0,12 à 0,18 g/plante en matière sèche) entre le 14/4 et le 12/5. Les mesures des conditions physico-chimiques du sol et de l'eau sont trop rares pour expliquer ce phénomène.

4.7-Léon

Il est difficile de tirer des conclusions sur le développement des jussies sur le site de Léon. En effet, si les jussies croissent entre la première et la deuxième campagne de manière classique (augmentation de la biomasse et de la longueur des organes), un effondrement de la biomasse est observé à la troisième campagne (avec une disparition des racines des tiges principales). Les plantes sont en outre sectionnées au niveau des tiges et des feuilles et de nombreux apex flottent sur le site d'étude. D'après les gestionnaires de la réserve naturelle, il s'agirait des ragondins qui goûtent fréquemment les jussies en les recrachant. Par ailleurs un arrachage de la jussie a été pratiqué au niveau de la zone d'étude. Ainsi, seule une dizaine de plantes a pu être échantillonnée à la troisième campagne. La quatrième campagne n'a donc pas été effectuée.

L'augmentation de biomasse entre les deux premières campagnes est forte et est due à l'ensemble des parties végétatives de la plante. La diminution faible des Nncr, Nnct et Nncp témoigne de l'allongement de la plante.

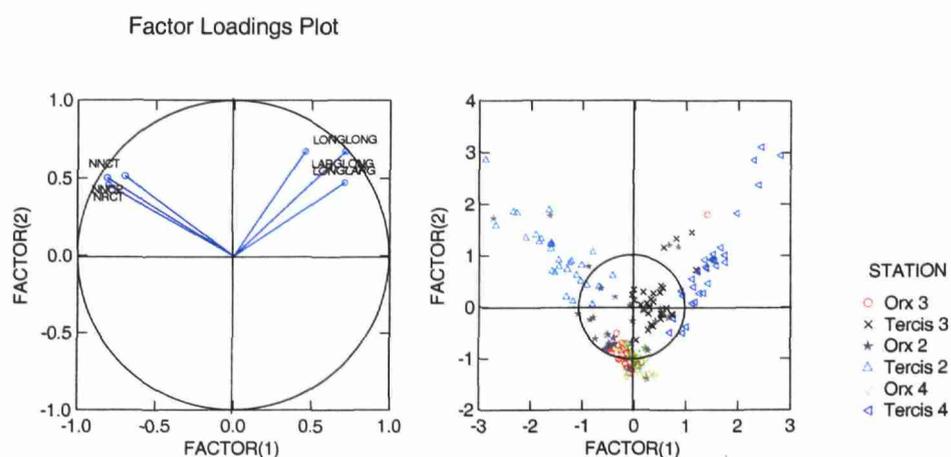


Figure 9 : ACP réalisée sur les deuxième, troisième et quatrième campagnes des stations de Orx et Tercis prenant en compte les ratios mesurés sur les tiges et sur les feuilles.

Les axes 1 et 2 restituent respectivement 49.9 % 30.9 % de l'inertie totale. Les détails de l'analyse figurent en annexe 11.

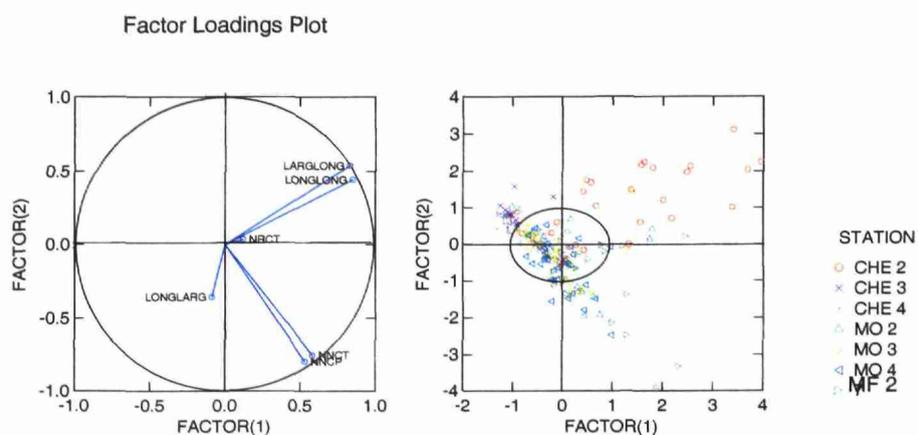


Figure 10 : ACP réalisée sur les trois stations de Carcans (trois dernières campagnes). prenant en compte les mêmes paramètres que précédemment. Les axes 1 et 2 restituent respectivement 34.4 % et 30.2 % de l'inertie du nuage de points. Les détails de l'analyse figurent en annexe 12.

5-Des différences interstationnelles

Des comparaisons entre les stations dont l'échantillonnage a été effectué au même moment ont mis évidence des différences notables de morphologies des jussies. Les plantes échantillonnées dans les différentes stations ne se développent pas de la même manière ni à la même vitesse. Une ACP réalisée simultanément sur Orx et Tercis décrit des populations différentes de jussies (figure 9).

Si les jussies de la station de Orx n'évoluent guère au cours du temps et ne semblent pas corrélées aux différents ratios (Nnct, Nncr, Nrct, LongLong, LargLong, LongLarg), les jussies de Tercis montrent clairement une évolution de leur physionomie au cours du temps: d'abord caractérisées par des Nnct, Nncr et Nrct élevés montrant une forte capacité à produire des organes secondaires, elles suivent une évolution progressive vers une transformation de leurs feuilles (rapport LongLong, LargLong, LongLarg élevés). La différence de morphologie pourrait être provoquer par des facteurs abiotiques comme l'évolution du niveau des eaux ou biotique comme la concurrence avec le poivre d'eau.

Une autre analyse multivariée permet de voir l'évolution conjointe des trois stations de Carcans (figure 10) : préférentiellement orientée vers des feuilles ayant un limbe développé par rapport au pétiole, les jussies se « déplacent » sur la carte factorielle pour avoir une corrélation négative avec les rapports Nnct, Nrct et Nncp, ce qui met en évidence leur croissance en longueur. Les points représentant Carcans CHE 3 sont masqués par ceux de CHE 4.

Dans le même temps, l'évolution des plantes de Carcans MO est moins nette car les nuages de points sont plus dispersés. Cependant, un alignement des points dans la direction des axes constitués par les rapports Nnct et Nncp est visible et montre que beaucoup de ces plantes ont une capacité à produire des organes secondaires.

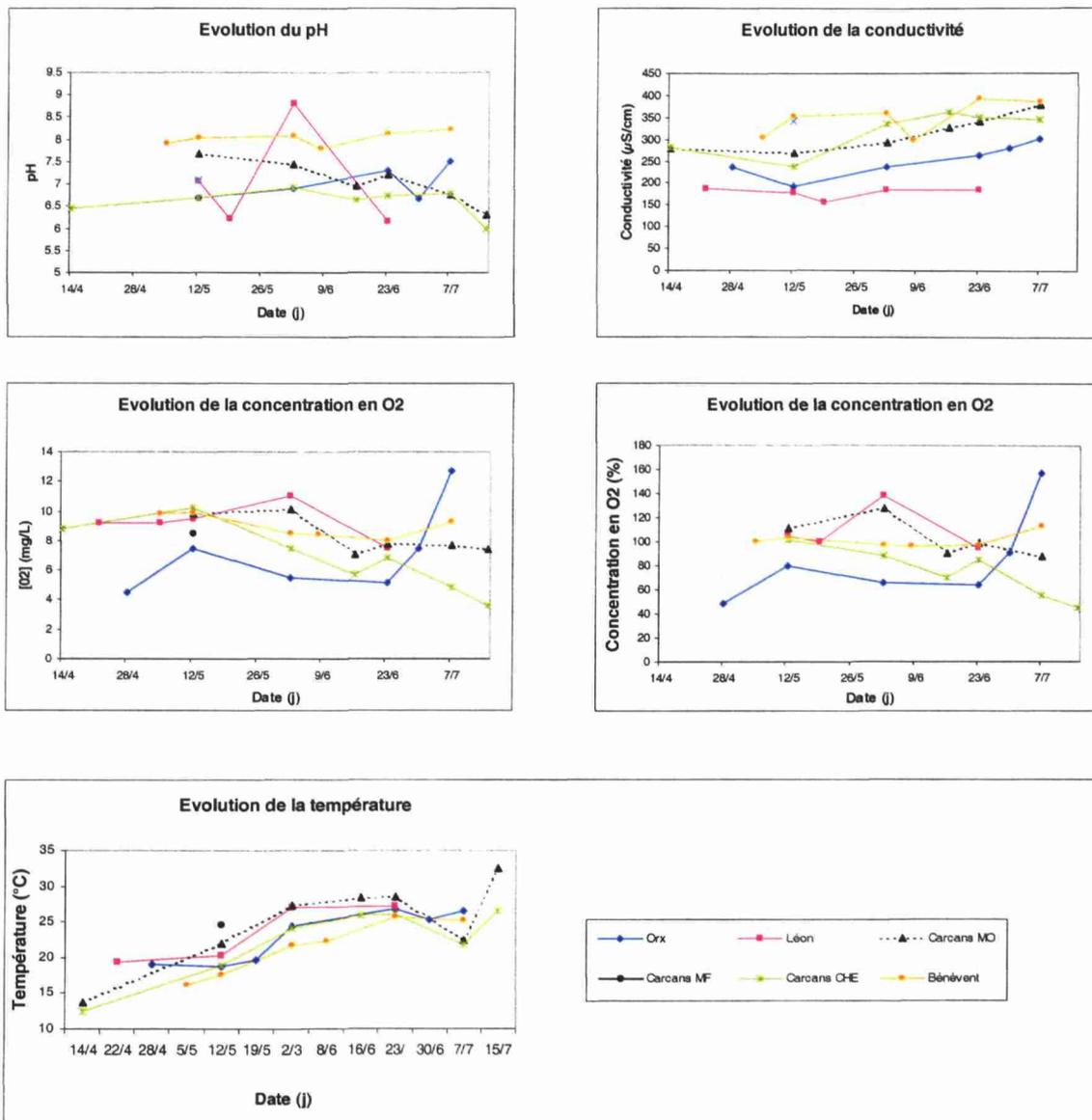


Figure 11 : évolution des paramètres physico-chimiques.

6-Qualité des eaux

6.1-Eléments physiques des stations

La profondeur, la transparence, le courant et l'agitation peuvent varier d'une campagne à l'autre. La pente est une caractéristique des stations qui ne varie pas au cours du temps. Le tableau 4 résume ces paramètres.

