



**HAL**  
open science

## Colonisation végétale du canal de Bourgogne à Dijon : bilan 2006, propositions de gestion

Alain Dutartre, Christian Chauvin, Jean-Louis Grange

► **To cite this version:**

Alain Dutartre, Christian Chauvin, Jean-Louis Grange. Colonisation végétale du canal de Bourgogne à Dijon : bilan 2006, propositions de gestion. irstea. 2006, pp.87. hal-02590395

**HAL Id: hal-02590395**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02590395>**

Submitted on 15 May 2020

**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.



# Colonisation végétale du canal de Bourgogne à Dijon

***Bilan 2006  
Propositions de gestion***

*Alain Dutartre, Christian Chauvin, Jérôme Grange*

**Département milieux  
aquatiques, qualité et rejets**

**Unité de Recherche Réseaux,  
Epuración et Qualité des Eaux**

50, Avenue de Verdun  
33612 CESTAS CEDEX

**décembre 2006**



# Colonisation végétale du canal de Bourgogne à Dijon :

## *Bilan 2006. Propositions de gestion*

*Alain Dutartre, Christian Chauvin, Jérôme Grange, Christophe Laplace-Treyture*

(avec la participation de Maria Cellamare, Sylvie Dousset, Céline Madigou)



Décembre 2006

## RESUME

Dès 2005, une colonisation végétale très importante sur un tronçon du canal de Bourgogne d'une quinzaine de kilomètres de longueur au niveau de Dijon a amené VNF à mettre en œuvre des opérations d'enlèvement des plantes aquatiques. L'étude de cette colonisation programmée en 2006 a permis de préciser son ampleur et la nature des espèces présentes dans lesquelles figure une espèce exotique observée pour la première fois en milieu naturel en France, *Cabomba caroliniana*. Plusieurs autres espèces indigènes contribuent à cette colonisation. Des éléments de biologie et d'écologie sont présentés sur les espèces les plus présentes. Des mesures de biomasses fraîches et sèches et des analyses d'azote et de phosphore de certaines espèces dominantes permettent d'évaluer les quantités de plantes et leurs stocks de nutriments à l'échelle du tronçon.

Des analyses chimiques d'eau et de sédiments, de pigments chlorophylliens et des peuplements planctoniques en période estivale ne montrent pas de dégradation de la qualité du canal.

Les possibilités de régulation de ces développements végétaux sont examinées, leurs causes éventuelles et des interventions spécifiques sont proposées.

---

Dutartre A., Chauvin C., Grange J., Laplace-Treyture C., 2006. Colonisation végétale du canal de Bourgogne à Dijon. Bilan 2006. Propositions de gestion. Cemagref, Unité de Recherche Réseaux, Epuration et Qualité des Eaux, rapport, 87 p.

## SOMMAIRE

1 / Introduction.....	1
2 / Le site .....	4
3 / Matériel et Méthodes .....	6
3 / Matériel et Méthodes .....	7
3.1 / Cartographie .....	7
3.2 / Prélèvements de biomasse .....	7
3.3 / Prélèvements d'eau et de sédiments .....	7
4 / Occupation générale du site par les plantes.....	9
5 / Les plantes aquatiques présentes .....	11
5.1 / <i>Myriophyllum spicatum</i> (myriophylle en épi) .....	13
5.2 / <i>Cabomba caroliniana</i> (cabomba de Caroline).....	16
5.3 / <i>Najas minor</i> (petite naïade).....	21
5.4 / <i>Vallisneria spiralis</i> (vallisnérie en spirale).....	23
5.5 / <i>Najas marina</i> (grande naïade) .....	25
5.6 / <i>Ceratophyllum demersum</i> (cornifle) .....	28
5.7 / Répartition des plantes dans les ports de Plombières les Dijon et de Dijon..	30
6 / Biomasses, composition chimique des plantes et évaluation quantitative de la colonisation végétale .....	34
6.1 / Biomasses fraîches.....	35
6.1.1 / Quadrats.....	35
6.2.2 / Prélèvements au râteau .....	36
6.2 / Biomasses sèches .....	37
6.3 / Analyses chimiques des plantes .....	38
6.4 / Evaluations à l'échelle du tronçon étudié des biomasses et des minéralomasses .....	40
7 / Qualité des eaux et des sédiments.....	43
7.1 / Qualité des eaux .....	43
7.2 / Qualité des sédiments.....	47
7.3 / Pigments chlorophylliens .....	50
7.4 / Algues planctoniques observées dans les échantillons .....	51

8 / Possibilités de gestion de la colonisation végétale .....	55
8.1 / La prévention des développements de plantes .....	55
8.2 / Procédure de mise en œuvre de la gestion des plantes aquatiques.....	58
8.3 / Les interventions de régulation des plantes .....	60
8.3.1 / Les interventions manuelles .....	60
8.3.2 / Les interventions mécanisées .....	60
8.3.3 / Le devenir des plantes extraites et leur recyclage.....	62
8.3.4 / L'application d'herbicides.....	63
8.3.5 / Le contrôle biologique du développement des plantes aquatiques .....	63
8.4 / Cas particulier de <i>Cabomba caroliniana</i> .....	64
9 / Synthèse et propositions .....	66
9.1 / Synthèse .....	66
9.2 / Propositions .....	71
Bibliographie.....	73
Sites Internet consultés .....	75
ANNEXES .....	77
ANNEXE 1 : Fiche de description de secteur.....	78
ANNEXE 2 : Analyses physico-chimiques des eaux et des sédiments.....	79
ANNEXE 3 : Coupures de presse .....	80
ANNEXE 4 : Exemple de plaquette d'information sur <i>Cabomba caroliniana</i> .....	85

**Crédits photos** : Alain Dutartre, Christian Chauvin, Jérôme Grange, Cemagref

# 1 / Introduction

En 2005, un important développement de la végétation aquatique s'est manifesté sur le canal de Bourgogne, pendant environ 3 semaines de fin juillet à fin août. Ce phénomène a affecté environ 20 km du cours du canal, de l'amont de Dijon (Plombières, bief n° 50) à Bretenières (Bief n° 64).

Considéré comme une prolifération, ce développement a entraîné des nuisances importantes vis-à-vis du fonctionnement des écluses (en particulier, blocage par des masses flottantes de plantes) et des difficultés de circulation pour les bateaux de plaisance, particulièrement pour les bateaux de petites dimensions.

Ces nuisances ont nécessité la mise en œuvre dans l'urgence par la subdivision de Dijon de Voies Navigables de France, d'une opération de moisson et de stockage des plantes retirées (faucardage et récolte de la végétation, mise en andins le long du canal, transport ultérieur sur un lieu de stockage). 30 à 40 tonnes de biomasse fraîche ont ainsi été extraites de cette portion du canal. Cette intervention a coûté environ 22 000 €.

Devant ces problèmes et la probabilité de les rencontrer à nouveau dans le futur, VNF- Dijon navigation a décidé d'engager en 2006 une étude permettant de caractériser plus précisément ce phénomène et de proposer des actions visant à le réguler pour limiter son impact technique, touristique et financier sur l'exploitation du canal.

Les objectifs de cette étude étaient :

- de préciser les caractéristiques du phénomène (biefs concernés, densité de la prolifération, répartition, nature des espèces proliférantes, cortège floristique d'accompagnement),
- d'analyser le contexte général pour en extraire des facteurs explicatifs du phénomène,
- de proposer des moyens de régulation et de prévention, en vue d'empêcher ou de limiter l'extension d'éventuelles futures proliférations,
- de formaliser des principes généraux de gestion adaptés au site et aux plantes rencontrées,
- d'évaluer l'efficacité à attendre des différentes mesures de régulation envisageables.



Cette étude a été confiée à l'Unité de Recherche Réseaux, Epuration et Qualité des Eaux du Cemagref.

Pour ce faire, une cartographie du canal sur l'ensemble du tronçon touché par ces développements végétaux, soit 16,450 km (biefs 50 à 64) a été réalisée : elle a pris en compte l'extension des formations végétales proliférantes (taux de recouvrement de la surface en eau, répartition sur la section), la nature des espèces jugées proliférantes, les principales espèces d'accompagnement, dont d'éventuelles espèces des rives, et l'état général du canal, par tronçons de relevé d'une longueur régulière, unité sur laquelle a été intégré le recouvrement global de chaque taxon.

La biomasse végétale des principales plantes présentes a également fait l'objet d'une évaluation à l'échelle de la totalité du tronçon étudié. Destinée à quantifier le tonnage de matière végétale fraîche à extraire en cas de moisson et le stock de nutriments (azote et phosphore) accumulé dans cette biomasse, cette évaluation a été faite à partir d'échantillons de biomasse prélevés sur des surfaces connues dans des zones de recouvrement maximal, en utilisant les données de superficies couvertes par les mêmes plantes issues de la cartographie.

Des analyses chimiques des plantes ont été réalisées pour obtenir des informations sur les teneurs en azote et phosphore des principales espèces présentes dans ce tronçon du canal et évaluer les quantités de ces nutriments stockées dans l'ensemble des biomasses végétales présentes.

En parallèle, des investigations concernant certains facteurs de milieu *a priori* potentiellement explicatifs de la répartition des proliférations ont été menées. Elles ont porté sur la qualité de l'eau et des sédiments. En effet, la charge en nutriments est un des principaux facteurs susceptibles de déclencher et de maintenir des phénomènes de développement végétal. Ces nutriments peuvent provenir d'une charge dissoute (eau) ou d'une charge relargable contenue dans les sédiments (eau interstitielle, phosphore sous formes fixées facilement biodisponibles).

En complément, des analyses des pigments chlorophylliens et des peuplements phytoplanctoniques ont été faites pour contribuer à l'évaluation du fonctionnement écologique de cette portion de canal.

Sauf indication, les prestations ont été réalisées par les agents de l'Unité de Recherche Réseaux, Epuration et Qualité des Eaux.

Les investigations de terrain ont été menées en juillet et en août 2006 par Christian Chauvin, Jérôme Grange et Alain Dutartre avec l'aide de Sylvie Dousset. Les prélèvements d'eau ont été réalisés par Christian Chauvin et les analyses par le laboratoire de chimie de l'Unité de Recherche Qualité des Eaux et Prévention des Pollutions du Cemagref. Les prélèvements de sédiments ont été faits par le bureau d'étude CAEI et les analyses en laboratoire par SAS Laboratoire. Les analyses des pigments chlorophylliens ont été réalisées par Maria Cellamare et les déterminations de phytoplancton par Christophe Laplace-Treytore.

Les analyses de plantes ont été réalisées par le laboratoire de chimie de l'Unité de Recherche Réseaux, épuration et qualité des eaux du Cemagref.

Les recherches bibliographiques ont été réalisées par Céline Madigou, Alain Dutartre et Christian Chauvin,

Nous tenons à remercier particulièrement M. Muller, directeur adjoint de la Subdivision de Dijon de VNF, pour les renseignements qu'il a pu nous fournir durant cette étude.

Le présent rapport rassemble les données obtenues sur le terrain, les données issues des analyses en laboratoire et présente les données actuellement disponibles sur les principales plantes aquatiques observées dans le tronçon étudié du canal de Bourgogne, ainsi que des informations sur les techniques de régulation de ces plantes.

## 2 / Le site

Les deux biefs 39 et 42 ont été examinés comme "références amont" de la colonisation mais le tronçon étudié s'étend des biefs 50 à 65 inclus.