Station	Date	Prof	Trans	Courant	Agitation	Pente
Orx	02-avr			0	1	1
	28-avr	0,4	0,3	0	1	1
	02-juin	0,45	0,25	0	0	1
	30-juin	0,65	0,25	0	0	1
Bénévent	09-avr				1	0
	05-mai	0,2	0,2	0,3	1	0
	10-juin	0,35	0,35	0,3	1	0
	07-juil	0,35	0,35	0,1	1	0
Carcans CHE	14-avr	1			1	1
	12-mai	1	1	0,05	1	1
	16-juin	1	0,5	0	0	1
	15-juil	1,1	0,75	0	0	1
Carcans MO	14-avr	0,3	0,3	0	1	0
	12-mai	0,35	0,35	0	1	0
	16-juin	0,3	0,3	0	0	0
	15-juil	0,15	0,15	0	0	0
Carcans MF	14-avr	0,05	0,05	0	0	0
	12-mai			0	0	0
Léon	22-avr	1		0	1	0
	19-mai	1	0,3	0	0	0
	23-juin	1	0,3	0	0	0

Tableau 4 : relevés des paramètres physiques pour chaque station à chaque campagne de prélèvement.

Profondeur (prof) et transparence (trans) sont exprimés en mètres. Agitation: 0: station non agitée, 1: station agitée; Pente: 1: pente douce, 0: pente faible.

6.2-Qualité physico-chimique des eaux

L'absence de mesure en juillet pour la station de Léon est liée au fait que les niveaux d'eau ont été volontairement baissés afin de satisfaire les besoins de la gestion du site (pâturage extensif). A Carcans MF, le niveau de l'eau a naturellement diminué en lien avec la baisse du niveau de l'eau du lac de Carcans-Hourtin. Le site de Tercis est également asséché en période estivale et permet ainsi le pâturage extensif. Ainsi, les mesures n'ont pas été possibles sur toutes les stations (détail en annexe 8).

La température

Les températures ont été mesurées entre 11 et 16 heures 30 sur les différents sites d'étude lors des campagnes de collectes de jussies d'une part et lors des campagnes de prélèvement d'eau d'autre part.

Elles augmentent progressivement de avril à juillet en passant de 12,4 °C à Carcans CHE le 14 avril à 32,6 °C pour Carcans MO le 15 juillet. La station la plus froide est Bénévent et la plus chaude est Carcans MO. En effet, le courant quasiment constant sur l'Isle maintient une relative fraîcheur de l'eau alors qu'à Carcans MO l'absence de courant et la faible profondeur sont responsables de l'élévation de température.

Le pH

Le pH est relativement élevé à Bénévent (8,23) et légèrement acide sur les deux sites de Carcans où il baisse au fur et à mesure que l'été approche. Il est proche de la neutralité à Orx et semble augmenter à la fin de la période de mesure. Le pH varie fortement à Léon en passant d'un milieu acide à fortement basique.

La conductivité

Pour l'ensemble des sites étudiés et sur toute la période d'étude, la conductivité augmente légèrement. Elle est la plus faible à Léon et la plus forte à Bénévent. Orx et Carcans constituent des conditions intermédiaires par rapport à ce paramètre. La conductivité augmentant en même temps que la température, il est possible de considérer que la concentration en sel minéraux dans les différents milieux ne change pas de manière significative au cours de la période d'étude.

Concentration en oxygène dissous

Les tendances observées pour ce paramètre physico-chimiques diffèrent selon le site étudié. En effet, si la teneur en oxygène dissous est semblable entre les sites au début de l'étude, elles varient au cours du temps pour chacun d'entre eux. Ainsi, elle diminue fortement à Carcans CHE et légèrement à Carcans MO et Léon, reste constante à Bénévent et augmente à Orx. Cette dernière station présente un taux d'oxygène dissous supérieur à celui mesuré par LÉBOUGRE en 2001 qui s'élevait à 2,66 mg/l le 26 juillet.

Ces diminutions de teneurs en oxygène sont liées à l'augmentation de température qui s'opère en période estivale.

6.3-Chimie des eaux (tableau en annexe 9)

Les teneurs en MES dans les différentes stations varient fortement et ne permettent pas de se faire une idée claire de leur concentration dans les eaux. Les fractions minérales et organiques des MES sont par conséquent peu précises. Il est donc difficile d'estimer la charge solide des eaux.

Les mesures des indices permanganates affichent des résultats plus homogènes et permettent d'estimer la quantité des matières organiques (MO) fermentescibles dans les eaux: cet indice est relativement fort dans le marais d'Orx, dans les mares ouvertes de Carcans et à Léon (entre 10 et 20 mg/l d'O₂). Il est plus faible à Bénévent et à Carcans CHE. Les mesures précédentes réalisées à Orx par CHARBONNIER en 1999 ont montré un indice permanganate plus élevé (30,5 mg/l en juin et 29,5 en juillet) que celui de cet année (12,1 et 15,7 en juin et 18,4 mg/l en juillet).

Les concentrations en azote sont relativement faibles dans les milieux étudiés. L'azote organique n'excède pas 5,5 mg/l excepté à Carcans MF où sa concentration atteint 15,1 mg/l. Cette mesure n'a cependant été effectuée qu'une seule fois et il importe donc d'être prudent, des variations pouvant intervenir dans le temps. Les teneurs en MO issues des organismes sont donc faibles dans l'ensemble des sites étudiés.

L'azote minéral est également peu présent. Le taux de nitrate est faible et nul à Orx et Carcans. Il est à peine plus élevé à Bénévent (0,5 mg/l).

Les concentrations en phosphate sont également faible sauf à Bénévent où celle-ci est environ 2 à 3 fois plus élevée qu'aux autres stations. Les mesures des concentrations en phosphore total (incluant notamment les concentrations en phosphore organique, issu par exemple de la dégradation des résidus végétaux) sont également faibles.

Dans une ACP prenant en compte l'ensemble des paramètres physico-chimiques mesurées lors des campagnes de prélèvements d'eau (figure 11), il apparaît que les paramètres de mesures des matières minérales sont fortement corrélés entre eux et ne sont pas corrélés aux paramètres de mesures des matières et organiques. Il est à noter que la fraction organique des matières en suspension s'oppose à l'ensemble des mesures des paramètres réduits. Il en est de même pour l'ammonium.

Cette ACP fait ressortir de manière plus claire les caractéristiques chimiques des eaux de chaque site : la station d'Orx est corrélée aux paramètres de matières organiques et réduites. La station Carcans MF est caractérisée par la même charge en matières organiques mais les mesures ont été effectuées une seule fois. Bénévent est caractérisé par des eaux dont les composés sont plutôt des minéraux réduits. Dans l'ensemble, les sites de Carcans CHE, MO, Léon sont chimiquement proches (caractérisées par leur teneur en ammonium) alors que Bénévent est très isolé. Les mesures effectuées plusieurs fois au cours du temps confortent ce résultats.

6.4-Les sédiments

Station	MS (%)	FO MS (%)	FM MS (%)
Orx	63,1	6,2	93,8
Tercis	63,9	21,9	78,1
Bénévent	68,6	3,0	97,1
Carcans CHE	58,6	5,2	94,7
Carcans MO	23,6	8,7	91,2
Carcans MF	74,0	2,1	97,9
Léon	74,0	3,1	96,9

La teneur en matières sèches des sédiments est globalement similaire pour toutes les stations. Elle est cependant beaucoup plus faible à Carcans MO (23,6 %) mais le rapport entre les fractions organique (FO MS) et minérale (FM MS) demeure le même que celui des 6 autres stations.

En effet, ce rapport varie peu d'une station à une sauf à Tercis où la fraction organique des matières sèches est environ 3 fois plus élevée qu'aux autres stations.

III-DISCUSSION

1-La croissance et le développement des jussies

Les graphiques décrivant les variations de biomasse des jussies durant le printemps et l'été 2003 montrent que les plantes ont des biomasses initiales souvent proches (de l'ordre de 0,1 g en moyenne par plante à Carcans MF à 0,7 à Tercis). Elle est plus forte pour Léon mais il faut tenir compte du fait que la première campagne dans ce site a été effectuée 1 mois après Orx et Tercis. Cependant les taux d'accroissement se sont avérés très différents selon les stations et, au terme des prélèvements, les biomasses finales totales n'étaient plus similaires (de 0,53 g/ plante à Bénévent à 16,4 à Carcans CHE). En effet, entre la première et la deuxième campagne, le taux d'accroissement de biomasse est plus élevé à Orx qu'à Tercis (1,17 contre 0.19 g par plante). Celui- de Carcans CHE, similaire à celui de Orx lors de la même période augmente fortement entre les campagnes suivantes alors qu'il varie très peu à Orx. Ces différences d'accroissement pourraient trouver leur déterminisme dans le fait que l'eau est constamment présente à Orx alors qu'elle se fait rare à Tercis après la deuxième campagne. L'espace disponible pour les plantes influe également le taux de croissance des jussies (REJMANKOVA, 1992). En effet, l'espace à Orx est déjà fortement saturé par la jussie alors qu'à Carcans CHE la densité des jussies est si faible (5% de recouvrement) que l'espace n'est pas encore un facteur limitant.

Par ailleurs, certaines stations comme le Marais d'Orx ont vu la biomasse des jussies diminuer entre la troisième et la quatrième campagne et de nombreuses zones de sénescence de jussies ont été observées sur l'ensemble du casier sud durant le courant de l'été. D'après DEBATS (communication personnelle), ces zones ont été aperçues beaucoup plus tôt cette année (juin) que les années précédentes. La diminution de biomasse observée pourrait correspondre à un début de pourrissement de la jussie plus précoce que les années précédentes en raison de la très forte densité initiale des plantes ou plus probablement à cause du niveau d'eau plus faible que les années précédentes (peu de pluie cet été). En effet, le taux de croissance diminue en fonction de la densité initiale (REJMANKOVA, 1992). Il importe toutefois d'être prudent sur ce type d'interprétation car il semble que la densité des jussies sur ce site soit constante depuis plusieurs années sans qu'il y ait eu une baisse du taux de croissance.

Exceptée à la station de Tercis, les plantes se développent toutes en début d'étude par les racines de tiges principales et les tiges principales qui assurent un rôle de soutien et de nutrition de l'organisme. Les noeuds sont nombreux et permettent d'une part la mise en place des feuilles de tiges principales essentielles dans le captage de l'énergie lumineuse qui permettra le développement de la plante. Les ramifications se développent ensuite et prennent une part très importante dans la biomasse et surtout la longueur cumulées des plantes bien que leur longueur moyenne soit fortement biaisée par l'apparition fréquente de nouvelles ramifications assez courtes en début de développement mais qui grandissent rapidement. Ce phénomène est particulièrement visible à Carcans CHE où les ramifications deviennent rapidement plus longues que la tige elle-même. En outre, les ramifications développent de nombreuses feuilles qui augmentent la photosynthèse et peuvent devenir plus importantes en biomasse que les feuilles des tiges principales.