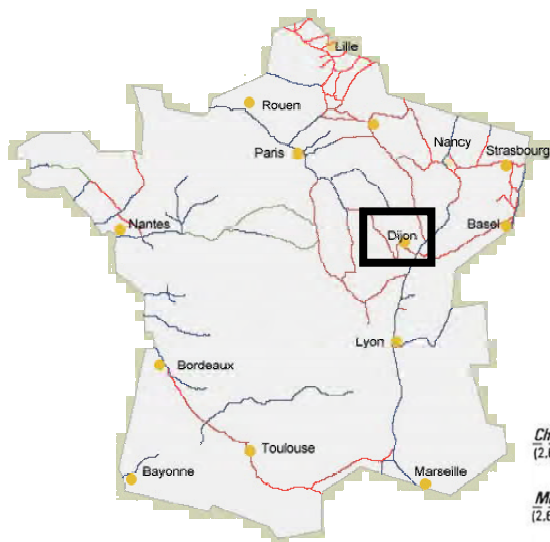
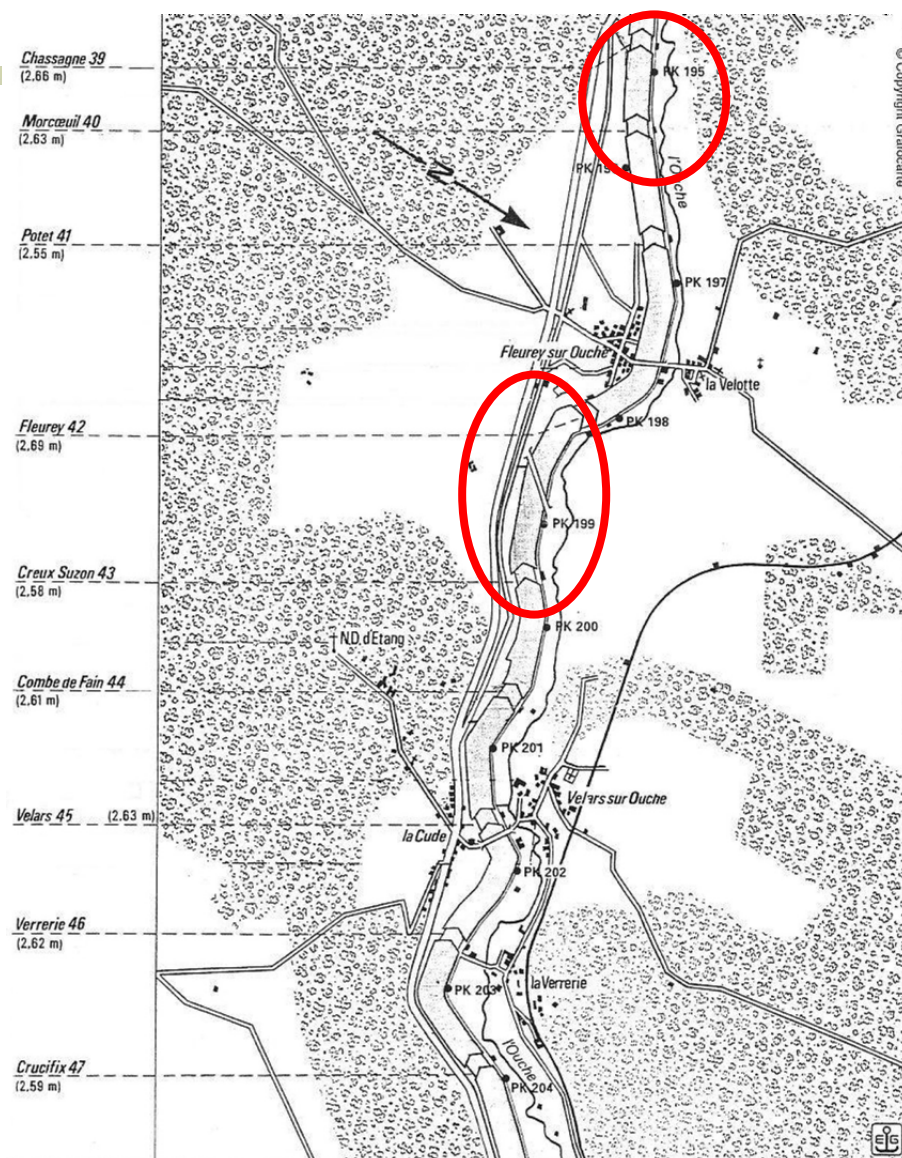
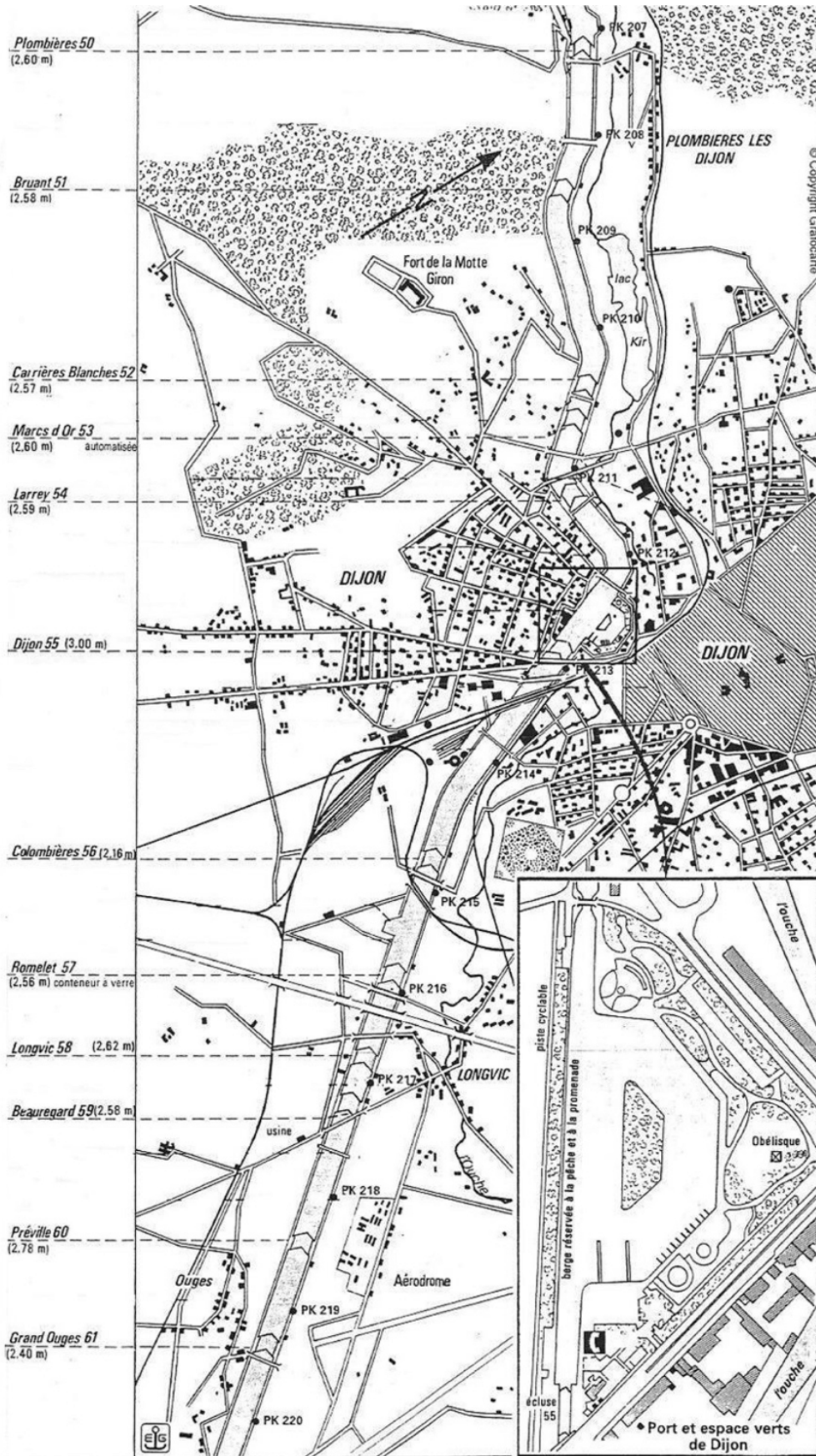
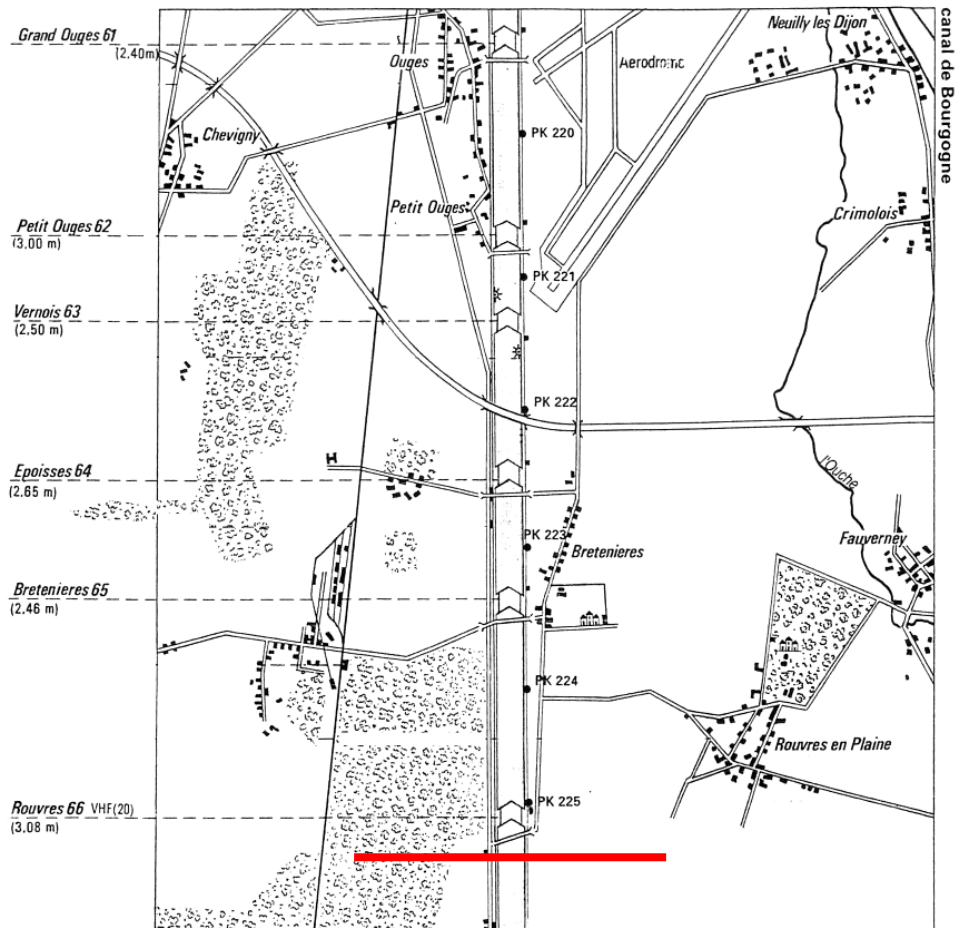


Figure N° 1 : Carte de situation et localisation des biefs







## **3 / Matériel et Méthodes**

### **3.1 / Cartographie**

Elle a été réalisée par une reconnaissance de l'ensemble du tronçon du canal colonisé par les plantes.

Cette reconnaissance effectuée à partir des chemins de halage a permis d'identifier les espèces présentes et d'évaluer les recouvrements par la végétation aquatique : recouvrements absolus totaux et recouvrements relatifs par espèce.

Afin de pouvoir localiser géographiquement cette colonisation végétale au long du tronçon, chaque bief a été découpé en secteurs de 200 m de longueur, considéré comme une "unité d'observation" sur laquelle ont été réalisées identifications et évaluations des recouvrements.

Une fiche de description (Annexe N°1) a été élaborée pour faciliter la prise d'informations sur le terrain.

### **3.2 / Prélèvements de biomasse**

Afin de préciser les quantités de plantes présentes dans le canal, des prélèvements ont été réalisés dans différents biefs, dans des zones de développements végétaux jugés représentatifs des modes d'occupation du canal. Lorsque les profondeurs de colonisation de ces sites ne dépassaient pas 1 à 1,2 m, les échantillons ont été prélevés directement à la main sur des surfaces de 1 m<sup>2</sup>, en utilisant un cadre carré de cette dimension.

Pour les profondeurs plus importantes dans le port de Dijon, il n'était pas possible de procéder de la même manière : les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un râteau à manche télescopique sur une superficie d'environ 30 cm de diamètre correspondant à la largeur du râteau.

### **3.3 / Prélèvements d'eau et de sédiments**

Les prélèvements d'eau destinés aux analyses chimiques ont été réalisés à l'aide de flacons plastiques et transportés directement au laboratoire de Lyon en glacières réfrigérées pour éviter toute détérioration des échantillons. Les échantillons destinés

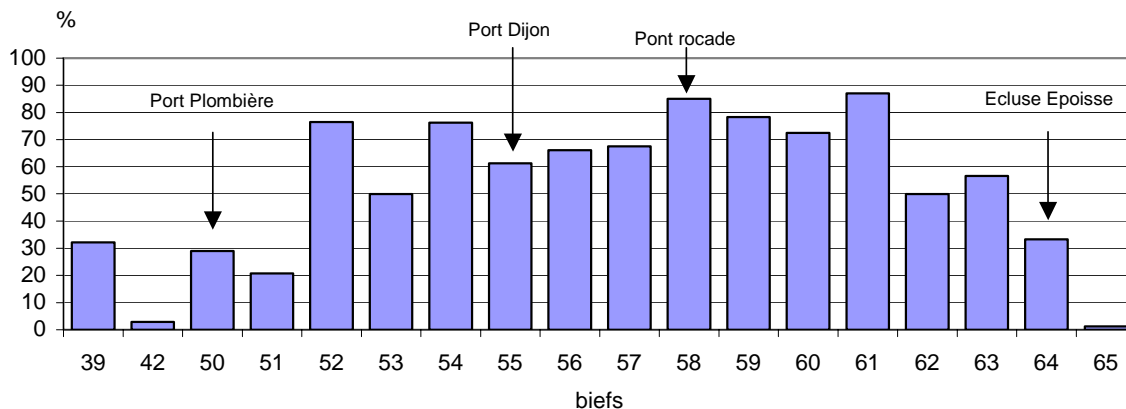
aux dosages des pigments chlorophylliens et aux déterminations ont été transportés dans les mêmes conditions et ramenés au laboratoire de Bordeaux pour ces analyses particulières.

Les sédiments ont été prélevés à l'aide d'une benne à mâchoires sur une épaisseur de 10 à 15 cm. L'objectif de ces prélèvements était d'obtenir un échantillon "moyen", plus représentatifs, a priori, qu'un unique prélèvement, issu de trois sous-échantillons provenant si possible de la zone d'axe du bief sur une centaine de mètres dans la partie aval du bief. Lors de la campagne d'échantillonnage, la difficulté de prélèvement de sédiments fins dans cette zone des biefs a conduit à réaliser ces sous-échantillons à proximité des berges (là où, d'ailleurs, se développent les plantes aquatiques) : 4 sous-échantillons ont donc été prélevés, 2 de chaque côté du bief, en quinconce, sur une centaine de mètres. Ils ont été prélevés de manière à ne pas récupérer trop de plantes et les corps grossiers (débris végétaux divers, racines, bois, coquillages) ont été retirés des prélèvements avant mélange. L'échantillon final a été mis en flacon puis conservé au froid avant envoi. Chaque échantillon a été scindé en deux parties, l'un transmis au laboratoire pour les analyses de nutriments, l'autre envoyé au laboratoire du Cemagref à Bordeaux pour des analyses ultérieures en complément de ce qui était prévu dans le projet d'étude.