Selon la densité de la population, les ramifications vont se dresser (Orx, Tercis) afin de capter la lumière de façon optimale sans subir l'ombrage des autres ramifications ou d'autres plantes. Elles peuvent également demeurer en position horizontale comme à Carcans CHE, MO et MF où la densité est assez faible. Il semble cependant 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.

Ce phénomène est particulièrement observable à Tercis où la forte concurrence avec le poivre d'eau *Polygonum hydropiper* a conduit la jussie à croître en hauteur dès le mois de mai ce qui a induit une floraison rapide à partir du mois de juin. Ce mécanisme est d'autant plus important que le niveau d'eau est particulièrement bas en cette station.

Ainsi quand la concurrence avec les autres organismes ou les congénères est forte, la floraison est induite plus rapidement en raison d'une croissance en hauteur imposées par les conditions biotiques du milieu. Ceci vient à considérer le stock de graines présent dans le substrat : une forte concurrence inter ou intra-spécifique conduirait ainsi à un accroissement de ce stock. Il serait donc intéressant de mener une étude quantification des graines de différents sites soumis à ces processus de concurrence.

Il semble également que ce changement de morphologie de la plante soit également le corollaire du changement du niveau d'eau. En effet, si la concurrence avec d'autres individus colonisant le milieu peut provoquer une élévation des ramifications, la baisse du niveau de l'eau observable à Tercis poussent les plantes à changer la forme de leurs feuilles. La longueur du pétiole diminue, le limbe s'affine (le rapport LongLarg passe de 1,68 à 4,33 de la première à la dernière campagne et le rapport LongLong passe de 2,98 à 13,85 de la deuxième à la dernière campagne) et devient plus coriace. En outre ce changement de la forme de la feuille a également été observé dans les stations où les plantes poussaient en hauteur pour développer leur organes reproducteurs. Les plantes de Orx et de Carcans CHE subissent le même phénomène : à la fin des campagnes, leur tiges dressées et donc exondées arborent des feuilles longues et effilées : à Orx la longueur du limbe est passée de 1,57 à 3,26 cm (avec des écarts-types respectifs de 0,27 et 0,33) et à Carcans CHE de 2,15 à 4,92 cm (écarts-types : 0,42 et 0,52).

Ainsi l'affinement de la feuille semble s'opérer quand celle-ci sort de l'eau lors d'une diminution de son niveau ou quand les plantes se développent en hauteur dans des sites connaissant des périodes de fortes compétition. Cette adaptation à un environnement plus sec provoque également l'apparition de poils sur les tiges, protégeant la plantes de la dessiccation.

Le développement des jussies dans la station de Bénévent suit une évolution similaire à celui des plantes observées dans les autres stations mais leur croissance est faible par rapport aux autres stations (de 0 à 4 mg/j). Les tiges sont fréquemment coupées par la force du courant qui les plaquent sur le substrat et les empêchent de remonter à la surface, inhibant ainsi le mécanisme de floraison.

Par ailleurs, le sectionnement des tiges a engendré de nombreuses ramifications en inhibant la dominance apicale des plantes. De nombreuses ramifications sectionnées ont également été observées. Ainsi des ramifications aussi longues que les tiges principales ont fréquemment été observées dans cette population.

2-Les descripteurs physico-chimiques

Les augmentations de pH notamment à Orx peuvent être la conséquence de l'activité photosynthétique des herbiers de jussie. En effet, en période de forte productivité, la photosynthèse réalisée par les jussies immergées provoque une augmentation de la concentration en oxygène et une augmentation du pH. Par ailleurs la température de surface augmente rapidement dans la mesure où le captage d'énergie est maximum et les eaux sont stagnantes. Cependant, le rôle du phytoplancton dans les variations du pH et de la

concentration en oxygène n'est pas négligeable surtout en été où sa production est maximale. (DUTARTRE, communication personnelle).

Ce phénomène d'augmentation du pH lié à une forte activité photosynthétique est moins visible au sein des autres stations dont la densité est beaucoup plus faible. En effet, même si les taux d'accroissement peuvent être élevés, le fait que les jussies soient plus clairsemées permettent une circulation de l'eau et donc un brassage qui permet de maintenir le pH et la concentration en oxygène constants. De plus la position des jussies sur ou au dessus des eaux change aussi la situation: les échanges gazeux se font dans l'atmosphère quand les plantes sont émergées (Tercis et Orx).

Les baisses de concentrations en oxygène observable notamment à Carcans CHE et MO peuvent être liées soit à l'augmentation conséquente de la température de l'eau qui limite la dissolution des gaz, soit à la décomposition de la matière organique (ou aux deux processus cumulés). Cette deuxième hypothèse est probable dans la mesure où le pH a tendance à diminuer. En effet, les fortes productivités sont associées à une formation de nombreux débris végétaux dont la dégradation peut acidifier les eaux (LEBOUGRE, 2003). Le pH pourrait donc être un facteur limitant dans le développement de la jussie, notamment aux stations de Carcans MO et Carcans MF dont la quantité de matière organique en décomposition est élevée (milieux tourbeux). Si l'acidité de cette dernière station n'a pu être mesurée qu'une fois, le remplacement progressif des jussies par des *Drosera* (plantes adaptée aux milieux acides) témoigne de l'acidité continue de ce milieu. En effet, ces dernières apparaissent dès la fin du mois de mai et deviennent de plus en plus nombreuses alors que les jussies voient leur densité diminuer rapidement.

La constante alcalinité de la station de Bénévent est due aux roches calcaires situées en amont qui libèrent des ions hydrogénocarbonates et justifient le pH élevé de l'Isle (COSTE, communication personnelle).

En définitive, il est difficile de mettre en évidence une quelconque relation entre la physico-chimie de l'eau et le développement de la plante si des mesures n'ont pas été effectuées avant la période de développement de la plante. LEJAS, DANDELLOT et CHARBONNIER n'ont pas réussi à tirer de conclusions très complètes sur ces interactions.

3-Les descripteurs chimiques

Une ACP réalisée sur l'ensemble des stations et prenant en compte les données chimiques de chacune d'entre elles a montré qu'elles pouvaient être différenciées par plusieurs descripteurs chimiques. Il semble en revanche que les différents paramètres mesurés influencent peu les jussies. En effet, même si CHARBONNIER en 1999 a trouvé des corrélations fortes entre ces paramètres et les mesures phénologiques (par exemple, influence de la teneur en ammoniacque du milieu sur le développement en longueur de la plante fortement corrélés), il n'est pas prouvé que ceux-ci provoquent le développement des plantes. Seules des expérimentations en laboratoires permettraient avec des répliqués d'évaluer l'influence de la concentration de tel ou tel substance sur la croissance des jussies. (REJMANKOVA, 1992).

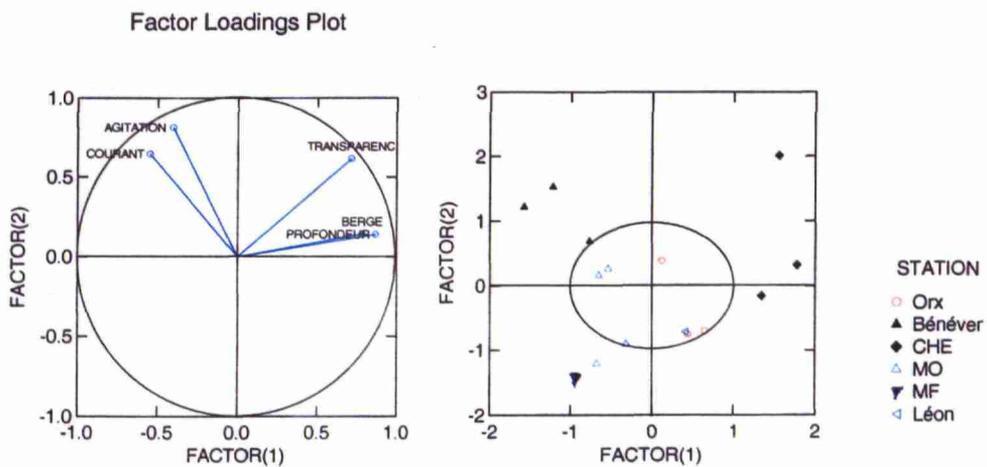


Figure12 : ACP réalisée sur l'ensemble des stations en prenant en compte les variables physiques. Les variables phénologiques (longueur de la tige, longueur de la plante, longueur des ramifications, nombre de nœuds par tige, nombre de ramifications par tige, nombre de nœuds des ramifications, nombre de nœuds par plantes, somme des organes reproducteurs (bourgeons, fleurs, fleurs fanées) sont incluses en variables supplémentaires. Les axes 1 et 2 restituent respectivement 46.8 % et 30.0 % de l'inertie totale. Les détails de l'analyse figurent en annexe 14.

Cependant, un commentaire s'impose sur la qualité chimique des eaux : les faibles teneurs en nitrate et en phosphate sur des anciens sites agricoles comme le marais d'Orx semblent surprenant. Il se pourrait que ces teneurs soient influencées par le développement des jussies dont la capacité à accumuler les nutriments provoque une diminution temporaire de leur concentration dans l'eau. Là encore, la consommation par les algues du phytoplancton n'est pas négligeable (DUTARTRE, communication personnelle). Mais la concentration en azote et en phosphore augmente en hiver lorsque le métabolisme des jussies ralentit et qu'elles se décomposent, relarguant par la même occasion du phosphate et des nitrates sous forme organique. Il importe donc de réaliser des mesures de la qualité chimique des eaux des différentes stations en hiver.

4-Les descripteurs physiques

Les paramètres physiques sont susceptibles d'influencer le développement des jussies dans la mesure où ils conditionnent l'éclairement (exposition) et les mouvements des eaux (niveau, vitesses d'écoulement) de la station, ce qui influe sur la facilité qu'ont les jussies à se développer.

Une ACP réalisée sur les paramètres physiques des stations et la phénologie des plantes (figure 12) montre que le courant et l'agitation influencent le développement des plantes à Bénévent alors que la profondeur et la transparence ainsi que la pente (forte) des berges sont caractéristique des stations de Carcans CHE. Ces deux stations s'opposent donc du point de vue des paramètres physiques. Les autres stations ont des caractéristiques intermédiaires.

Ainsi, les jussies les plus favorisées par les conditions physiques des milieux se situent à Carcans CHE (croissance rapide). Si la transparence est forte à Carcans CHE et MO elles est également élevée à Bénévent (supérieure à la profondeur) et le rapport profondeur sur transparence est supérieur à Bénévent. Les points des stations d'Orx et de Léon dont les productivités sont élevées s'opposent au courant et à l'agitation. Les autres stations n'affichent pas de tendance particulière vis à vis des paramètres physiques.

Ainsi, il semble que ce soit le courant qui influence le plus le développement de la jussie. Celui-ci provoque un arrêt de la croissance à Bénévent alors que la densité est faible et les cassures des tiges et des ramifications nombreuses.

La forte corrélation entre la pente de la berge et la phénologie de Carcans CHE montre que les plantes apprécient de se développer, ancrées sur une forte pente, ce qui leur permet de pousser en longueur de façon horizontale et d'occuper toute la surface disponible. Ce constat semble lié à une condition : la profondeur doit être suffisante pour que les plantes flottent et se développent en surface horizontalement. La densité des plantes joue également un rôle: elle est faible à Carcans CHE même en fin de période de prélèvements et permet donc aux jussies de se développer rapidement sans se redresser.

Cependant, il a été observé à la mi-août que la morphologie des plantes de Bénévent avait changé totalement : la baisse du courant occasionnée par la baisse des débit estivaux a permis aux jussies d'accroître rapidement leur productivité sur la berge dont la pente est faible et d'atteindre un recouvrement plus fort (90%) pour adopter une physionomie proche des plantes d'Orx. En effet, cette augmentation de densité a provoqué un redressement des ramifications.

Le facteur vitesse du courant semble être le facteur qui a le plus d'influence négative sur la productivité des herbiers de jussie à condition que ceux-ci ne soient pas déjà installés. La jussie semble par contre s'accommoder très facilement des différentes conditions physiques du milieu : une forte pente de la berge alliée à une profondeur élevée lui permet un développement optimal allant jusqu'à la production d'organes reproducteurs et une faible profondeur et même l'absence d'eau comme à Tercis ne l'empêche pas de se développer. Elle est seulement ralentie par la concurrence inter et intra-spécifique qui limite sa production mais pas sa floraison.

5-Synthèse

Même si les observations confirment la grande capacité d'adaptation de la jussie à des conditions très différentes de milieux aquatiques, la présente étude a mis en évidence certaines des préférences de cette plante qui semble affectionner les milieux stagnants plutôt que courants. En outre, les paramètres physico-chimiques et chimiques des milieux fortement colonisés semblent influencés par la jussie, notamment la concentration en oxygène et les teneurs en azote et en phosphore. Il est plus difficile de voir des milieux qui influencent le développement de la jussie si ce n'est à Carcans MO où le faible pH serait un facteur limitant son développement.

Par ailleurs, la concurrence inter ou intra spécifique ne limite pas son développement dans la mesure où elle sait s'en accommoder en adoptant une stratégie soit de développement végétatif en hauteur permettant la production de graines lorsqu'elle est concurrencée ou au contraire une stratégie de reproduction végétative horizontale quand la densité est faible.

Les deux espèces identifiées semblent adopter les mêmes caractères envahissants et sont toutes deux très polymorphes.

Des expérimentations plus précises devraient être menées afin de déterminer plus exactement l'influence des facteurs abiotiques du milieu sur les plantes. Dans cette optique, KHEDR et al. (1996) ont classé 8 milieux aquatiques envahis entre autres par *Eichhornia crassipes* et *Azolla filiculoides* en prenant en compte les valeurs physico chimiques des eaux en plusieurs points de chaque site du Nil. BINI et al. (1999) ont réalisé une étude similaire sur le réservoir d'Itaipu au Brésil également envahi par *Eichhornia crassipes* et *Egeria najas*.

6-Des mesures de gestion adaptées

La diversité des sites étudiées conduit à l'étude de plusieurs possibilités de gestion et de régulation de cette plante envahissante. Les méthodes de contrôle peuvent être mécaniques ou manuelles ou chimiques et même biologiques (DUTARTRE, 2002). Il importe surtout de ne pas perturber davantage le milieu. Un diagnostic de chacune des stations étudiées est donc nécessaire avant l'utilisation d'un quelconque méthode de contrôle afin de respecter le milieu et ses usages.

6.1-Le Marais d'Orx

MAISONNEUVE a proposé une étude complète sur les moyens de traitements les plus efficaces en tenant compte du rapport qualité/prix dans son "étude de faisabilité du programme de traitement de la jussie". En 2002, elle a ainsi évalué le coût du nettoyage du casier sud à 150 000 € TTC environ. Elle préconise du matériel assez lourd (camion grue, bateau arracheur, brouette à chenille) et 7 personnes. Le nettoyage des îles sur ce casier coûterait lui plus de 410 000 € TTC. DOSDA (2000) a évalué le coût des mesures de gestion entre 6,4 et 11,2 millions de francs en 2000.

6.2-Carcans CHE

Après les travaux de nettoyage du Grand Lambusse de septembre 2001, qui se sont effectuées sur 3,6 km, cette station nécessiterait un second traitement. En effet, si la densité de la jussie n'est pas encore alarmante, son taux de croissance est très préoccupant.

Un arrachage manuel est encore possible à partir du lit de la rivière ou depuis la berge dans la mesure où les densités sont encore faibles et que le chenal est praticable à pied au printemps et en été.

6.3-Bénévent

Le site de Bénévent comporte des jussies dont la densité reste faible et qui sont sous l'influence du courant jusqu'au mois de mai. Selon DOSDA (2000), une intervention n'est pas nécessaire car la pression du milieu reste forte. Toutefois, la baisse des débits qui occasionne une perte de vitesse du courant dans l'Isle pourrait être la source d'un développement anarchique de la jussie. Un arrachage manuel est donc envisageable à condition qu'il soit effectué avant la diminution de la vitesse du courant.

6.4-Léon

Cette station est déjà traitée par les gestionnaires de la Réserve Naturelle du courant d'Huchet qui pratiquent un arrachage à la griffe au mois de mai, suivi d'une baisse du niveau d'eau dans les casiers qui permettent aux chevaux de pâturer. Cette baisse de niveau provoque une reprise du développement de la jussie dont la physionomie est adaptée au nouveau milieu ainsi créé. Il importe donc de suivre de très près le développement de la jussie sur ce site afin de voir son comportement par rapport aux végétaux pâturés par les équins.

6.5-Tercis

Cette station est traitée annuellement par des herbicides (voir précédemment). Il semble, d'après Mr DUBIS (communication personnelle) que les densités de jussies aient diminué depuis le début de l'application du glyphosate. Il s'agit d'une station où il serait intéressant d'étudier la compétition avec le poivre d'eau. Des semences de cette dernière pourraient être introduites dans le milieu et permettraient de la favoriser par rapport à la jussie dont le caractère invasif serait amoindri.

6.6-Carcans MO et MF

Ces deux stations ne nécessitent pour l'instant aucune mesure de gestion dans la mesure où leur densité et leur taux de croissance sont encore faibles.

CONCLUSION

Les principaux résultats obtenus dans cette études montrent que les deux espèces de jussie (*Ludwigia hexapetala* et *Ludwigia peploïde*) tolèrent des conditions du milieu aussi diverses que variées et s'adaptent facilement à leurs changements (variations du niveau de l'eau...). Leur développement semble néanmoins ralenti par des baisses de pH (Carcans MO et MF) ainsi que par des augmentations de la vitesse du courant qui constitue un facteur limitant.

En outre, elle peuvent se développer dans des milieux où elles sont soumises à la compétition inter et intra-spécifique (Tercis et Orx). En effet, des changements de morphologie leur permettent de s'adapter aux augmentations de densité induites par les phénomènes de compétition.

Si les moyens de régulations de cette plantes existent, il n'en demeure pas moins que ceux-ci peuvent s'avérer difficiles à mettre en œuvre d'une part à cause des nombreuses contraintes qu'ils sont susceptibles d'engendrer (stockage et transport des déchets verts, destruction de la faune et de la flore autochtone par le matériel d'arrachage...) et d'autre part, à cause des coûts engendrés par leur mise en place.

Il est donc nécessaire de mettre en œuvre de nouvelles voies d'élimination de la jussie, moins coûteuses et moins perturbatrices des milieux naturels comme par exemple l'introduction de consommateurs de cette plante. Des travaux dans ce sens, réalisés par DANGLES en 2003, ont permis de voir quelles espèces d'insectes participaient au recyclage des renouées du Japon (*Fallopia japonica*), une autre espèce envahissante des milieux aquatiques. L'étude du comportement alimentaire des nombreux invertébrés retrouvés dans les prélèvements permettraient d'exploiter de nouveaux consommateurs de cette plante. Par ailleurs, l'usage de cette plante en tant qu'engrais a d'ailleurs été évoquée (PROST, communication personnelle) ou encore pour la fabrication d'acides gras (ZYGADLO, 1994)...

En définitive des suivis scientifiques du développement des plantes aquatiques invasives sont toujours nécessaires. Cette étude constitue une partie du programme **Invabio** et sera complétée ultérieurement par des études aussi bien économiques que ethnobotaniques dont le but est à terme d'accroître les connaissances sur les espèces invasives afin de mettre en œuvre des méthodes de gestion efficaces et respectueuses des milieux aquatiques.

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'Informations Géoréférencée pour la Maîtrise de l'Environnement et l'Aménagement du Territoire, Université de Toulouse Le Mirail, 48 p.
- BINI M., THOMAZ S., MURPHY K., CAMARGO A. 1999 - Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Hydrobiologia* n° 415, p. 147-154.
- CHARBONNIER C. 1999 - Dynamique de développement de *Ludwigia spp.* Rapport de DESS Ecologie des systèmes aquatiques Continentaux, Université de Toulouse 3, 35 p.
- CLARKE S. 2002 - The sediment niche of riverine macrophyte species. Actes du 11^{ème} symposium international EWRS sur la gestion des plantes aquatiques, 2 au 6 septembre 2002, p. 107-110.
- 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.
- DOSDA V. 2000 - Prescriptions de gestion de *Ludwigia spp.* dans quatre milieux aquatiques du sud-ouest. Rapport de BTSA, Gestion et Protection de la Nature, 45 p.
- DUTARTRE A. 2002 - Panorama des modes de gestion des plantes aquatiques: nuisances, usages, techniques et risques induits. *Ingénieries* n° 30, p. 29-42.
- DUTARTRE A. 2003 - Programme de recherches "Invasions biologiques". Les jussies: caractérisations des relations entre sites, populations et activités humaines. Implications pour la gestion. Rapport de présentation, 28 p.
- KAWABARA A., TSUKAYA H., NAGATA T. 2001 - Identification of factors that cause heterophylly in *Ludwigia arcuata* Walt. (Onagraceae) (*Plant Biology* no 3, p. 98-105).
- KHEDR A., EL-DEMERDASH M. 1996 - Distribution of aquatic plants in relation to environmental factors in the Nile Delta. *Aquatic Botany* n° 56, p. 75-86.
- 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* dans l'hydrosystème ligérien. Mémoire de DIRS, spécialité phyto-écologie, Université François Rabelais, Tours, 64 p.
- MAISONNEUVE G. 2002 - Programme de traitement de la jussie, étude de faisabilité. ERTech environnement SARL, ICS eau, 111 p.
- PELTRE MC, MULLER S., OLLIVIER M., DUTARTRE A., BARBE J., HAURY J., TREMOLIERES M. 2001 - Les proliférations végétales aquatiques en France: caractères biologiques et écologiques des principales espèces et milieux propices. I. Bilan d'une synthèse bibliographique. *Bulletin Français de la pêche et de la pisciculture* n° 365/366, p. 237-258.
- SCULTHORPE C.D. 1967 - The biology of aquatic vascular plants. Edward Arnold Publishers Ltd London, 610 p.
- REJMANKOVA .E. 1992 - Ecology of creeping macrophytes with special reference to *Ludwigia peploïdes* (H B K) Raven. *Aquatic Botany* n° 43, p. 283-299.
- ZARDINI E., HONGYA G., RAVEN P. 1991 - On the separation of two species within the *Ludwigia uruguayensis* Complex (Onagraceae). *Systematic Botany* n° 16(2), p. 242-244.
- ZYGADLO J.A., MORERO R.E., ABBURRA R.E., GUZMAN C.A. (1994) - Fatty acid composition in seed oil of Onagraceae (*Journal of American Oil Chemists Society* n° 71(8), p. 915-916.