## 4 / Occupation générale du site par les plantes

La colonisation végétale du canal a été estimée par les recouvrements totaux des plantes aquatiques, toutes espèces cumulées, dans les différents biefs du tronçon de canal : elle est présentée dans la figure N° 2.

Figure N° 2 : Pourcentages de recouvrement végétal moyen sur les différents biefs étudiés



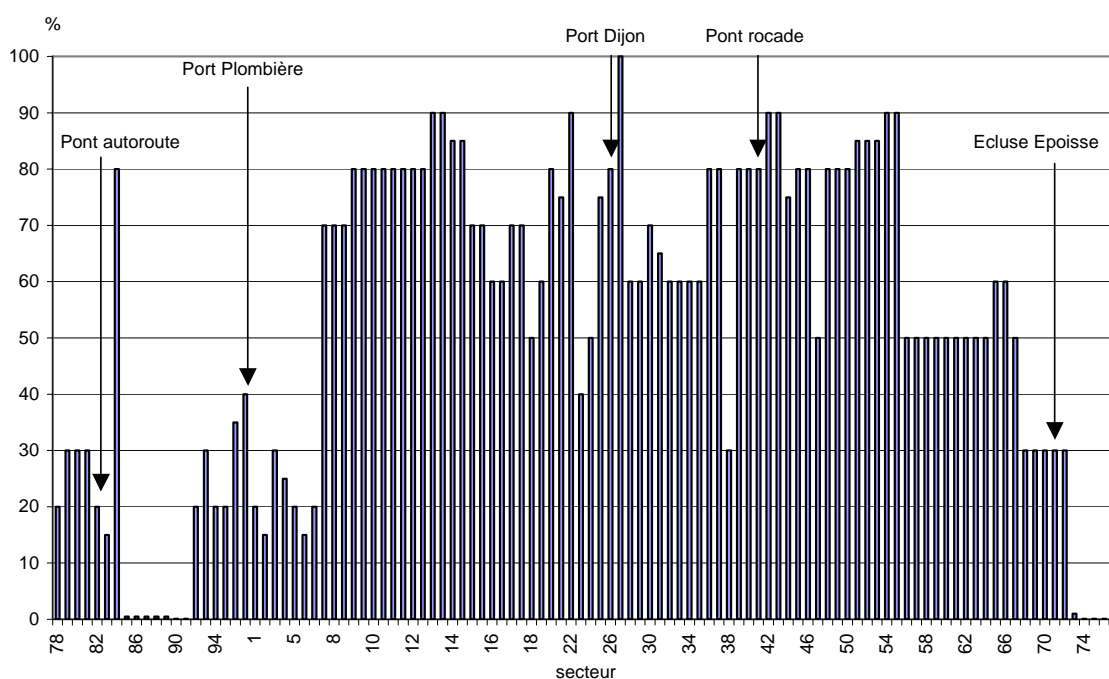
Les deux biefs amont du port de Plombières (39 et 42), d'où semble débuter la colonisation végétale ayant motivé la présente étude, sont colonisés de manière assez différente, respectivement d'environ 30 % et de moins de 5 %. A partir Du bief 50 dans lequel se trouve le port de Plombières les Dijon où elle est bien visible, la colonisation augmente de manière relativement régulière jusqu'au bief 61, pour diminuer rapidement et quasiment disparaître dans le bief 65. Cette colonisation est très importante puisque sur les 18 biefs étudiés, sept d'entre eux présentent des recouvrements supérieurs à 70 %, dont deux supérieurs à 80 %.

Un examen plus précis des caractéristiques de cette colonisation montre qu'au sein d'un même bief, les recouvrements totaux peuvent varier de manière significative selon les secteurs, entre l'amont et l'aval (Figure N° 3). Une analyse plus complète resterait à réaliser sur ce point pour vérifier si une succession amont aval est



décelable qui pourrait être liée, par exemple, aux conditions d'écoulements dans le bief, aux dépôts sédimentaires qui peuvent se produire à proximité des écluses, etc. Signalons que dans un tronçon situé immédiatement en aval du port de Dijon, le recouvrement était d 100 % ; dans 7 tronçons le recouvrement atteignait 90 % et dans plus de 20, le recouvrement était au moins de 80 % ce qui pour ce type de milieu, relativement profond et assez fréquenté par des bateaux, est une valeur très élevée.

Figure N° 3 : Evolution des pourcentages de recouvrement végétal sur les secteurs étudiés



## 5 / Les plantes aquatiques présentes

Le tableau N° 1 rassemble les données obtenues sur la répartition et l'importance relative des différentes espèces de plantes immergées ou à feuilles flottantes observées sur le canal. Parmi ces espèces figurent une espèce exotique, *Cabomba caroliniana*, ayant fait l'objet de l'intérêt médiatique et diverses espèces indigènes, moins exceptionnelles, dont certaines relativement abondantes sur le tronçon de canal étudié.

La fréquence d'apparition a été calculée à partir des informations recueillies sur les secteurs d'étude : elle indique le pourcentage de secteurs où l'espèce considérée a été observée, sans référence à son abondance.

Les pourcentages de recouvrement moyen et extrêmes de chaque espèce sont des valeurs relatives, calculés à partir des données de recouvrement évaluées sur les secteurs. Les valeurs maximales peuvent atteindre 100 % dans certains secteurs où cette espèce composait l'ensemble des plantes présentes.

Quelques autres plantes émergées, colonisant les zones de rives peu profondes correspondant généralement à des zones d'érosion des rives et de dépôts de sédiments fins en bordure du canal, ont été également observées. Elles sont citées ici pour mémoire car elles ne présentent que des développements limités sans impact apparent sur le fonctionnement du canal. *Scirpus lacustris*, le jonc des chaisiers a été observé dans 11 % des secteurs étudiés, les trois autres espèces, l'acore (*Acorus calamus*), la baldingère (*Phalaris arundinacea*) et la salicaire (*Lythrum salicaria*) ont été notées seulement dans quelques secteurs.

Hormis *C. caroliniana*, espèce exotique très appréciée des aquariophiles, toutes les espèces observées sont des plantes relativement ubiquistes, fréquemment rencontrées dans les milieux aquatiques.

Les six premières espèces du tableau N° 1 font l'objet d'une fiche de présentation dans la suite du rapport. Elles présentent des fréquences d'apparition supérieures à 40 %.

Tableau N° 1 : Fréquence (F %) et valeurs de pourcentage de recouvrement relatif par secteur des plantes immergées ou à feuilles flottantes observées sur le tronçon étudié  
(les valeurs sont présentées à 0,1 % près, sauf pour celles inférieures au %)

plante	F (%)	% de recouvrement		
		minimum	moyen	maximum
<i>Myriophyllum spicatum L.</i>	93	0	26.6	100
<i>Najas marina</i>	76	0	8.3	50
<i>Cabomba caroliniana</i>	70	0	26.5	100
<i>Najas minor</i>	54	0	21.9	82
<i>Vallisneria spiralis</i>	53	0	14.2	67
<i>Ceratophyllum demersum</i>	45	0	3.6	30
<i>Nuphar lutea</i>	30	0	1.4	50
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	28	0	0.5	5
<i>Potamogeton pectinatus</i>	24	0	2.5	25
<i>Potamogeton lucens</i>	8	0	0.04	1
<i>Veronica anagalis</i>	6	0	0	<0,05
<i>Polygonum amphibium</i>	5	0	0	<1
<i>Ranunculus circinatus</i>	5	0	0.06	3
<i>Sparganium emersum</i>	3	0	0	<1
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	2	0	0	<0,01
<i>Octodryceras fontanum</i>	1	0	0	<1
<i>Potamogeton nodosus</i>	1	0	0	<1
<i>Glyceria aquatica</i>	< 1	X	X	X
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	< 1	X	X	X

x = présence de pieds isolés ou d'herbiers de très petites dimensions

Les autres espèces présentes sont le nénuphar jaune (*Nuphar lutea*), le potamot perfolié (*Potamogeton perfoliatus*), le potamot pectiné (*Potamogeton pectinatus*), le potamot luisant (*Potamogeton lucens*), la véronique (*Veronica anagalis*), la renouée aquatique (*Polygonum amphibium*), la renouée divariquée (*Ranunculus circinatus*), le rubanier simple (*Sparganium emersum*), la sagittaire (*Sagittaria sagittifolia*), le

potamot des rivières (*Potamogeton nodosus*), la glycérie flottante (*Glyceria aquatica*) et le myriophylle verticillé (*Myriophyllum verticillatum*).

Elles sont moins fréquentes que les précédentes (30 % au maximum) et présentent des recouvrements moyens inférieurs à 3 %. Elles peuvent être considérées comme négligeables en regard de la colonisation actuelle du canal mais certaines d'entre elles sont susceptibles de coloniser de tels milieux, comme en particulier le potamot pectiné. Leur présence apporte également des renseignements sur la qualité écologique du canal.

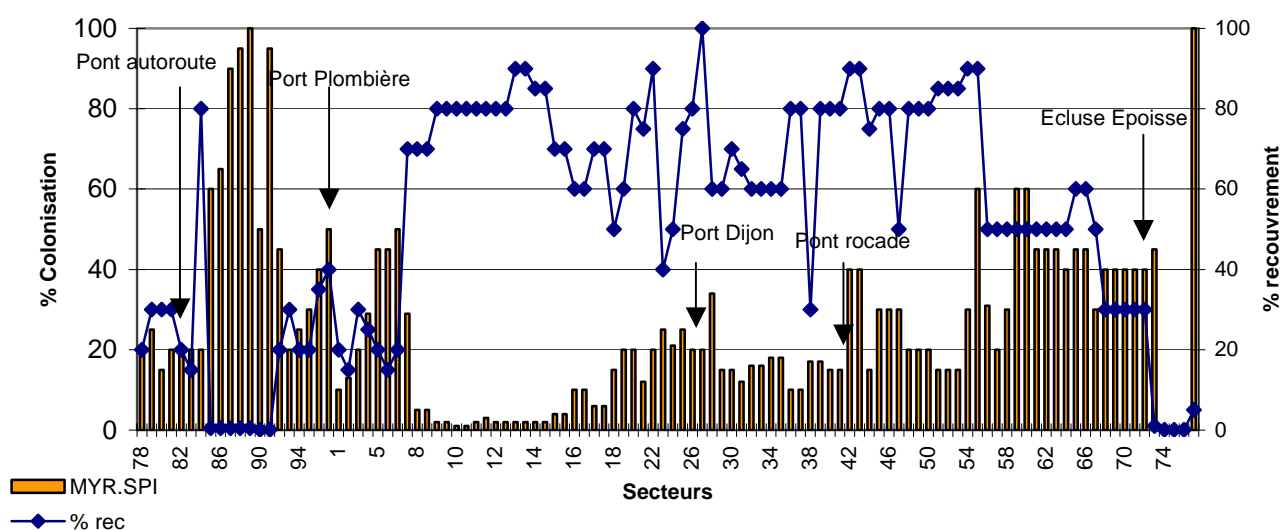
Les recouvrements sont très variables selon les secteurs : seules deux espèces, *Myriophyllum spicatum* et *C. caroliniana* présentent des recouvrements maximaux de 100 % sur certains secteurs et un recouvrement relatif moyen légèrement supérieur à 26 %. *M. spicatum* est d'ailleurs l'espèce la plus présente sur le canal, juste devant *C. caroliniana*.

Des informations sont disponibles sur l'ensemble des plantes indigènes citées ici, dans la base de données de l'Inventaire national du Patrimoine Naturel du Muséum National d'Histoire Naturelle (<http://inpn.mnhn.fr>) dont la page d'accès direct à la recherche par espèce est <http://inpn.mnhn.fr/inpn/fr/biodiv/species/search.htm>,

## 5.1 / *Myriophyllum spicatum* (myriophylle en épi)

La figure N° 4 présente la colonisation des secteurs étudiés par cette espèce. Le recouvrement végétal total par secteur est également représenté sur cette figure (ligne bleue avec des figurés en losange). Cette information est également présente sur les figures présentant les colonisations des autres espèces dominantes.

Figure N° 4 : Colonisation par *M. spicatum*



La plante est très présente dans la partie amont du tronçon étudié pour presque disparaître à l'aval du port de Plombières ; elle est de nouveau présente à partir du port de Dijon pour atteindre des recouvrements relatifs assez réguliers de 40 à 60 % dans la partie plus en aval, sauf dans le bief 65 où elle est soit quasi absente, soit constituant toute la colonisation du secteur.

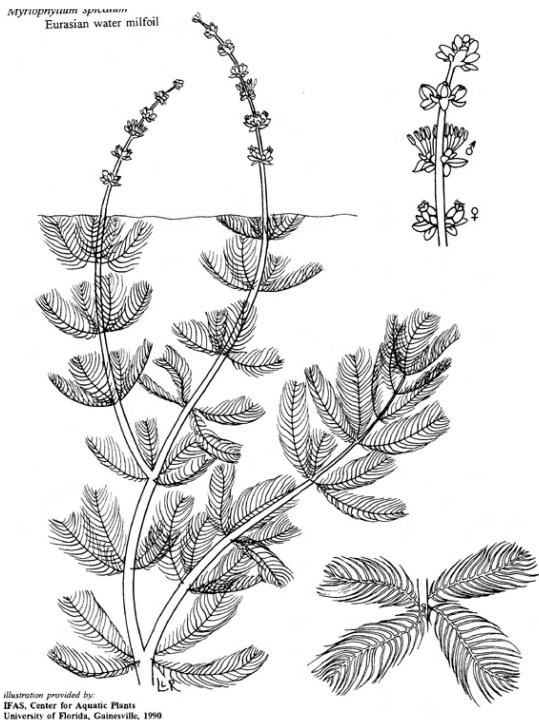
Appartenant à la famille des Haloragacées, qui comporte en France trois espèces indigènes immergées et une espèce amphibie exotique, *Myriophyllum spicatum* est une plante immergée avec un enracinement relativement superficiel. Ses tiges sont grêles et ramifiées et peuvent mesurer plus de 3 m plus de longueur, elles sont souvent de couleur rougeâtre.

Les feuilles sont disposées en verticilles par 3 ou 4, c'est à dire qu'elles sont attachées au même endroit sur la tige ; elles sont divisées en fines lanières (13 à 35 segments) généralement de moins de 1 cm de longueur.

Les fleurs, roses, sont petites (environ 1 mm de diamètre) et verticillées sur un épi dressé dès le début de la floraison et dépassant légèrement à la surface de l'eau (voir Figure N° 5).

## Figure N° 5 : *Myriophyllum spicatum*

(Dessin : IFAS, Center for Aquatic plants,  
Gainesville, Floride)



Dans les zones de faible profondeur, *M. spicatum* développe des tiges au feuillage dense en surface, donnant une impression de forte occupation de la surface des eaux mais avec une biomasse relativement faible. En eau plus profonde, la biomasse se répartit plus régulièrement dans la colonne d'eau. Les biomasses sèches dépassent d'ailleurs rarement 400 g/m<sup>2</sup>.

La profondeur influence aussi la morphologie de la tige : en eau profonde, les tiges sont longues et fines, alors qu'elles sont plus courtes et plus robustes en eau moins profonde.

L'espèce peut se reproduire par ses graines mais dans la plupart des cas, un bouturage issue de la fragmentation des tiges lui suffit pour coloniser de nouveaux sites : il est probable qu'elle est favorisée dans ce domaine par la navigation de plaisance du canal.

*M. spicatum* est une espèce pérenne qui passe l'hiver sous forme de courtes tiges vert brillant. Ces tiges s'allongent au printemps pour atteindre la surface généralement en début d'été. La floraison a souvent lieu de juin en juillet.

La fragmentation ultérieure des tiges donne naissance aux individus qui passeront l'hiver.

Cette espèce se rencontre dans les milieux courants ou stagnants : cours d'eau, mares, étangs, lacs : elle est très cosmopolite et assez commune en France mais du fait de son enracinement relativement superficiel, elle ne tolère que des courants modérés et préfère les milieux non agités. Elle est capable de se développer sur de nombreux types de substrats avec apparemment une préférence pour les sédiments fins.

Elle possède une vaste amplitude thermique de développement mais son optimum de croissance se situerait entre 16 et 32°C.

Elle présente une grande compétitivité vis-à-vis des autres plantes immergées et elle est considérée comme une espèce colonisatrice très efficace capable de dominer des communautés de macrophytes pendant de nombreuses années. Toutefois dans d'autres situations elle a disparu très rapidement sans que l'on puisse en déterminer les causes.

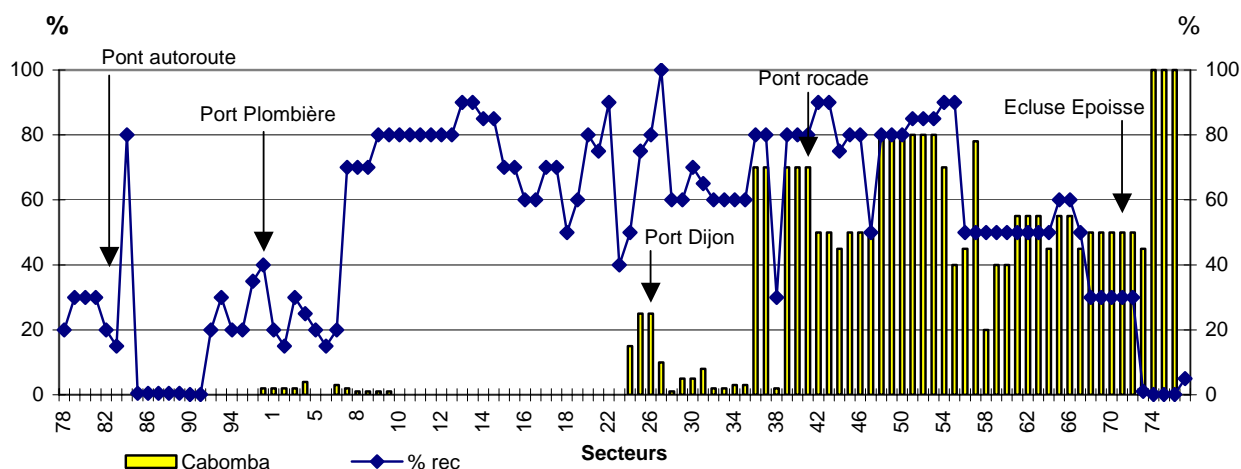
Espèce européenne et asiatique introduite en Amérique du Nord depuis les années 1970, *M. spicatum* y cause de nombreuses nuisances au Canada et dans environ 30 états des U.S.A : elle y est considérée comme une espèce envahissante majeure.

## 5. 2 / *Cabomba caroliniana* (cabomba de Caroline)

La figure N° 6 présente la colonisation du tronçon étudié par *C. caroliniana*.

Présente de manière épisodique dans toute la partie amont du tronçon de canal étudié, elle est bien visible dans le port de Plombières, point le plus amont observé. Elle est apparemment absente du canal jusque vers le port de Dijon et sa colonisation augmente très fortement un peu en amont du pont de la Rocade avec des recouvrements relatifs de 50 à 80 %, voire même de 100 % dans la plupart des secteurs du bief 65.

Figure N° 6 : Colonisation par *C. caroliniana*

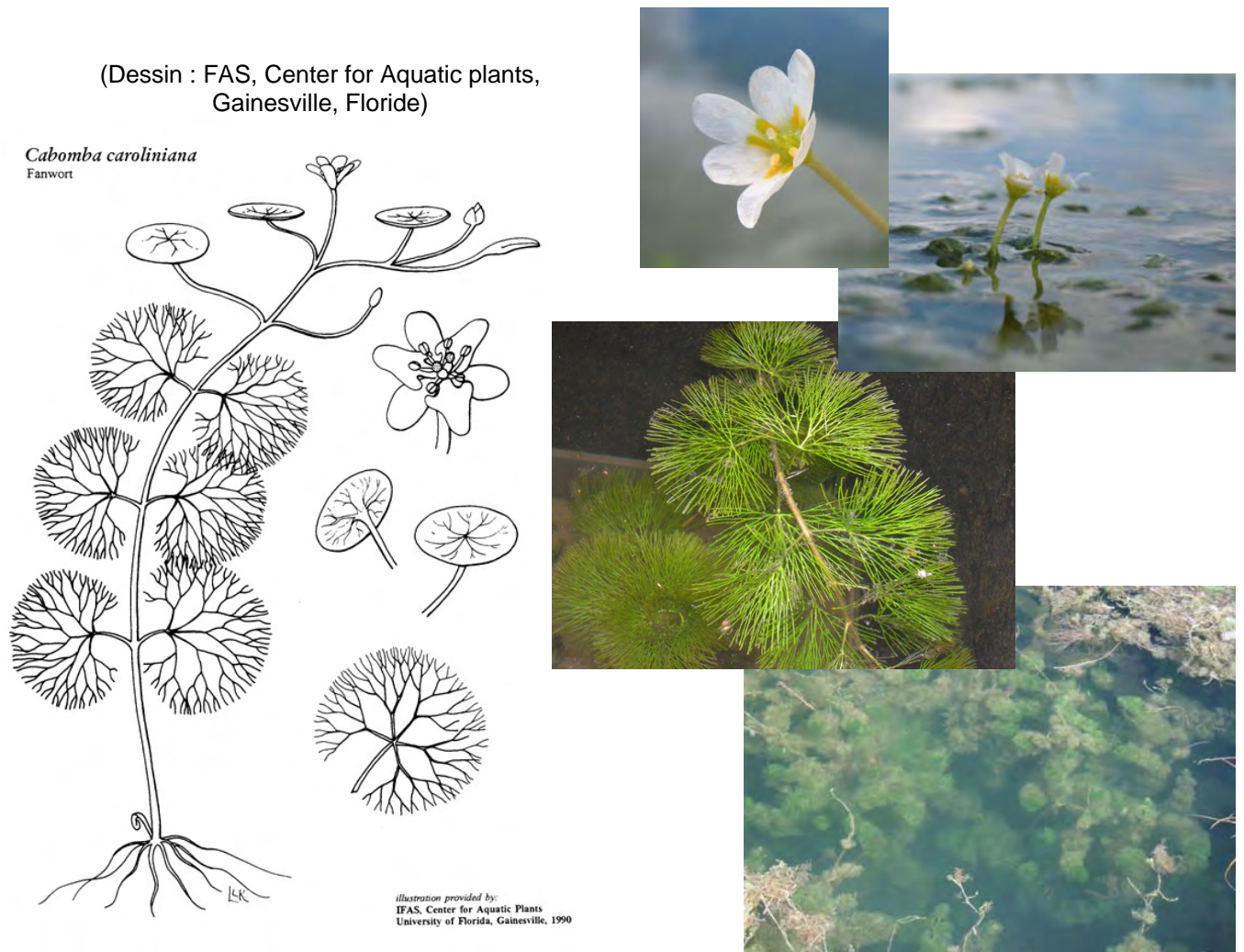


Cette plante originaire du Sud Est des Etats Unis d'Amérique est maintenant connue dans une très grande partie de la planète à la fois comme une plante d'aquarium esthétique et facile à faire croître en milieu contrôlé et comme une plante exotique envahissante en milieu naturel qu'il est difficile de gérer. Une consultation sur Internet avec son nom latin donne accès à de très nombreux sites d'aquariophilie puis, dans une moindre proportion, à des sites donnant des informations sur les nuisances qu'elle cause et les moyens de sa régulation.

Appartenant à la famille des Cabombacées, proche de la famille des nénuphars ou Nymphéacées, *Cabomba caroliniana* A. Gray, plante enracinée, présente des tiges feuillées pouvant dépasser 1,5 m de longueur. Ses feuilles submergées en éventail pouvant atteindre 7 à 10 cm d'envergure sont formées d'une arborescence de filaments très fins : elles sont groupées par deux à chaque nœud de la tige. Sa couleur varie de vert pâle à vert foncé. Des feuilles flottantes allongées d'environ 1,5 cm de long sur 1,0 cm de large sont aussi présentes lorsque la plante affleure la surface des eaux. Les fleurs de cette espèce sont blanches avec un pistil jaune et d'un diamètre inférieur à 2 cm (Figure N° 7).



Figure N° 7 : *Cabomba caroliniana*



Ses tiges fragiles, facilement fragmentables, et son feuillage fin, ainsi que sa forte capacité de bouturage en font une espèce qui peut facilement se disperser dans des biotopes favorables et présente de ce fait une très forte potentialité de colonisation. Cette capacité de bouturage est d'ailleurs un des arguments de vente de cette plante auprès des aquariophiles.

Hors sa région d'origine, elle semble se reproduire seulement par reproduction végétative, c'est à dire par fragmentation des tiges.

Elle se développe préférentiellement dans des eaux stagnantes ou faiblement courantes, à des profondeurs n'excédant généralement pas 3 m, et peut donc coloniser des zones humides diverses, des étangs, des lacs, des parties basses de cours d'eau et des canaux.

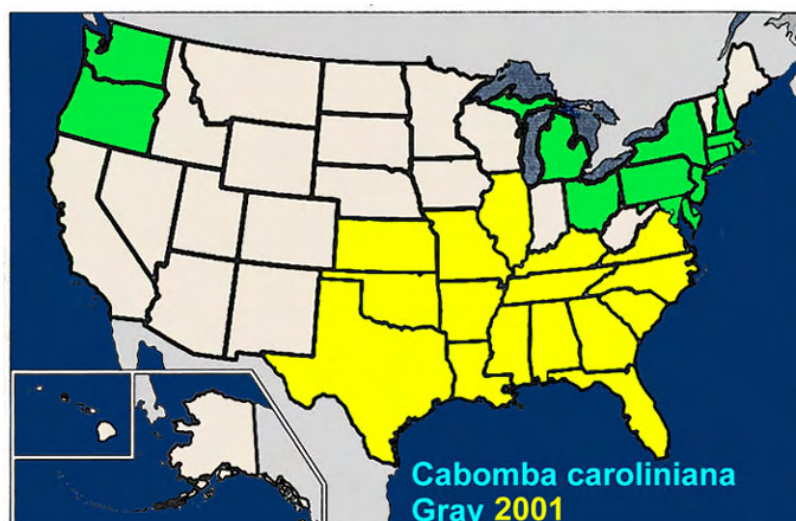
Bien que d'origine sub-tropicale, elle est capable de se développer dans des eaux relativement fraîches ne dépassant pas 25 °C ; elle peut supporter des températures hivernales relativement basses pour se développer de nouveau au printemps suivant. Elle n'est pas considérée comme une espèce tropicale typique dans la mesure où elle est capable de supporter des journées plus courtes en hiver et peut hiverner avec une faible luminosité.