ANNEXES

ANNEXE 1 : LE GENRE *LUDWIGIA*

D'après DANDELLOT, 3 espèces sont présentes en France :

Ludwigia palustris (L.) Elliot : statut non défini

Ludwigia peploïdes (Kunth) P. H. Raven: espèce introduite

Ludwigia uruguayensis (Camb.) Hara : espèce introduite. ZARDINI a tenté de scinder cette dernière espèce en deux espèces distinctes à partir des variations phénotypiques : *Ludwigia hexapetala* (nommée *Jussiaea michauxiana* par Fernald en 1944) et *Ludwigia grandiflora*. C'est l'espèce la plus citée dans les flores françaises mais d'après LEJAS (2002), elle n'est pas présente en France.

Critère de distinction entre *Ludwigia peploïdes* et *Ludwigia hexapetala* (d'après DANDELLOT) :

Caractère distinctifs	<i>L. peploïdes</i>	<i>L. hexapetala</i>
Feuille	adulte : un vrai pétiole	
Fruit	12 par tige, longueur du pédicelle inférieure à celle de la capsule	3 à 4 par tige, longueur du pédicelle supérieur à celle de la capsule
Pollen	fin	gros
Stomate (proportionnel au nombre de chromosomes)	petit	grand
Caryologie	2n=16	4n=80

NB : seul une étude caryologique permet de déterminer précisément l'espèce, les plantes étant très polymorphes.

ANNEXE 2 : ABBREVIATIONS DES MESURES PHENOLOGIQUES

Mesures de biomasses

Tp : tiges principales
FTp : feuilles de tiges principales
RTp : racines de tiges principales
Br : bourgeons, Fl : fleurs,
FLF : 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
Nret : nombre de ramifications par cm de tige
Nnct : nombre de nœuds par cm de tige
Nncr : nombre de nœud par cm de ramification
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 biomasses sont exprimées en grammes.

Les mesures de longueurs sont exprimées en centimètres.

Les abréviations concernant les tiges et les biomasses sont tirées de CHARBONNIER (1999).

ANNEXE 3: BIOMASSES SECHES

Station	Campagne	Tp	FTp	RTp	FI	FIF	Br	Tr	Fr	Rr	Totales
Orx	02-avr	0,093	0,077	0,057	0,000	0,000	0,000	0,017	0,037	<0,1	0,280
	28-avr	0,360	0,277	0,413	0,000	0,000	0,000	0,110	0,283	0,003	1,447
	02-juin	0,557	0,283	0,850	0,000	0,000	0,000	0,360	0,553	0,053	2,657
	30-juin	0,770	0,333	0,630	0,000	0,003	0,003	0,207	0,150	0,097	2,193
Tercis	02-avr	0,253	0,090	0,090	0,000	0,000	0,000	0,097	0,167	0,003	0,700
	28-avr	0,187	0,078	0,022	0,000	0,000	0,000	0,069	0,150	0,003	0,509
	02-juin	0,297	0,267	0,007	0,000	0,000	0,007	0,003	0,007	<0,1	0,587
	30-juin	1,583	0,727	0,053	0,023	0,037	0,067	0,087	0,113	0,003	2,693
Bénévent	09-avr	0,157	0,107	0,010	0,000	0,000	0,000	<0,1	0,003	<0,1	0,277
	05-mai	0,203	0,063	0,033	0,000	0,000	0,000	0,027	0,050	0,003	0,379
	10-juin	0,155	0,087	0,040	0,000	0,000	0,000	0,043	0,043	0,003	0,371
	07-juil	0,260	0,120	0,070	0,000	0,000	0,000	0,027	0,050	<0,1	0,527
Carcans CHE	14-avr	0,167	0,123	0,040	0,000	0,000	0,000	0,007	0,020	0,000	0,357
	12-mai	0,320	0,203	0,424	0,000	0,000	0,000	0,080	0,225	0,007	1,259
	16-juin	2,113	0,470	2,400	0,000	0,000	0,000	0,758	1,165	0,020	6,925
	15-juil	6,774	0,900	3,122	0,000	0,004	0,000	2,996	2,561	0,043	16,400
Carcans MO	14-avr	0,047	0,067	0,017	0,000	0,000	0,000	< 0,1	0,003	0,000	0,133
	12-mai	0,120	0,120	0,077	0,000	0,000	0,000	0,013	0,033	<0,1	0,363
	16-juin	0,397	0,147	0,137	0,000	0,000	0,000	0,060	0,053	0,003	0,797
	15-juil	0,530	0,110	0,277	0,000	0,000	0,000	0,070	0,020	0,007	1,013
Carcans MF	14-avr	0,040	0,050	0,017	0,000	0,000	0,000	0,003	0,010	<0,1	0,120
	12-mai	0,080	0,040	0,033	0,000	0,000	0,000	0,007	0,017	<0,1	0,177
Léon	22-avr	0,310	0,273	0,030	0,000	0,000	0,000	0,010	0,017	0,000	0,640
	19-mai	1,298	0,737	0,843	0,000	0,000	0,000	0,187	0,395	0,073	3,533
	23-juin	0,450	0,000	0,240	0,000	0,000	0,000	0,280	0,100	0,050	1,120

ANNEXE 4: LONGUEURS MOYENNES DES TIGES

Station	Date	N	Lt	Ecart-type	Lr	Ecart-type	Lp	Ecart-type
Orx	02-avr	30	23,1	13,9	16,7	21,8	39,8	34,3
	28-avr	30	44,5	24,9	43,7	41,9	88,2	55,0
	02-juin	30	61,1	22,4	88,4	74,5	149,5	90,8
	30-juin	30	68,3	16,3	36,8	44,1	105,1	53,6
Tercis	02-avr	30	47,3	27,9	48,9	53,8	96,2	80,5
	28-avr	32	27,9	14,5	38,9	36,5	66,8	49,2
	02-juin	30	38,7	6,8	2,5	3,3	41,2	8,0
	30-juin	30	81,3	13,6	17,5	38,0	98,8	44,4
Bénévent	09-avr	30	34,1	12,8	1,0	3,0	35,1	13,1
	05-mai	30	49,3	24,6	24,0	36,6	73,3	44,8
	10-juin	30	45,5	13,1	23,3	31,2	68,8	38,5
	07-juil	30	66,5	18,0	18,1	26,3	84,5	34,6
Carcans CHE	14-avr	30	41,2	18,4	6,8	11,9	48,1	25,4
	12-mai	30	56,9	24,9	41,8	59,2	97,3	73,1
	16-juin	20	134,0	102,3	180,7	205,3	314,7	304,8
	15-juil	23	299,9	113,9	570,3	308,4	870,2	418,3
Carcans MO	14-avr	30	19,1	7,1	1,3	2,4	20,3	8,2
	12-mai	30	26,1	12,4	9,7	13,8	35,8	22,5
	16-juin	30	38,0	12,4	14,5	19,9	52,5	29,4
	15-juil	30	44,9	16,4	18,3	22,2	63,2	34,8
CarcansMF	14-avr	30	13,1	5,0	2,0	4,1	15,1	7,6
	12-mai	30	16,5	4,8	5,3	8,2	21,8	11,2
Léon	22-avr	30	57,9	15,0	4,8	11,7	62,7	23,9
	19-mai	30	94,5	28,1	31,0	38,0	125,4	57,0
	23-juin	10	40,4	18,9	39,9	20,1	80,2	27,5

ANNEXE 5: EFFECTIFS MOYENS DES DIFFERENTS ORGANES DES PLANTES

Station	Date	Nnt	E.C.	Nr	E.C.	Nb	E.C.	Nf	E.C.	Nff	E.C.	SNnr	E.C.	Nnp	E.C.
Bénévent	09-avr	34,5	14,0	0,5	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,8	35,5	13,9
	05-mai	33,3	16,1	3,8	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,0	34,6	55,3	38,6
	10-juin	37,8	13,3	3,8	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,2	36,7	68,0	44,3
	07-juil	41,9	13,7	1,4	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,9	23,0	57,8	28,1
Orx	02-avr	16,6	7,7	6,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,6	23,6	32,2	30,1
	28-avr	26,1	6,3	8,1	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,3	35,7	72,4	40,0
	02-juin	34,7	7,6	6,1	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,1	58,4	109,9	61,3
	30-juin	38,6	8,5	2,3	2,5	0,7	1,7	0,0	0,2	0,1	0,5	27,8	33,2	66,4	38,1
Tercis	02-avr	24,3	7,2	13,2	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,2	70,1	95,5	76,5
	28-avr	26,6	7,7	15,7	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	110,3	103,4	136,8	109,8
	02-juin	28,2	3,7	1,5	1,8	1,6	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	5,7	32,7	6,7
	30-juin	42,0	5,8	1,9	3,0	8,0	3,5	1,4	0,9	3,0	1,8	13,0	27,5	55,0	29,7
Carcans CHE	14-avr	27,1	12,6	3,3	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	11,9	35,2	19,8
	12-mai	39,9	14,2	7,2	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,0	72,8	98,9	74,0
	16-juin	50,4	18,8	15,8	16,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	174,7	176,7	225,1	190,6
	15-juil	78,6	21,2	38,4	17,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,4	1,2	443,7	206,3	522,3	217,8
Carcans MO	14-avr	18,2	6,9	1,1	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	3,8	20,2	8,2
	12-mai	22,1	5,8	3,1	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,4	19,5	40,5	22,2
	16-juin	31,8	9,4	3,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,1	39,7	61,9	46,8
	15-juil	40,8	8,4	2,7	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,6	36,1	73,4	40,1
Carcans MF	14-avr	13,6	7,0	1,3	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	7,1	17,1	12,3
	12-mai	17,4	6,4	3,4	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6	15,3	30,0	17,1
Léon	22-avr	38,6	10,7	1,3	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	16,4	45,8	23,0
	19-mai	49,1	13,8	3,9	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,8	41,5	82,9	46,4
	23-juin	19,7	7,6	2,5	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,4	15,8	53,1	18,3