Elle semble s'accommoder d'une large gamme de pH et se développe préférentiellement dans des eaux riches en éléments nutritifs (azote et phosphore) qu'elle peut également puiser par ses racines directement dans les eaux interstitielles des sédiments.

*C. caroliniana* est originaire du Sud du Brésil, du Paraguay, de l'Uruguay et du Nord Est de l'Argentine. Elle est également considérée comme indigène dans divers états du sud est des Etats Unis d'Amérique (EUA) (Figure N° 8).

### Figure N° 8: Répartition de *Cabomba caroliniana* dans les Etats Unis d'Amérique

(en jaune, les états où elle est considérée comme indigène, en vert, les états où elle est considérée comme exotique et envahissante ; source de la carte : University of Florida, Center for Aquatic and Invasive Plants)



Elle a été introduite au Pérou, au Canada (en particulier dans l'état d'Ontario), dans divers états du nord est et du nord ouest des EUA, en Asie (Inde, Chine, Malaisie), en Nouvelle Guinée et en Australie : les informations dont nous disposons indiquent que sa présence aux Etats Unis, au Canada et en Australie cause des nuisances importantes amenant à la mise en place de programmes de régulation de son développement.

En Europe, elle est présente dans plusieurs canaux latéraux au Danube en Hongrie dans la région de Budapest (Sipos *et al.*, 2003), dans le Danube lui-même dans le sud de la Hongrie (Janauer & Stetak, 2003) et en Roumanie depuis 1950 ; elle ne semble pas présente dans le delta du Danube. Elle se trouve depuis 1998 dans un étang de pêche en Belgique (Denys *et al.*, 2003) et en Grande Bretagne dans deux canaux depuis 1969 : elle semble se maintenir dans ces sites. Elle a également été observée dans deux endroits en Suède (Preston & Croft, 1997).

Pour ce qui concerne le territoire français, sa présence dans le canal de Bourgogne est la première indication en milieu naturel dont nous ayons connaissance.

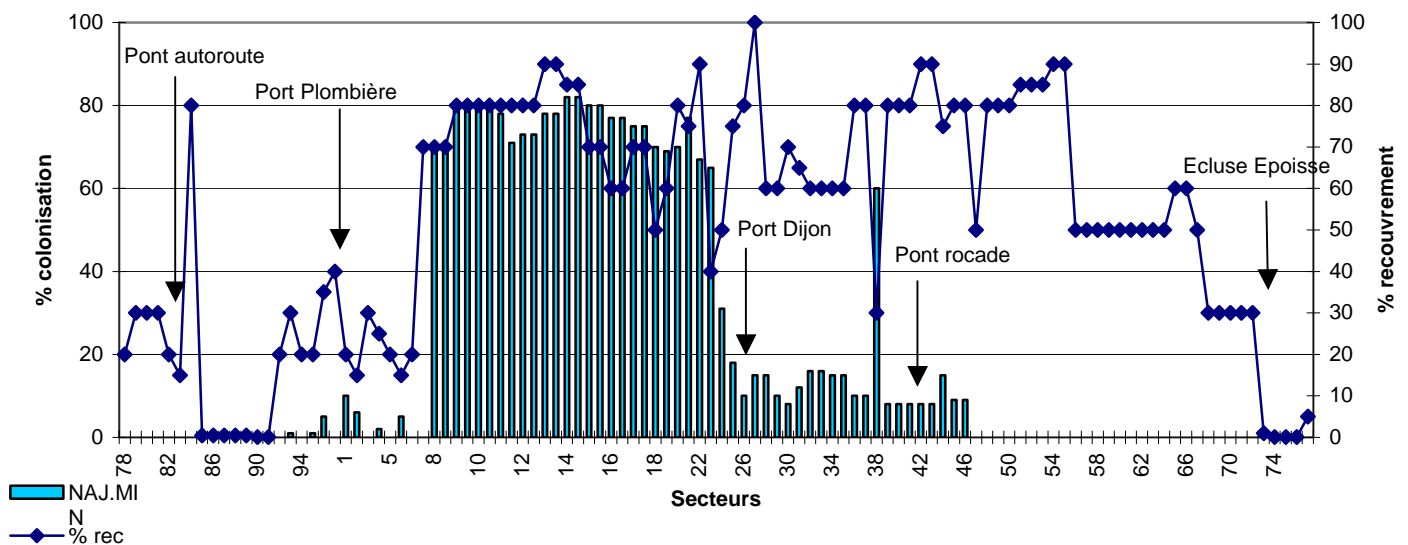
Son extension hors de sa région d'origine est la conséquence probable de la navigation de plaisance pour ce qui concerne les états nouvellement colonisés des EUA, ou de vidanges d'aquariums conduites sans précaution, particulièrement pour ce qui concerne sa présence dans d'autres continents, ce qui est probablement le cas pour la Bourgogne.

Une fois établie dans un site, cette plante peut former des peuplements denses qui occupent toute la lame d'eau en bordure des milieux aquatiques et gêner de ce fait les usages de ces milieux et entrer en compétition avec les plantes indigènes;

## 5. 3 / *Najas minor* (petite naïade)

La figure N° 9 présente la colonisation par *N. minor* du tronçon de canal étudié.

Figure N° 9 : Colonisation par *Najas minor*



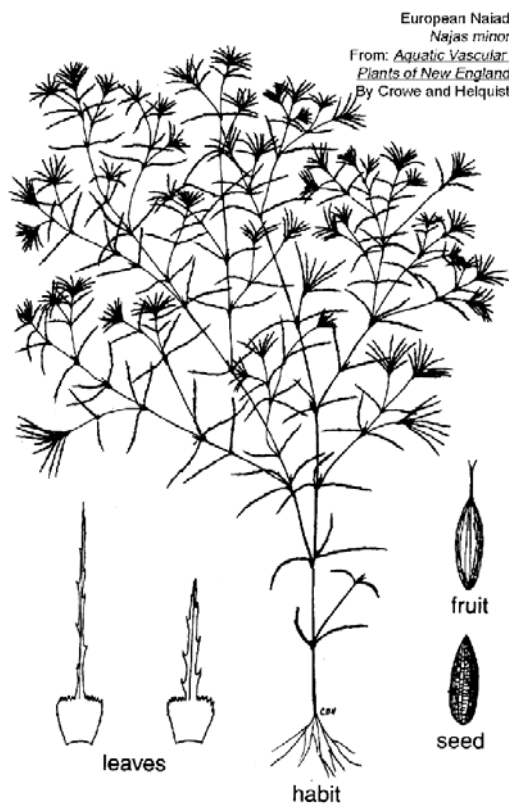
Présente de manière sporadique dans la partie amont du tronçon étudié, cette espèce colonise de manière très importante les biefs 52 à 54 et diminue très fortement juste avant le port de Dijon pour disparaître en aval du pont de la Rocade.

La taxinomie de cette plante est variable : citée dans les Najadacées, le genre *Najas* est inclus par d'autres auteurs dans la famille des Hydrocharitacées. Il est représenté en France par quatre espèces dont deux indigènes : *N. minor* et *N. marina* qui est également présente dans le canal.

*N. minor* est une plante immergée enracinée, aux tiges ramifiées pouvant atteindre plus de 1 m de longueur mais se présentant souvent avec des tailles inférieures à 0,5 m. Les tiges de cette espèce sont lisses, ce qui la différencie de *N. marina*. Les feuilles sont opposées ou verticillées par 3 (Figure N° 10). Généralement arquées, de forme linéaire, mesurant 1 à 2 mm de largeur et 1 à 5 cm de longueur, elles présentent des dents visibles sur le bord du limbe, caractère distinctif du genre.

Les herbiers de cette espèce peuvent être extrêmement denses et mono-spécifiques. La floraison a lieu de juin à août mais ses fleurs sont petites et peu visibles, à l'aisselle des feuilles. La pollinisation est intra-aquatique.

Figure N° 10 : *Najas minor*



C'est une plante annuelle dont la multiplication végétative, par allongement et fragmentation des tiges semble relativement rare : la plante se reproduit majoritairement par voie sexuée. Les graines produites mesurent de 1,5 à 3 mm de longueur et restent attachées aux tiges qui peuvent se fragmenter et faciliter ainsi la dispersion de la plante. Les graines peuvent également être disséminées par divers animaux dont les oiseaux.

Les milieux favorables à cette plante sont stagnants ou à faible courant (plans d'eau, rivières et canaux) jusqu'à des profondeurs relativement importantes dépassant 3 m.

C'est une plante jugée assez erratique en effet, le maintien des populations d'une année sur l'autre dépend directement du succès de sa reproduction et de sa dispersion dans le site.

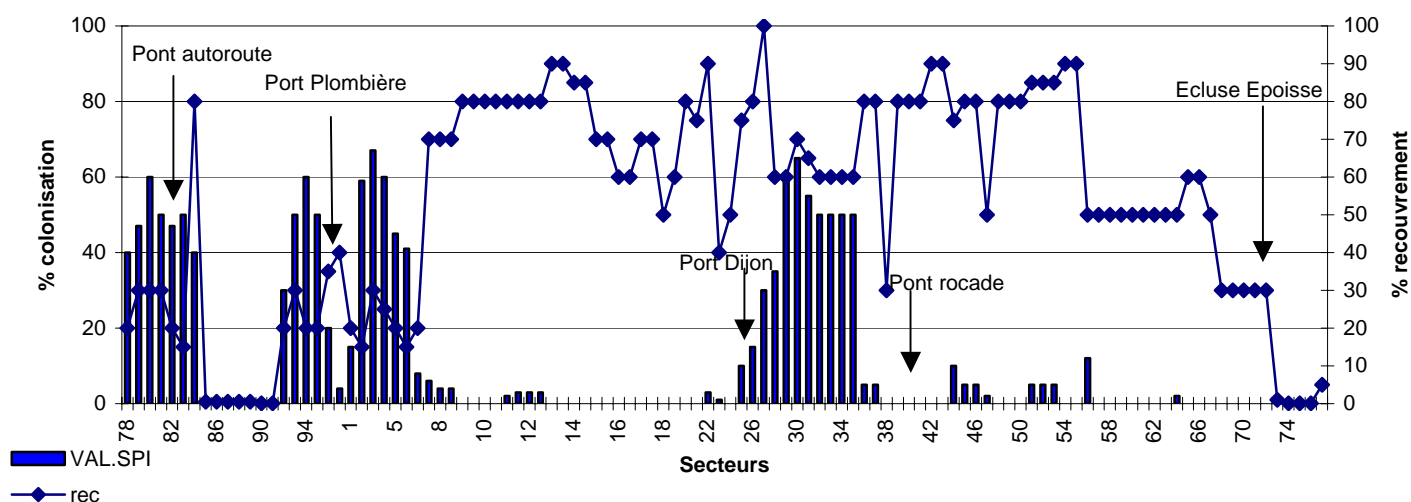
Elle n'est pas très fréquente et est considérée en régression dans diverses régions de France où elle est protégée (régions Alsace, Franche Comté, Pays de la Loire, Aquitaine et Rhône-Alpes). Elle est considérée comme une espèce indicatrice des plans d'eau eutrophes avec végétation enracinée, avec ou sans feuille flottantes (Code Natura 2000 3150).

C'est une plante envahissante en Amérique du Nord où elle cause des nuisances importantes dans l'Est des Etats Unis et au Canada.

## 5. 4 / *Vallisneria spiralis* (vallisnérie en spirale)

La figure N° 11 présente la colonisation par *V. spiralis* du tronçon de canal étudié.

Figure N° 11 : Colonisation par *Vallisneria spiralis*



Cette plante est présente de manière notable dans trois zones du tronçon étudié : dans le bief 39 le plus en amont, de part et d'autre du port de Plombières et à partir du port de Dijon dans le bief 56 : ses recouvrements relatifs sont de l'ordre de 40 à

60 %. Elle est également présente, très sporadiquement, dans quelques secteurs à l'amont du port de Dijon et en aval du pont de la Rocade.

Appartenant à la famille des Hydrocharitacées, cette plante est, selon les informations en notre possession, la seule espèce de ce genre, qui en compte trois, présente en France.

Cette plante immergée est stolonifère (Figure N° 12). Les feuilles sont toutes en rosette basale insérées sur un axe court, en ruban allongé de 0,5 à 0,8 cm de large pour des longueurs pouvant dépasser 60 cm en fonction de la profondeur où se trouve le pied. Ces feuilles rubanées sont souples et présentent des dents visibles à leur extrémité.

La reproduction végétative par les stolons est très importante. Les densités de cette plante peuvent être extrêmement importantes et atteindre près de 1000 rosettes par m<sup>2</sup> dans des biotopes très favorables.

### Figure N° 12 : *Vallisneria spiralis*

(Dessin : Engler & Prantl. 1889. Die Naturlichen Pflanzenfamilien II. 1. Fig. 185)

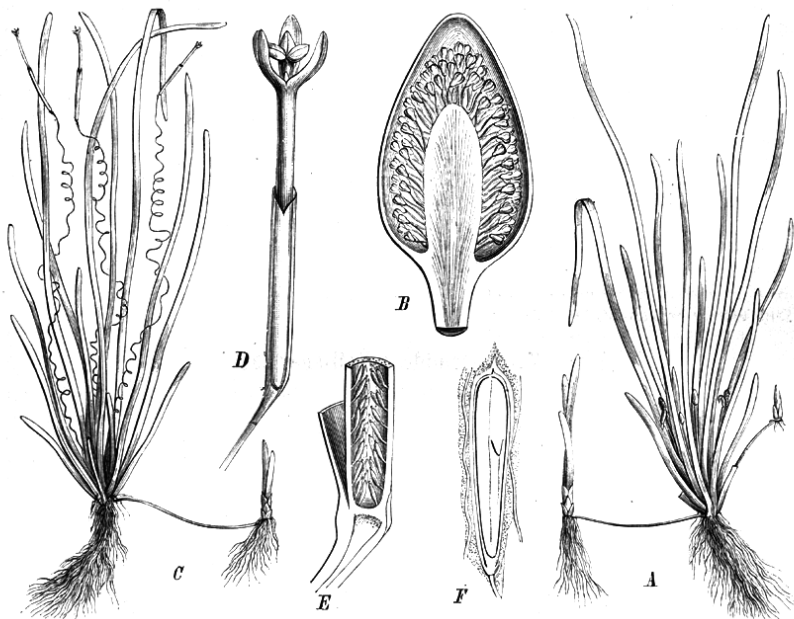


Fig. 185. *Vallisneria spiralis* L. A eine ♂ Pfl., verkl.; B ♂ Spatha der Länge nach durchschnitten, vergr.; C ♀ Pfl., verkl.; D ♀ Bl. mit ihrer Spatha, vergr.; E untere Hälfte des Frkn., der Länge nach durchschnitten, vergr.; F S., der Länge nach durchschnitten, mit der nach unten gerichteten Plumula, stark vergr. (Nach Schnizlein.)



Les fleurs sont petites, d'environ 5 mm de diamètre. Les fleurs mâles se détachent de la plante et viennent flotter à la surface de l'eau. Les fleurs femelles, également produites sous l'eau, se trouvent à l'extrémité d'un pédoncule allongé et très fin. Ce pédoncule les porte jusqu'à la surface où elles peuvent alors être fécondées. Le pédoncule s'enroule en spirale après la fécondation, ce qui donne son nom à la plante. Les fruits mûrissent ensuite sous l'eau et peuvent comporter 200 à 400 graines.

*V. spiralis* peut s'installer sur de nombreux types de sédiments, depuis les graviers jusqu'aux limons mais les sables vaseux sont les substrats les plus favorables. Elle colonise de préférence les milieux stagnants ou à faible courant (plans d'eau, rivières, canaux) jusqu'à une profondeur de 1 m.

La gamme de températures favorables est de 16 à 31 °C et il semblerait qu'elle soit favorisée par des élévations de température dans les cours d'eau soumis à des pollutions thermiques.

Cette plante est largement répandue sur le globe, en Afrique, en Asie, en Australie et en Europe. Elle est présente depuis la Hongrie jusqu'au Portugal et se trouve dans de nombreux sites en France.

C'est une espèce rare dans diverses régions françaises et elle est protégée en Lorraine, Aquitaine et en Provence Alpes Côte d'Azur.

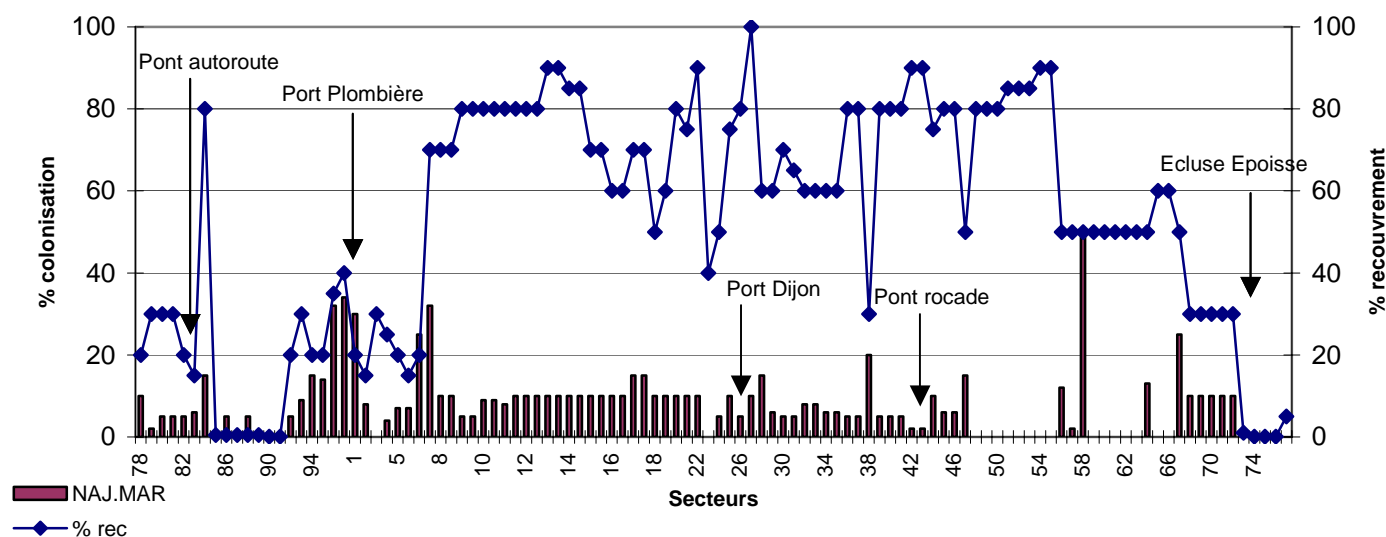
## 5. 5 / *Najas marina* (grande naïade)

La figure N° 13 présente la colonisation par *N. marina* du tronçon de canal étudié.

Cette plante a été observée assez régulièrement sur l'ensemble du tronçon mais avec des recouvrements relatifs généralement faibles (valeur moyenne de 8,3 %). Quelques valeurs dépassent 30 % aux alentours du port de Plombières et un seul secteur du bief 62 montrait un recouvrement de 50 %.



Figure N° 13 : Colonisation par *N. marina*



Du même genre que *N. minor* précédemment décrite, cette plante en diffère par la taille des feuilles et la présence d'épines sur la tige elle-même.

*N. marina* est une plante immergée enracinée (Figure N° 14), aux tiges ramifiées pouvant atteindre plus de 1 m de longueur mais se présentant souvent avec des tailles inférieures à 0,5 m. Les tiges de cette espèce sont épineuses et ces épines sont perceptibles lorsqu'on saisit la plante. Les feuilles sont opposées ou verticillées par 3. Généralement arquées, de forme linéaire, mesurant 2 à 4 mm de largeur et 3 à 4 cm de longueur et présentent également des dents visibles sur le bord du limbe et la nervure principale.

Tout comme pour l'autre espèce, les herbiers de cette espèce peuvent être extrêmement denses et mono-spécifiques.

La floraison a lieu de juin à août mais ses fleurs sont petites et peu visibles, à l'aisselle des feuilles. La pollinisation est intra-aquatique.

Cette plante annuelle se reproduit majoritairement par voie sexuée. Les graines produites peuvent être transportées par les eaux ou les animaux et germent dans des sédiments fins.

Figure N° 14 : *Najas marina*



Les milieux favorables à cette plante sont stagnants ou à faible courant (plans d'eau, rivières et canaux) jusqu'à des profondeurs relativement importantes dépassant 3 m. Ce sont des milieux d'eau douce ou saumâtre. Les sédiments favorables à son développement sont très variables, de sables plus ou moins grossiers à des vases organiques, voire à des substrats de nature tourbeuse.

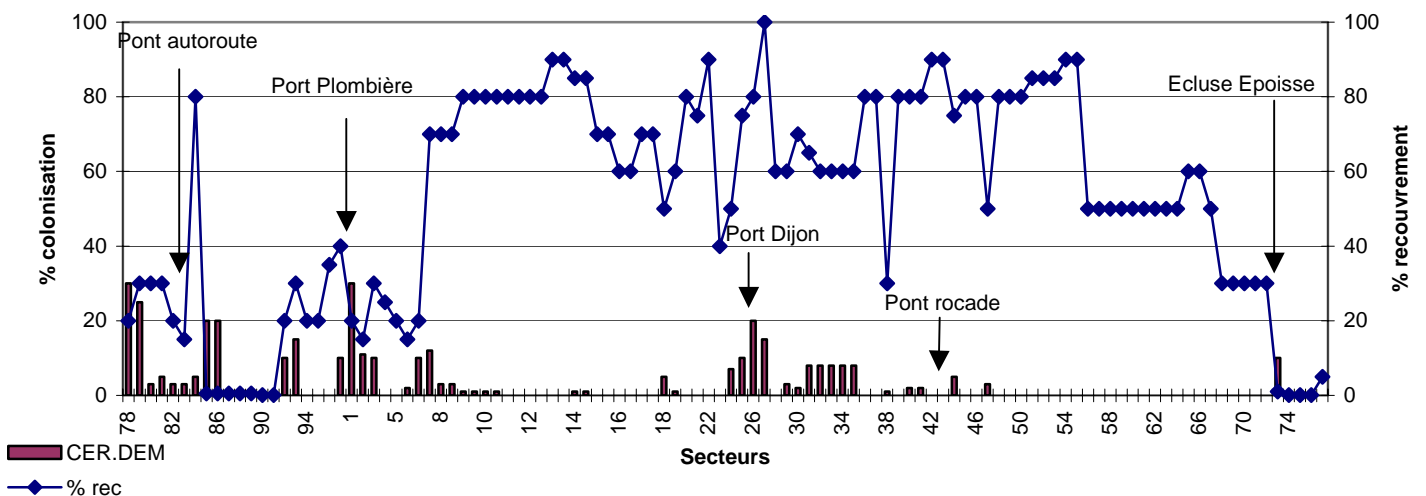
Comme pour *N. minor*, le maintien des populations d'une année sur l'autre dépend directement du succès de sa reproduction et de sa dispersion dans le site, ce qui peut expliquer une soudaine présence ou une disparition.

*N. marina* est une espèce cosmopolite : elle est assez largement distribuée en France mais rarement en grands développements. Elle est protégée dans les régions Aquitaine, Rhône-Alpes et Franche-Comté.

## 5. 6 / *Ceratophyllum demersum* (cornifle)

La figure N° 15 présente la colonisation par *C. demersum* du tronçon de canal étudié.

Figure N° 15 : Colonisation par *C. demersum*



Cette espèce est peu fréquente (45 % des secteurs) et ses recouvrements relatifs restent peu importants avec des valeurs maximales de 30 % pour quelques secteurs. Elle est présente de manière sporadique dans la partie amont du tronçon étudié, jusqu'en début du bief 52 et se retrouve vers le port de Dijon, jusque vers le pont de la Rcade.

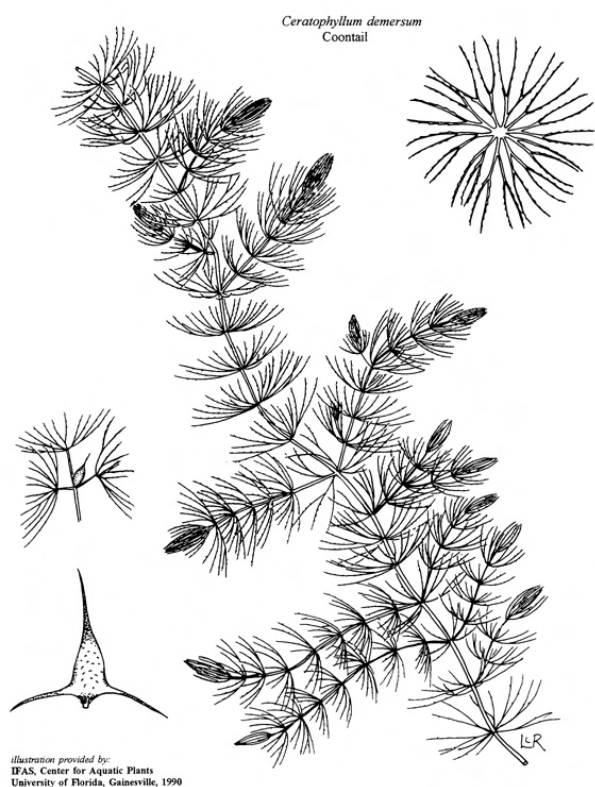
*C. demersum* est une plante immergée appartenant à la famille des Haloragacées. Il s'agit de l'espèce de ce genre la plus répandue en France. Une à quatre autres espèces selon les auteurs seraient présentes sur le territoire métropolitain.

Elle présente des tiges très ramifiées à nœuds rapprochés pouvant mesurer plus de 3 m de longueur. Les feuilles sont généralement vert sombre, verticillées, divisées une à deux de façon dichotome (Figure N° 16).

La plante ne présente pas de véritables racines et s'ancre dans le substrat à l'aide de feuilles modifiées, appelées rhizoïdes.

## Figure N° 16 : *Ceratophyllum demersum*

(Dessin : IFAS, Center for Aquatic plants,  
Gainesville, Florida)



Les fleurs sont très petites et sont peu visibles, à l'aisselle des feuilles. La pollinisation a lieu sous l'eau. Les fruits produits sont noirs et longs de 4 à 5 mm. Lorsqu'ils sont mûrs, les fruits coulent et pourront germer au printemps suivant. Ce mode de dissémination est donc relativement peu efficace.

La multiplication végétative a lieu par fragmentation de tiges feuillées. En automne, *C. demersum* acquiert une forme de résistance : les extrémités des tiges latérales cessent de s'allonger et portent des groupes de feuilles serrées comportant plus de réserves et de cuticule. Cette forme dormante passe l'hiver et se développe au printemps suivant.