ANNEXE 6: RATIOS CALULES SUR LES TIGES

Station	Date	Nret	E.C.	Nnct	E.C.	Nncr	E.C.	Nncp	E.C.
Bénévent	09-avr	0,01	0,04	1,02	0,19	1,25	0,46	1,02	0,19
	05-mai	0,10	0,13	0,71	0,21	1,05	0,47	0,74	0,20
	10-juin	0,08	0,07	0,83	0,17	1,77	0,86	0,95	0,22
	07-juil	0,02	0,03	0,63	0,12	0,95	0,30	0,68	0,11
Orx	02-avr	0,24	0,17	0,81	0,31	0,96	0,35	0,87	0,30
	28-avr	0,22	0,18	0,74	0,43	1,17	0,34	0,90	0,29
	02-juin	0,09	0,05	0,60	0,14	0,96	0,39	0,75	0,11
	30-juin	0,03	0,03	0,58	0,10	1,14	1,17	0,63	0,12
Tercis	02-avr	0,23	0,13	0,67	0,35	1,83	0,63	1,06	0,22
	28-avr	0,57	0,20	1,07	0,32	2,98	0,80	2,04	0,42
	02-juin	0,04	0,05	0,74	0,12	2,02	0,89	0,80	0,13
	30-juin	0,02	0,03	0,52	0,07	1,08	0,64	0,55	0,08
Carcans CHE	14-avr	0,08	0,08	0,71	0,27	1,43	0,41	0,77	0,27
	12-mai	0,12	0,10	0,76	0,26	1,96	0,70	1,03	0,31
	16-juin	0,10	0,05	0,53	0,30	1,37	0,76	0,81	0,24
	15-juil	0,13	0,03	0,28	0,09	0,81	0,15	0,62	0,10
Carcans MO	14-avr	0,05	0,08	1,01	0,39	1,77	0,41	1,05	0,38
	12-mai	0,11	0,10	1,01	0,48	2,86	1,38	1,25	0,44
	16-juin	0,07	0,06	0,87	0,23	2,63	1,54	1,12	0,36
	15-juil	0,05	0,05	0,99	0,29	2,49	1,47	1,20	0,30
Carcans MF	14-avr	0,09	0,14	1,07	0,44	1,77	0,36	1,11	0,44
	12-mai	0,20	0,21	1,09	0,39	2,90	0,91	1,37	0,38
Léon	22-avr	0,02	0,03	0,68	0,15	2,08	0,94	0,89	0,95
	19-mai	0,04	0,03	0,53	0,13	1,48	0,78	0,72	0,25
	23-juin	0,08	0,07	0,52	0,13	1,00	0,46	0,70	0,20

ANNEXE 7: MESURES EFFECTUEES SUR LES FEUILLES: LONGUEURS ET RATIOS

Station	Date	N	L limbe	Ecart-type	I limbe	Ecart-type	L pétiole	Ecart-type	LongLarg	Ecart-type	LongLong	Ecart-type	Larglong	Ecart-type
Bénévent	09-avr	30	1,51	0,15	1,35	0,11			1,12	0,08				
	05-mai	30	1,50	0,20	1,38	0,24	0,92	0,32	1,17	0,14	2,50	0,86	2,25	0,78
	10-juin	30	1,87	0,20	1,61	0,17	1,98	0,37	1,17	0,09	1,19	0,50	1,04	0,43
	07-juil	30	2,49	0,32	1,92	0,20	2,52	0,49	1,31	0,12	1,07	0,17	0,84	0,16
Orx	02-avr	30	1,57	0,24	1,17	0,23			1,46	0,23				
	28-avr	30	2,27	0,34	1,87	0,24	1,17	0,43	1,21	0,09	2,97	1,02	2,49	0,85
	02-juin	30	2,83	0,25	2,12	0,21	2,31	0,42	1,32	0,10	1,34	0,99	1,01	0,74
	30-juin	30	3,26	0,33	1,94	0,21	2,11	0,40	1,71	0,15	1,67	0,20	0,99	0,13
Tercis	02-avr	30	2,04	0,39	1,24	0,30			1,68	0,27				
	28-avr	30	1,63	0,28	1,03	0,31	0,60	0,23	1,65	0,37	2,98	0,89	1,86	0,64
	02-juin	30	2,98	0,47	1,02	0,09	0,50	0,15	2,94	0,49	6,56	2,73	2,20	0,69
	30-juin	30	6,04	1,14	1,42	0,18	0,50	0,16	4,33	1,05	13,85	6,75	3,12	1,10
Carcans CHE	14-avr	30	2,15	0,42	1,57	0,43			1,43	0,29				
	12-mai	30	2,45	0,63	1,95	0,55	1,20	1,28	1,27	0,19	4,34	2,93	3,45	2,43
	16-juin	30	3,23	0,63	2,21	0,44	3,37	1,08	1,48	0,16	1,09	0,56	0,63	0,51
	15-juil	30	4,92	0,52	2,48	0,35	4,71	0,70	2,02	0,34	1,07	0,23	0,54	0,09
Carcans MO	14-avr	30	1,58	0,39	0,98	0,31			1,68	0,33				
	12-mai	30	2,03	0,50	1,31	0,45	1,46	0,76	1,61	0,31	1,76	1,52	1,04	0,65
	16-juin	30	1,96	0,32	1,36	0,26	1,83	0,69	1,46	0,17	1,39	1,18	0,94	0,73
	15-juil	30	1,83	0,58	0,90	0,28	1,25	0,64	2,09	0,71	1,71	0,78	0,87	0,42
Carcans MF	14-avr	30	1,28	1,19	0,71	0,28			1,87	0,64				
	12-mai	30	1,33	0,28	0,81	0,25	0,77	0,35	1,74	0,49	2,02	1,18	1,23	0,74
Léon	22-avr	30	3,18	0,56	2,76	0,51	1,29	0,83	1,16	0,13	3,30	2,14	2,87	1,86
	19-mai	30	4,16	0,74	3,03	0,61	3,95	1,07	1,40	0,27	1,12	0,31	0,81	0,22
	23-juin	2	2	1,06	1,5	0,71	1,25	1,06	1,3125	0,09	1,9375	0,80	1,5	0,71

ANNEXE 8 : MESURES PHYSICO-CHIMIQUES DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENT DE PLANTES

Station	Campagne	Heure	T air (°C)	T eau (°C)	pH	Conductivité	[O ₂] (mg/L)	[O ₂] (%)
Orx	02-avr							
	28-avr	16 h 30	22	19,1		236	4,5	49
	02-juin	14 h	24,4	24,4	6,9	236	5,49	65,9
	30-juin	14 h 15	25,4	30	6,68	281	7,5	91
Tercis	02-avr 28-avr 02-juin 30-juin	Milieu exondé						
Bénévent	09-avr							
	05-mai	16 h 30	15,1 °C	16,1	7,92	303	9,8	99,7
	10-juin		24,1	22,2	7,8	297	8,44	96,4
	07-juil	16 h	28,5	25,2	8,23	385	9,25	112,8
Carcans CHE	14-avr	11 h		12,4	6,45	283	8,86	
	12-mai	15 h 30		18,9	6,7	236	10,26	109,5
	16-juin	12 h	25,3	26	6,64	362	5,73	70,5
	15-juil	13 h	30,8	26,5	6	364	3,6	45
Carcans MO	14-avr	12 h		13,7	6,96	280		
	12-mai	16 h 30		21,9	7,69	268	9,8	111,3
	16-juin	12 h 15	25,3	28,4	6,95	325	7,04	90,6
	15-juil	15 h 30	28,8	32,6	6,3	382	7,4	103
Carcans MF	14-avr 12-mai							
Léon	22-avr	12 h 15	24	19,3		187,5	9,2	59
	19-mai	16 h 30	15,5	19,7	6,22	155,8	9,24	100,3
	23-juin							

La conductivité est exprimée en $\mu\text{S/cm}$.

ANNEXE 9 : MESURES DE LA QUALITE CHIMIQUE DES EAUX

Station	Date	MES	FO MES (%)	FM MES (%)	Ind permang	TA	TAC	NO3-	N-NO3-	NO2-	N-NO2-	NH4+
Orx	12-mai	67,333	60,396	39,604	18,039	0,000	0,700	0,000	0,000	0,018	0,005	0,088
	3-juin	9,429	90,909	9,091	12,117	0,000	1,800	0,000	0,000	0,028	0,009	0,226
	24-juin	84,000	35,714	64,286	15,686	0,000	2,330	0,000	0,000	0,000	0,000	0,056
	8-juil	40,667	78,689	21,311	18,431	0,000	2,180	0,000	0,000	0,013	0,004	0,039
Bénévent	12-mai	18,000	23,333	76,667	3,765	0,000	3,450	9,620	2,172	0,094	0,029	0,086
	3-juin	4,600	52,174	47,826	2,019	0,000	3,600	9,720	2,195	0,073	0,022	0,088
	24-juin	5,778	36,538	63,462	1,725	0,000	3,750	10,100	2,281	0,052	0,016	0,064
	8-juil	2,600	61,538	38,462	1,412	0,000	3,510	8,550	1,931	0,038	0,012	0,039
Carcans CHE	12-mai	5,400	66,667	33,333	7,373	0,000	0,420	1,010	0,228	0,066	0,020	0,275
	3-juin	18,667	71,429	28,571	9,631	0,000	0,850	0,230	0,052	0,028	0,009	0,084
	24-juin	55,000	35,455	64,545	8,235	0,000	0,820	0,000	0,000	0,000	0,000	0,052
	8-juil	2,400	91,667	8,333	6,902	0,000	0,800	0,000	0,000	0,003	0,001	0,055
Carcans MO	12-mai	28,000	62,857	37,143	11,765	0,000	0,680	0,000	0,000	0,021	0,006	0,114
	3-juin	28,500	91,228	8,772	11,029	0,000	0,910	0,000	0,000	0,002	0,001	0,055
	24-juin	661,200	43,497	56,503	16,078	0,000	1,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,052
	8-juil	7,576	76,000	24,000	13,333	0,000	1,180	0,000	0,000	0,002	0,001	0,041
Carcans MF	12-mai	121,818	66,418	33,582	109,804	0,000	1,000	0,000	0,000	0,023	0,007	0,041
Léon	12-mai	3,400	94,118	5,882	11,451	0,000	0,580	2,450	0,553	0,043	0,013	0,049
	3-juin	Erreur (2)	Erreur (2)	Erreur (2)	17,087	0,000	1,220	0,000	0,000	0,020	0,006	0,065
	24-juin	11,200	89,286	10,714	17,255	0,000	1,250	0,000	0,000	0,008	0,002	0,058