Les biomasses sèches de *C. demersum* présentent une gamme importante selon les milieux, s'étendant de 100 à 600 g/m<sup>2</sup> avec des valeurs moyennes proches de 300 g.

*C. demersum* est capable de se développer jusqu'à des profondeurs de 10 m. Cette grande tolérance vis-à-vis de la profondeur est aussi liée au fait que *C. demersum* est plutôt adapté aux faibles éclaircissements qui correspondent aux fortes profondeurs. *C. demersum* tolère les eaux turbides et se développe de préférence sur des substrats comportant des particules organiques fines.

Il s'agit d'une espèce cosmopolite qui se rencontre dans des eaux relativement calmes ou stagnantes : mares, pièces d'eau peu profondes, canaux, rivières lentes, lacs, etc. Elle est assez répandue en France, dans tous les bassins versants. Elle est capable de proliférations notables dans les biotopes les plus favorables (absence de courant, richesse en nutriments des eaux et/ou des sédiments). De part son extension elle ne bénéficie d'aucune protection réglementaire.

## 5.7 / Répartition des plantes dans les ports de Plombières les Dijon et de Dijon

Cette variabilité spatiale importante est également visible dans les deux ports du tronçon, Plombières les Dijon et Dijon (Figures N° 17 et 18) : dans de rares cas les herbiers sont mono-spécifiques et ils se composent dans la plupart des cas de deux ou trois espèces dans des proportions variables en densité et en hauteur.

Lors de la campagne de début août 2006, *Cabomba caroliniana* et *Ceratophyllum demersum* étaient les deux espèces dominantes dans le port de Plombières les Dijon : elles étaient présentes dans quasiment toutes les zones du port, restant souvent en profondeur mais allant jusqu'à affleurer la surface des eaux en rive gauche.

*Myriophyllum spicatum* et *Vallisneria spiralis* étaient également présentes mais de manière plus réduite : *M. spicatum* se trouvait en mélange avec les deux espèces dominantes en rive gauche et *V. spiralis* en un seul herbier de dimensions limitées en rive droite juste au début amont du port.

Le port de Dijon abritait les mêmes espèces dominantes et une grande partie des zones proches des rives dans ce site, y compris dans des zones de profondeurs un peu supérieures à 2 m était colonisée. Les secteurs de canal proches du port, aussi bien en amont qu'en aval, étaient eux aussi fortement envahis de végétation.

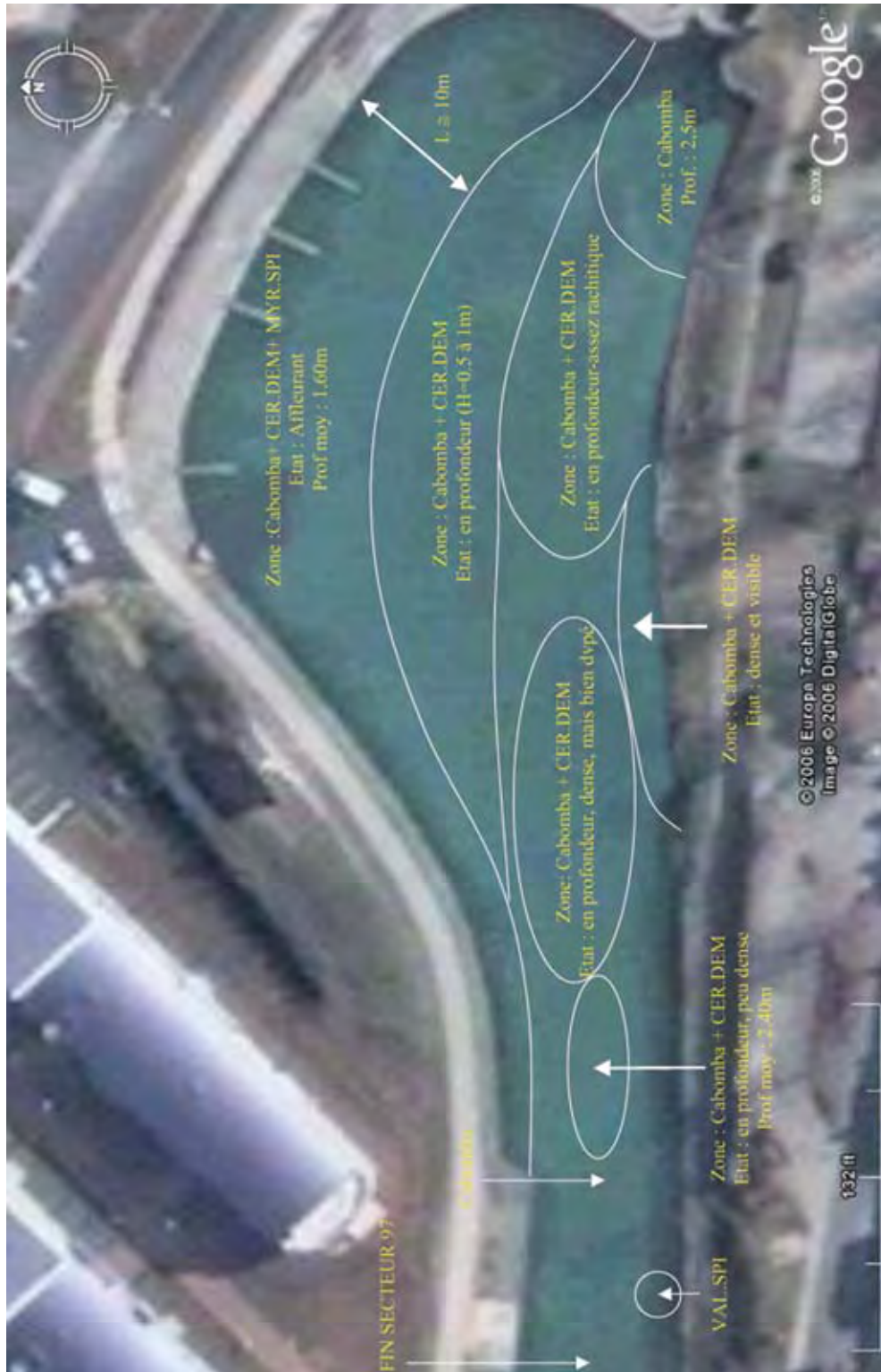
Les deux espèces de *Najas*, *N. minor* et *N. marina* se trouvaient de manière plus éparse sur la rive gauche de l'île et sur la rive gauche du port ; *Myriophyllum spicatum* était également présent en mélange dans quelques sites des rives de l'île et de la rive gauche du port. *Vallisneria spiralis* se trouvait en un seul endroit dans la partie aval du canal juste au débouché du port.

Enfin, trois autres espèces très peu fréquentes à l'échelle du tronçon de canal ont été observées : il s'agit de *Potamogeton lucens*, noté dans l'arrivée du canal, juste en amont du port, de *P. pectinatus*, dans le port lui-même et de *Ranunculus circinatus* sur la rive gauche de l'île.

Tableau N° 2 : Correspondances codes et noms de plantes sur les figures 16 et 17

<i>Cabomba caroliniana</i>	CAB.CAR
<i>Ceratophyllum demersum</i>	CER.DEM
<i>Myriophyllum spicatum</i>	MYR.SPI
<i>Najas marina</i>	NAJ.MAR
<i>Najas minor</i>	NAJ.MIN
<i>Potamogeton lucens</i>	POT.LUC
<i>Potamogeton pectinatus</i>	POT.PEC
<i>Vallisneria spiralis</i>	VAL.SPI
<i>Ranunculus circinatus</i>	RAN.CIR

Figure N° 17 : Répartition des plantes aquatiques dans le port de Plombières-les-Dijon







## 6 / Biomasses, composition chimique des plantes et évaluation quantitative de la colonisation végétale

L'évaluation de biomasses présentes dans le tronçon de canal étudié avait un double objectif : le premier concerne directement la gestion des plantes présentes en quantifiant les quantités de plantes présentes dans le canal et, pour ce faire la réalisation de pesées de biomasses fraîches peut suffire puisque c'est dans cet état que les plantes sont retirées de l'eau. Le second objectif, destiné à permettre des comparaisons de données scientifiques, passe nécessairement par des pesées de biomasse après séchage pour éliminer l'eau qui peut se trouver en quantité variable dans les plantes (généralement de 70 à 90 % dans les plantes immergées) et ne conserver que les matières organiques. Les séchages des échantillons de plantes ont été réalisés en laboratoire par un passage prolongé à l'étude ventilée à 70 °C jusqu'à obtention d'un poids constant.

Les prélèvements de biomasse ont été réalisés, dans toute la mesure du possible, dans des zones où une des espèces dominantes dans le canal était présente de manière très majoritaire.

C'est ainsi que les prélèvements réalisés dans le port de Plombières et dans le bief de Prévile concernaient *C. caroliniana*, que ceux de Fontaine d'Ouche visaient *N. minor* et ceux de Colombière *V. spiralis*.

Dans chaque site trois prélèvements ont été faits dans des endroits présentant des caractéristiques les plus proches possibles (profondeur, type de sédiment) pour permettre le calcul d'une valeur moyenne, plus représentative qu'une donnée unique.

## 6.1 / Biomasses fraîches

### 6.1.1 / Quadrats

Le tableau N° 3 présente les données de biomasse fraîches obtenues à la suite des prélèvements réalisés par cette méthode.

Tableau N° 3: Biomasses fraîches (en kg/m<sup>2</sup>)

(CAB.CAR : *Cabomba caroliniana* ; CER.DEM : *Ceratophyllum demersum* ; NAJ.MIN : *Najas minor* ; NAJ.MAR : *Najas marina* ; MYR.SPI : *Myriophyllum spicatum* ; VAL.SPI : *Vallisneria spiralis* ; l'indication X signale la présence de quantités non significatives des espèces concernées)

site	Espèces (%) dans l'échantillon						biomasse
	CAB.CAR	CER.DEM	NAJ.MIN	NAJ.MAR	MYR.SPI	VAL.SPI	
port de Plombières 1	80	20					12,6
port de Plombières 2	70	30					10,7
port de Plombières 3	80	20					8,6
Fontaine d'Ouche 1			98	1	1		2,2
Fontaine d'Ouche 2			99		1		2,4
Fontaine d'Ouche 3	1		98	1			2
Colombière 1		19		1		80	3,2
Colombière 2		6	1	1	2	90	3,2
Colombière 3		4		1		95	5
Préville 1	100			X	X		11,3
Préville 2	100			X	X		8,6
Préville 3	100			X	X		7,4

Les valeurs moyennes de biomasse fraîche après égouttage des séries d'échantillons sont respectivement de 10,6 et 9,1 kg/m<sup>2</sup> pour les échantillons du port de Plombières et du bief de Préville, avec un écart-type de 2,0 pour les deux séries, avec *C. caroliniana* dominante et de 2,2 et 3,8 kg pour Fontaine d'Ouche (*N. minor*) et Colombière (*V. spiralis*), avec des écart-types respectifs de 0,1 et 1,04.

Les valeurs obtenues sont donc relativement variables pour un même site malgré le soin apporté dans le choix de zones à prélever : une des explications de cette variabilité réside dans la grande disparité locale de la colonisation par les espèces présentes, disparité qui n'est pas apparente dès lors que l'on procède seulement à

une observation des masses de plantes visibles en surface. Il est toutefois généralement considéré qu'un écart-type de l'ordre de 20 % reste acceptable pour ce type de prélèvements.

Les biomasses des plantes présentes dans le canal varient donc dans un facteur de 5. Le port de Plombières où un mélange de *C. caroliniana* et *C. demersum* était en mélange dans les trois échantillons présente la valeur maximale.

## 6.2.2 / Prélèvements au râteau

Les profondeurs de prélèvements dans le port varient de 2,15 à 2,5 m nécessitant le recours au râteau. Les espèces dominantes dans les échantillons prélevés sont *C. caroliniana* et *C. demersum*.

Les biomasses prélevées (Tableau N°4) sont extrêmement variables et ce pour les deux espèces citées : les valeurs s'étalent entre environ 900 g et 6,3 kg, ce qui s'explique peut-être par les différences de colonisation dans le site mais surtout par la difficulté de prélèvement depuis la surface et le fait qu'il est impossible de vérifier la surface effectivement prélevée par le râteau.

Il nous semble donc préférable de ne pas utiliser ces données comme base des extrapolations à l'échelle du canal.

Tableau N° 4 : Biomasses fraîches prélevées au râteau  
(port de Dijon)

(CAB.CAR : *Cabomba caroliniana* ; CER.DEM : *Ceratophyllum demersum* ;  
POT.PER : *Potamogeton perfoliatus* ; NAJ.MIN : *Najas minor*)

Echantillon	profondeur	biomasse	Espèces (%) dans l'échantillon			
			CAB.CAR	CER.DEM	POT.PER	NAJ.MIN
1	2,25	6,3	99,5	0,5		
2	2,25	4,7	99,5	0,5		
3	2,25	1,6	99,5	0,5		
4	2,25	1,8	99,5	0,5		
5	2,15	5,6	99,5	0,5		
6	2,35	1,6	40	60		
7	2,35	5,2	60	40		
8	2,5	1,8	39	60		1
9	2,35	0,9	15	85		
10	2,25	1,6	30	70		
11	2,25	4,7	29	70	1	

## 6.2 / Biomasses sèches

Des parties aliquotes des échantillons prélevés ont été traitées en laboratoire pour obtenir des valeurs de pourcentages en matières sèches des plantes afin de calculer les biomasses par m<sup>2</sup>. Les échantillons ont été passés à l'étuve à 70° C jusqu'à obtention d'un poids constant. Le tableau N° 5 présente ces informations.