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 Kjeldahl	N org	PO4	P-PO4	Pteb (PO4)	Pteb (P)	Calcium	pH	Conductivité	[O2]
Orx	12-mai	0,068	0,074	5,530	5,462	0,072	0,023	1,547	0,505	15	6,70	190,5	7,50
	3-juin	0,176	0,184	1,890	1,714	0,026	0,008	0,359	0,117		6,90	236	5,49
	24-juin	0,044	0,044	1,750	1,706	0,035	0,012	1,339	0,437		7,31	264	5,16
	8-juil	0,030	0,034	2,800	2,770	0,044	0,014	0,526	0,172		7,51	301	12,70
Bénévent	12-mai	0,067	2,268	0,700	0,633	0,110	0,036	0,281	0,092	63	8,04	352	9,90
	3-juin	0,068	2,286	0,700	0,632	0,135	0,044	0,245	0,080		8,08	360	8,51
	24-juin	0,050	2,346	0,490	0,440	0,161	0,053	0,245	0,080		8,13	393	7,97
	8-juil	0,030	1,973	0,700	0,670	0,120	0,039	0,198	0,065		8,23	385	9,25
Carcans CHE	12-mai	0,214	0,462	0,910	0,696	0,040	0,013	0,177	0,058	10	6,70	236	10,26
	3-juin	0,065	0,126	0,840	0,775	0,055	0,018	0,464	0,151		6,94	335	7,47
	24-juin	0,040	0,040	0,770	0,730	0,024	0,008	0,167	0,054		6,74	350	6,84
	8-juil	0,043	0,044	0,840	0,797	0,017	0,005	0,083	0,027		6,79	344	4,90
Carcans MO	12-mai	0,089	0,095	1,050	0,961	0,020	0,007	0,115	0,037	11	7,69	268	9,80
	3-juin	0,043	0,043	1,260	1,217	0,033	0,011	0,156	0,051		7,44	292	10,12
	24-juin	0,040	0,041	2,310	2,270	0,016	0,005	0,266	0,087		7,22	340	7,75
	8-juil	0,032	0,032	1,400	1,368	0,016	0,005	0,083	0,027		6,77	378	7,68
Carcans MF	12-mai	0,032	0,039	15,120	15,088	0,028	0,009	2,141	0,699	12	7,1	342	8,50
Léon	12-mai	0,038	0,604	0,980	0,942	0,026	0,009	0,161	0,053	8	7,07	178,2	9,50
	3-juin	0,051	0,057	1,330	1,279	0,012	0,004	0,198	0,065		8,82	185	11,00
	24-juin	0,045	0,048	1,750	1,705	0,051	0,017	0,443	0,144		6,16	184,5	7,52

N org : azote organique, Pteb : phosphore totale de l'eau brute,

Le reste de mesures est exprimé en mg/L,

ANNEXE 10: ACP REALISEE SUR LES 4 CAMPAGNES DE TERCIS

Matrix to be factored

	NRCT	NNCT	NNCP	LONGLARG
NRCT	1.000			
NNCT	0.442	1.000		
NNCP	0.867	0.729	1.000	
LONGLARG	-0.551	-0.347	-0.593	1.000

Latent Roots (Eigenvalues)

1	2	3	4
2.797	0.682	0.463	0.058

Empirical upper bound for the first Eigenvalue = 3.1883.

Chi-Square Test that all Eigenvalues are Equal, N = 120

CSQ = 350.4841 P = 0.0000 df = 6.00

Latent Vectors (Eigenvectors)

	1	2	3
NNCP	0.578	0.119	0.208
NRCT	0.523	-0.210	0.637
NNCT	0.448	0.724	-0.405
LONGLARG	-0.438	0.647	0.622

Standard Error for Each Eigenvector Element

	1	2	3
NNCP	0.016	0.064	0.048
NRCT	0.032	0.154	0.058
NNCT	0.047	0.099	0.171
LONGLARG	0.047	0.148	0.153

Component loadings

	1	2	3
NNCP	0.967	0.098	0.141
NRCT	0.875	-0.173	0.434
NNCT	0.749	0.598	-0.276
LONGLARG	-0.732	0.534	0.423

Variance Explained by Components

1	2	3
2.797	0.682	0.463

Percent of Total Variance Explained

1	2	3
---	---	---

69.928 17.045 11.581

Differences: Original Minus Fitted Correlations or Covariances

	NNCP	NRCT	NNCT	LONGLARG
NNCP	0.035			
NRCT	-0.024	0.016		
NNCT	-0.015	0.010	0.006	
LONGLARG	0.003	-0.002	-0.001	0.000

ANNEXE 11: ACP REALISE SUR ORX ET TERCIS

Matrix to be factored

	NRCT	NNCT	NNCP	LONGLARG	LONGLONG
NRCT	1.000				
NNCT	0.648	1.000			
NNCP	0.863	0.734	1.000		
LONGLARG	-0.326	-0.204	-0.309	1.000	
LONGLONG	-0.248	-0.155	-0.231	0.847	1.000
LARGLONG	-0.084	-0.031	-0.058	0.366	0.722

LARGLONG

LARGLONG	1.000
----------	-------

Latent Roots (Eigenvalues)

	1	2	3	4	5
	2.995	1.858	0.607	0.365	0.125
	6				
	0.050				

Empirical upper bound for the first Eigenvalue = 3.2031.

Chi-Square Test that all Eigenvalues are Equal, N = 180

CSQ = 861.6306 P = 0.0000 df = 15.00

Chi-Square Test that the Last 3 Eigenvalues Are Equal

CSQ = 164.4743 P = 0.0000 df = 5.93

Latent Vectors (Eigenvectors)

	1	2	3
NNCP	-0.466	0.369	0.044
NRCT	-0.461	0.334	0.024
LONGLONG	0.413	0.494	0.092
LONGLARG	0.412	0.348	0.640
NNCT	-0.400	0.379	0.188
LARGLONG	0.264	0.493	-0.738

Standard Error for Each Eigenvector Element

	1	2	3
NNCP	0.059	0.075	0.057
NRCT	0.055	0.076	0.088
LONGLONG	0.077	0.065	0.041
LONGLARG	0.060	0.076	0.034
NNCT	0.064	0.071	0.119
LARGLONG	0.082	0.062	0.036

Component loadings

	1	2	3
NNCP	-0.806	0.504	0.034
NRCT	-0.798	0.456	0.019
LONGLONG	0.715	0.673	0.072
LONGLARG	0.713	0.474	0.498
NNCT	-0.692	0.516	0.146
LARGLONG	0.458	0.672	-0.575

Variance Explained by Components

	1	2	3
	2.995	1.858	0.607

Percent of Total Variance Explained

	1	2	3
	49.913	30.964	10.114

Differences: Original Minus Fitted Correlations or Covariances

	NNCP	NRCT	LONGLONG	LONGLARG	NNCT
NNCP	0.095				
NRCT	-0.011	0.155			
LONGLONG	0.004	0.014	0.030		
LONGLARG	0.011	0.018	-0.018	0.018	
NNCT	-0.089	-0.142	-0.019	-0.029	0.233
LARGLONG	-0.008	-0.014	-0.016	0.007	0.022
	LARGLONG				
LARGLONG	0.009				

ANNEXE 12: ACP REALISEE SUR LES 3 STATIONS DE CARCANS

Matrix to be factored

	NRCT	NNCT	NNCP	LONGLARG	LONGLONG
NRCT	1.000				
NNCT	-0.110	1.000			
NNCP	0.139	0.856	1.000		
LONGLARG	0.036	0.091	0.109	1.000	
LONGLONG	0.087	0.138	0.064	-0.006	1.000
LARGLONG	0.057	0.085	0.009	-0.242	0.944

LARGLONG

LARGLONG	1.000
----------	-------

Latent Roots (Eigenvalues)

	1	2	3	4	5
	2.068	1.810	1.057	0.934	0.105
	6				
	0.026				

Empirical upper bound for the first Eigenvalue = 2.3375.

Chi-Square Test that all Eigenvalues are Equal, N = 187

CSQ = 845.2289 P = 0.0000 df = 15.00

Chi-Square Test that the Last 4 Eigenvalues Are Equal

CSQ = 617.0264 P = 0.0000 df = 9.27

Latent Vectors (Eigenvectors)

	1	2
LONGLONG	0.593	0.331
LARGLONG	0.578	0.402
NNCT	0.407	-0.558
NNCP	0.371	-0.590
LONGLARG	-0.059	-0.263
NRCT	0.084	0.027

Standard Error for Each Eigenvector Element

	1	2
LONGLONG	0.183	0.327
LARGLONG	0.220	0.317
NNCT	0.307	0.225
NNCP	0.324	0.205
LONGLARG	0.170	0.114
NRCT	0.102	0.134

Component loadings

ANNEXE 13: ACP SUR LES MESURES CHIMIQUES

Matrix to be factored

	MES	FOMES	FMMES	INDPERMANG	TAC
MES	1.000				
FOMES	-0.285	1.000			
FMMES	0.285	-1.000	1.000		
INDPERMANG	0.173	0.095	-0.095	1.000	
TAC	-0.172	-0.493	0.493	-0.258	1.000
NO3	-0.215	-0.481	0.481	-0.317	0.864
NITRATEN	-0.215	-0.481	0.481	-0.317	0.864
NO2	-0.283	-0.332	0.332	-0.189	0.532
NITRITEN	-0.283	-0.332	0.332	-0.189	0.532
NH4	-0.169	0.104	-0.104	-0.176	-0.164
NNH4	-0.169	0.104	-0.104	-0.176	-0.164
NMINERAL	-0.226	-0.476	0.476	-0.327	0.856
NKJELDAHL	0.181	0.051	-0.051	0.970	-0.216
NORG	0.183	0.049	-0.049	0.970	-0.213
PO4	-0.261	-0.462	0.462	-0.293	0.845
PPO4	-0.261	-0.462	0.462	-0.293	0.845
PTOTPO4	0.107	-0.137	0.137	0.777	-0.092
PTOTP	0.107	-0.137	0.137	0.777	-0.092
PH	-0.038	-0.472	0.472	-0.198	0.784
CONDUCTIVITE	0.116	-0.452	0.452	-0.004	0.503
O2MG	-0.082	0.046	-0.046	0.022	0.098

	NO3	NITRATEN	NO2	NITRITEN	NH4
NO3	1.000				
NITRATEN	1.000	1.000			
NO2	0.776	0.776	1.000		
NITRITEN	0.776	0.776	1.000	1.000	
NH4	-0.078	-0.078	0.392	0.392	1.000
NNH4	-0.078	-0.078	0.392	0.392	1.000
NMINERAL	0.998	0.998	0.803	0.803	-0.018
NKJELDAHL	-0.270	-0.270	-0.151	-0.151	-0.156
NORG	-0.268	-0.268	-0.157	-0.157	-0.170
PO4	0.918	0.918	0.672	0.672	-0.072
PPO4	0.918	0.918	0.672	0.672	-0.072
PTOTPO4	-0.245	-0.245	-0.164	-0.164	-0.149
PTOTP	-0.245	-0.245	-0.164	-0.164	-0.149
PH	0.785	0.785	0.519	0.519	-0.192
CONDUCTIVITE	0.471	0.471	0.117	0.117	-0.362
O2MG	0.210	0.210	0.364	0.364	-0.009

	NNH4	NMINERAL	NKJELDAHL	NORG	PO4
NNH4	1.000				
NMINERAL	-0.018	1.000			
NKJELDAHL	-0.156	-0.279	1.000		
NORG	-0.170	-0.278	1.000	1.000	
PO4	-0.072	0.916	-0.198	-0.196	1.000
PPO4	-0.072	0.916	-0.198	-0.196	1.000
PTOTPO4	-0.149	-0.253	0.853	0.853	-0.071
PTOTP	-0.149	-0.253	0.853	0.853	-0.071
PH	-0.192	0.776	-0.173	-0.169	0.686
CONDUCTIVITE	-0.362	0.450	-0.036	-0.030	0.376
O2MG	-0.009	0.212	0.021	0.021	0.177

	PPO4	PTOTPO4	PTOTP	PH	CONDUCTIVITE
PPO4	1.000				
PTOTPO4	-0.071	1.000			
PTOTP	-0.071	1.000	1.000		
PH	0.686	-0.165	-0.165	1.000	
CONDUCTIVITE	0.376	-0.192	-0.192	0.549	1.000
O2MG	0.177	-0.159	-0.159	0.386	-0.010

O2MG

O2MG	1.000
------	-------

Latent Roots (Eigenvalues)

1	2	3	4	5
8.794	4.427	2.712	1.711	1.163
6	7	8	9	10
0.734	0.531	0.422	0.254	0.122
11	12	13	14	15
0.095	0.023	0.012	0.000	0.000
16	17	18	19	20
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21				
0.000				

Empirical upper bound for the first Eigenvalue = 11.3955.

Chi-Square Test that all Eigenvalues are Equal, N = 19

CSQ = . P = . df = .

Chi-Square Test that the Last 19 Eigenvalues Are Equal

CSQ = . P = . df = .

Latent Vectors (Eigenvectors)

	1	2
NMINERAL	0.329	0.054
NO3	0.327	0.065
NITRATEN	0.327	0.065
PPO4	0.304	0.103
PO4	0.304	0.103
TAC	0.289	0.111
PH	0.269	0.105
NITRITEN	0.262	0.012
NO2	0.262	0.012
FOMES	-0.182	-0.187
FMMES	0.182	0.187
PTOTP	-0.120	0.400
PTOTPO4	-0.120	0.400

NORG	-0.143	0.399
NKJELDAHL	-0.143	0.397
INDPERMANG	-0.158	0.371
NNH4	0.005	-0.193
NH4	0.005	-0.193
CONDUCTIVITE	0.160	0.122
MES	-0.074	0.104
O2MG	0.084	0.003

Standard Error for Each Eigenvector Element

	1	2
NMINERAL	.	.
NO3	.	.
NITRATEN	.	.
PPO4	.	.
PO4	.	.
TAC	.	.
PH	.	.
NITRITEN	.	.
NO2	.	.
FOMES	.	.
FMMES	.	.
PTOTP	.	.
PTOTPO4	.	.
NORG	.	.
NKJELDAHL	.	.
INDPERMANG	.	.
NNH4	.	.
NH4	.	.
CONDUCTIVITE	.	.
MES	.	.
O2MG	.	.

Component loadings

	1	2
NMINERAL	0.974	0.114
NO3	0.971	0.137
NITRATEN	0.971	0.137
PPO4	0.902	0.216
PO4	0.902	0.216
TAC	0.858	0.233
PH	0.798	0.220
NITRITEN	0.778	0.026
NO2	0.778	0.026
FOMES	-0.541	-0.394
FMMES	0.541	0.394
PTOTP	-0.355	0.841
PTOTPO4	-0.355	0.841
NORG	-0.423	0.839
NKJELDAHL	-0.424	0.835
INDPERMANG	-0.468	0.780
NNH4	0.014	-0.407
NH4	0.014	-0.407
CONDUCTIVITE	0.475	0.257
MES	-0.218	0.219
O2MG	0.249	0.006

Variance Explained by Components

1	2
8.794	4.427

Percent of Total Variance Explained

1	2
41.876	21.081

Differences: Original Minus Fitted Correlations or Covariances

	NMINERAL	NO3	NITRATEN	PPO4	PO4
NMINERAL	0.038				
NO3	0.037	0.039			
NITRATEN	0.037	0.039	0.039		
PPO4	0.013	0.014	0.014	0.141	
PO4	0.013	0.014	0.014	0.141	0.141
TAC	-0.006	-0.001	-0.001	0.021	0.021
PH	-0.027	-0.020	-0.020	-0.081	-0.081
NITRITEN	0.043	0.017	0.017	-0.035	-0.035
NO2	0.043	0.017	0.017	-0.035	-0.035
FOMES	0.095	0.098	0.098	0.111	0.111
FMMES	-0.095	-0.098	-0.098	-0.111	-0.111
PTOTP	-0.003	-0.015	-0.015	0.068	0.068
PTOTPO4	-0.003	-0.015	-0.015	0.068	0.068
NORG	0.039	0.028	0.028	0.004	0.004
NKJELDAHL	0.039	0.027	0.027	0.004	0.004
INDPERMANG	0.040	0.031	0.031	-0.039	-0.039
NNH4	0.014	-0.036	-0.036	0.003	0.003
NH4	0.014	-0.036	-0.036	0.003	0.003
CONDUCTIVITE	-0.042	-0.025	-0.025	-0.107	-0.107
MES	-0.038	-0.033	-0.033	-0.112	-0.112
O2MG	-0.031	-0.032	-0.032	-0.049	-0.049

	TAC	PH	NITRITEN	NO2	FOMES
TAC	0.210				
PH	0.048	0.314			
NITRITEN	-0.141	-0.108	0.394		
NO2	-0.141	-0.108	0.394	0.394	
FOMES	0.063	0.047	0.099	0.099	0.552
FMMES	-0.063	-0.047	-0.099	-0.099	-0.552
PTOTP	0.017	-0.067	0.090	0.090	0.003
PTOTPO4	0.017	-0.067	0.090	0.090	0.003
NORG	-0.045	-0.016	0.151	0.151	0.151
NKJELDAHL	-0.047	-0.018	0.157	0.157	0.150
INDPERMANG	-0.038	0.005	0.155	0.155	0.149
NNH4	-0.081	-0.114	0.392	0.392	-0.049
NH4	-0.081	-0.114	0.392	0.392	-0.049
CONDUCTIVITE	0.036	0.114	-0.259	-0.259	-0.094
MES	-0.035	0.088	-0.119	-0.119	-0.316
O2MG	-0.116	0.186	0.170	0.170	0.183

	FMMES	PTOTP	PTOTPO4	NORG	NKJELDAHL
FMMES	0.552				
PTOTP	-0.003	0.166			
PTOTPO4	-0.003	0.166	0.166		
NORG	-0.151	-0.003	-0.003	0.118	
NKJELDAHL	-0.150	-0.000	-0.000	0.121	0.124
INDPERMANG	-0.149	-0.046	-0.046	0.118	0.121
NNH4	0.049	0.198	0.198	0.177	0.190
NH4	0.049	0.198	0.198	0.177	0.190
CONDUCTIVITE	0.094	-0.240	-0.240	-0.045	-0.049
MES	0.316	-0.155	-0.155	-0.093	-0.094
O2MG	-0.183	-0.075	-0.075	0.122	0.122

	INDPERMANG	NNH4	NH4	CONDUCTIVITE	MES
INDPERMANG	0.173				
NNH4	0.148	0.834			
NH4	0.148	0.834	0.834		
CONDUCTIVITE	0.017	-0.264	-0.264	0.708	
MES	-0.100	-0.076	-0.076	0.163	0.904
O2MG	0.134	-0.010	-0.010	-0.130	-0.029

O2MG

O2MG 0.938

ANNEXE 14: ACP PORTANT SUR LES VALEURS PHYSIQUES

Matrix to be factored

	PROFONDEUR	TRANSPARENCE	COURANT	AGITATION	BERGE
PROFONDEUR	1.000				
TRANSPARENCE	0.689	1.000			
COURANT	-0.282	-0.049	1.000		
AGITATION	-0.303	0.202	0.536	1.000	
BERGE	0.504	0.530	-0.301	-0.163	1.000

Latent Roots (Eigenvalues)

	1	2	3	4	5
	2.339	1.498	0.560	0.456	0.147

Empirical upper bound for the first Eigenvalue = 2.7778.

Chi-Square Test that all Eigenvalues are Equal, N = 16

CSQ = 27.3939 P = 0.0023 df = 10.00

Chi-Square Test that the Last 2 Eigenvalues Are Equal

CSQ = 3.5166 P = 0.1978 df = 2.19

Latent Vectors (Eigenvectors)

	1	2	3
PROFONDEUR	0.568	0.116	0.554
BERGE	0.511	0.119	-0.627
TRANSPARENCE	0.468	0.504	0.101
COURANT	-0.357	0.528	0.390
AGITATION	-0.263	0.663	-0.371

Standard Error for Each Eigenvector Element

	1	2	3
PROFONDEUR	0.117	0.348	0.151
BERGE	0.143	0.342	0.695
TRANSPARENCE	0.287	0.274	0.392
COURANT	0.314	0.256	0.821
AGITATION	0.379	0.193	0.527

Component loadings

	1	2	3
PROFONDEUR	0.869	0.142	0.415
BERGE	0.782	0.145	-0.469
TRANSPARENCE	0.716	0.617	0.075
COURANT	-0.546	0.646	0.292
AGITATION	-0.402	0.812	-0.278

Variance Explained by Components

1	2	3
2.339	1.498	0.560

Percent of Total Variance Explained

1	2	3
46.780	29.958	11.196

Differences: Original Minus Fitted Correlations or Covariances

	PROFONDEUR	BERGE	TRANSPARENCE	COURANT	AGITATION
PROFONDEUR	0.053				
BERGE	-0.002	0.147			
TRANSPARENCE	-0.052	-0.084	0.101		
COURANT	-0.020	0.169	-0.078	0.200	
AGITATION	0.047	-0.096	0.010	-0.127	0.102