Tableau N° 5 : Biomasses sèches (quadrats)

(En gras, les espèces dominantes dans l'échantillon, Cf. tableau N° 3 ; CAB.CAR : *Cabomba caroliniana* ; CER.DEM : *Ceratophyllum demersum* ; NAJ.MIN : *Najas minor* ; MYR.SPI : *Myriophyllum spicatum* ; VAL.SPI : *Vallisneria spiralis* )

site	échantillon	espèces présentes	% matières sèches	kg/m <sup>2</sup>
port de Plombières	1	<b>CAB.CAR</b> CER.DEM	4,99	0,63
port de Plombières	2	<b>CAB.CAR</b> CER.DEM	3,27	0,35
Fontaine d'Ouche	1	NAJ.MIN	6,35	0,14
Fontaine d'Ouche	3	NAJ.MIN	5,46	0,11
Colombière	1	<b>VAL.SPI</b> CER.DEM	4,94	0,16
Colombière	3	<b>VAL.SPI</b> CER.DEM	5,75	0,29
Préville	1	CAB.CAR	5,25	0,59
Préville	3	CAB.CAR	3,83	0,28

Les pourcentages de matière sèche sont relativement faibles : les valeurs s'étendent entre 3,3 et 5,75 % avec une moyenne pour l'ensemble des échantillons d'environ 5,3 % mais comme il s'agit de plantes totalement immergées et donc portées par leur environnement, ces valeurs ne sont pas exceptionnelles.

Les biomasses sèches par m<sup>2</sup> qui sont calculées à partir de ces données varient selon les types de plantes prélevées : dépassant à peine 100 g de matières sèches par m<sup>2</sup> pour *Najas minor*, plus proche de 200 g pour *Vallisneria* et en moyenne d'environ 450 g de matières sèches par m<sup>2</sup> pour *Cabomba* seule ou en mélange avec *C. demersum*.

Cela peut paraître assez faibles mais des données sur *N. minor* (Sankaran Unni, 1976) donnent des résultats du même ordre de grandeur. Pour *Vallisneria spiralis*, nous n'avons pas trouvé de référence sur la biomasse sèche mais Songguang Xie et

al. (2000) signalent des biomasses fraîches d'environ 2500 g/m<sup>2</sup> pour cette espèce, inférieures aux pesées que nous avons réalisées sur les échantillons du bief de Préville.

Des mesures de biomasse de *C. caroliniana* aux Etats Unis (Sanders, 1980) donnaient des valeurs d'environ 100 g/m<sup>2</sup> pour des profondeurs de 1,2 à 2,4 m et de 275 g/m<sup>2</sup> pour des profondeurs de 2,4 à 3,7 m : les données obtenues dans la présente étude ne semblent donc pas aberrantes même si elles sont très variables entre les échantillons.

### 6.3 / Analyses chimiques des plantes

Les teneurs en azote et en phosphore des plantes immergées peuvent être variables puisqu'elles sont susceptibles d'en stocker certaines quantités à l'intérieur de leurs cellules mais les teneurs moyennes généralement retenues dans la littérature sont d'environ 3,0 % pour l'azote et 0,5 % pour le phosphore.

Le tableau N° 6 rassemble les données obtenues sur les analyses réalisées sur des sous-échantillons des prélèvements destinés aux mesures de biomasse.

**Tableau N° 6 : Teneurs en azote (N) et phosphore (P) des plantes**

(en gras, les espèces dominantes dans l'échantillon, Cf. tableau N° 3 ; CAB.CAR : *Cabomba caroliniana* ; CER.DEM : *Ceratophyllum demersum* ; NAJ.MIN : *Najas minor* ; MYR.SPI : *Myriophyllum spicatum* ; VAL.SPI : *Vallisneria spiralis* )

site	échantillon	espèces présentes	N %	P %
port de Plombières	1	<b>CAB.CAR</b> CER.DEM	1,79	0,18
port de Plombières	2	<b>CAB.CAR</b> CER.DEM	2,13	0,31
Fontaine d'Ouche	1	NAJ.MIN	1,99	0,30
Fontaine d'Ouche	3	NAJ.MIN	1,68	0,29
Colombière	1	<b>VAL.SPI</b> CER.DEM	2,07	0,31
Colombière	3	<b>VAL.SPI</b> CER.DEM	1,85	0,31
Préville	1	CAB.CAR	2,10	0,25
Préville	3	CAB.CAR	2,18	0,29
Port de Dijon	3	CAB.CAR	2,69	0,33
Port de Dijon	8	<b>CER.DEM</b> CAB.CAR	2,80	0,28
Port de Dijon	10	<b>CER.DEM</b> CAB.CAR	2,41	0,23

Tous échantillons confondus, les teneurs de ces 11 analyses donnent en moyenne 2,15 % en azote et 0,28 % en phosphore, ce qui est donc inférieur aux données moyennes de la littérature.

Les résultats de l'échantillon "Port de Plombières 1" sont notablement différents des autres car la teneur en azote est parmi les plus faibles mesurées et celle en phosphore la plus faible : cette différence s'explique qu'autant plus difficilement que l'échantillon "Port de Plombières 2", prélevé dans les mêmes conditions et à proximité du premier, donne des résultats nettement plus élevés. Nous n'avons pas d'hypothèse explicative de ces différences.

Le tableau N° 7 présente les teneurs moyennes en azote et phosphore de quatre des plantes les plus présentes dans le tronçon de canal étudié. Pour ces calculs, nous avons considéré que la présence en faible quantité d'une plante dans un échantillon composé presque exclusivement par une espèce, nous permettait de considérer le résultat de l'analyse comme s'appliquant à cette espèce dominante : c'est en particulier pour *V. spiralis* dans le bief de Colombières et de *C. demersum* pour le port de Dijon (Cf. Tableau N° 2). Les données issues des prélèvements dans le port de Plombières où les mélanges de *C. caroliniana* et de *C. demersum* dans les échantillons étaient plus équilibrés n'ont pas été utilisées pour le calcul de ces teneurs.

**Tableau N° 7 : Teneurs moyennes en azote et en phosphore de *Cabomba caroliniana*, *Ceratophyllum demersum*, *Najas minor* et *Vallisneria spiralis* (%)**

	<b>CABCAR</b>	<b>CER.DEM</b>	<b>NAJ MIN</b>	<b>VAL.SPI</b>
<b>N</b>	2,32	2,60	1,83	1,96
<b>P</b>	0,32	0,28	0,30	0,31

Les teneurs en azote sont assez variables entre les espèces, avec des valeurs nettement supérieures à 2 % pour *C. caroliniana* et *C. demersum*. Les deux autres espèces présentent des teneurs assez proches, légèrement inférieures à 2 %.

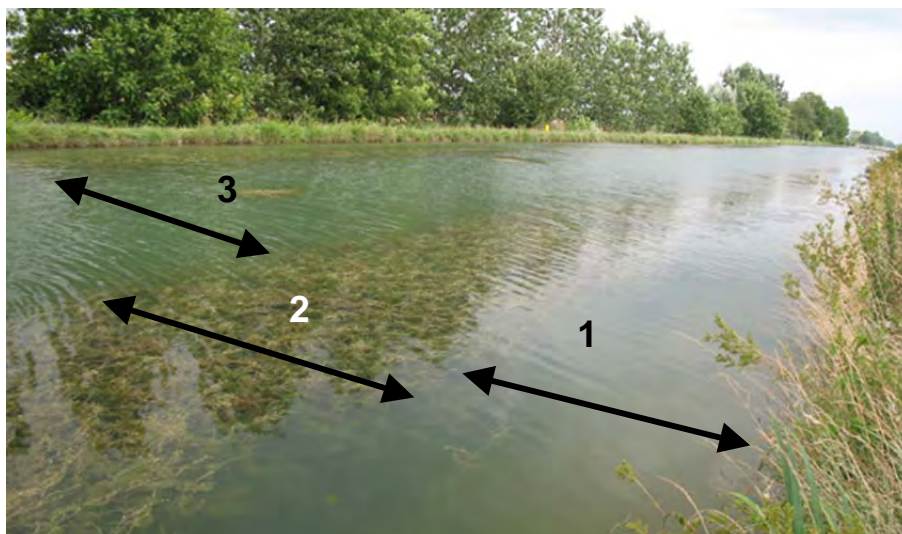
Les teneurs en phosphore sont relativement similaires entre les espèces : notons la teneur la plus faible mesurée pour *C. demersum*, plante peu ou pas enracinée, consommant les nutriments disponibles dans les eaux directement par diffusion au travers de ses feuilles et tiges. Lors d'investigations sur le fleuve Charente (Dutartre *et al.*, 1994), cette plante montrait une teneur moyenne en phosphore de 0,81 % et des valeurs en relation directe avec des rejets de station d'épuration, de 0,3 à 0,5 % en amont pour passer à 1,1 à 1,2 % en aval de ces rejets. Les faibles teneurs de *C. demersum* dans le canal pourraient donc constituer une indication de la faible disponibilité de phosphore dans les eaux.

## 6.4 / Evaluations à l'échelle du tronçon étudié des biomasses et des minéralomasses

Les mesures de biomasses fraîches et sèches réalisées sur les principales plantes colonisant cette partie du canal couplées à celles de recouvrements végétaux permettent des évaluations des tonnages de plantes présentes et des quantités d'azote et de phosphore (minéralomasses) contenues dans ces plantes.

La figure N° 19 illustre la répartition transversale des plantes aquatiques la plus fréquemment observée dans le canal.

Figure N° 19 : Configuration générale de la colonisation végétale du canal



De la rive vers le centre du canal, trois zones sont observables. La zone **1**, peu profonde et proche des rives, est généralement très peu colonisée car le batillage causé par le passage des bateaux y est important et les plantes y rencontrent donc des difficultés d'enracinement et de maintien ; la remise en suspension de particules fines également causée par les vagues est une contrainte supplémentaire pour les plantes car cette turbidité temporaire engendre une réduction de la lumière nécessaire à leur développement. Cette zone mesure généralement de 1 à 2 m de largeur.

La zone **2** est la zone qui abrite la colonisation végétale : plus profonde et donc moins sensible au batillage, elle peut permettre l'installation des plantes ; le passage et le retour des vagues y sont moins violent et les plantes y sont moins facilement arrachées. Les particules remises en suspension dans la zone **1** lors du passage des bateaux sont rapidement arrêtées par les herbiers denses. Cette zone mesure environ 4 m de largeur sur une grande partie du tronçon.

Enfin la zone **3** est la zone la plus profonde du canal, là où se déplacent les bateaux. La profondeur y est supérieure à 1,5 m, les conditions de turbidité y sont défavorables aux plantes aquatiques et le passage des bateaux y créent des conditions hydrauliques empêchant leur installation ou provoquant leur arrachage.

Les évaluations de recouvrements végétaux, issues des données de recouvrements relatifs (Cf. Tableau N° 1) complétées par les données de cette configuration moyenne de la colonisation végétale, des biomasses fraîches et sèches et des minéralomasses sur l'ensemble du tronçon étudié sont présentées dans le tableau N° 8. La colonne "AUTRES" figurant dans ce tableau est une évaluation basée sur le cumul des recouvrements de toutes les espèces peu présentes dans le canal.



## Tableau N° 8 : Evaluation des biomasses fraîches et sèches et des minéralomasses en azote et phosphore des plantes aquatiques à l'échelle du tronçon de canal étudié

(CAB.CAR : *Cabomba caroliniana* ; CER.DEM : *Ceratophyllum demersum* ; NAJ.MIN : *Najas minor* ; NAJ.MAR : *Najas marina* ; MYR.SPI : *Myriophyllum spicatum* ; VAL.SPI : *Vallisneria spiralis* ; AUTRES : les autres espèces figurant dans le tableau N° 1 ; les cases en fond noir correspondent à des valeurs issues de la littérature)

	CAB.CAR	NAJ.MIN	MYR.SPI	VAL.SPI	NAJ.MAR	CER.DEM	AUTRES
<b>Surface calculée (m<sup>2</sup>)</b>	<b>29 200</b>	<b>22 000</b>	<b>21 000</b>	<b>11 000</b>	<b>7 300</b>	<b>2 300</b>	<b>2900</b>
Biomasse fraîche kg/m <sup>2</sup>	10	2,2	10	3,8	6	10	6
biomasse fraîche totale (t)	292	48,4	210	41,8	43,8	23	17,4
Biomasse sèche kg/m <sup>2</sup>	0,45	0,12	0,40	0,22	0,30	0,30	0,40
Biomasse sèche totale (t)	13,14	2,64	8,4	2,42	2,19	0,69	1,16
teneur en N (%)	2,3	1,8	2,1	2	2,1	2,6	2,1
minéralomasse en N (t)	0,30	0,05	0,18	0,05	0,05	0,02	0,02
teneur en P (%)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,25	0,3
Minéralomasse en P (t)	0,04	0,01	0,03	0,01	0,01	0,002	0,003

La surface totale colonisée par la végétation aquatique est de 95 700 m<sup>2</sup>, soit près de 10 ha, ce qui représente près de 73 % de la surface potentiellement colonisable (Figure N° 19) (8 m de largeur sur 16,450 km de longueur)

Le tonnage total de matières fraîches est de 676,4 ce qui correspond à 30,6 tonnes de matières sèches et 0,7 tonne d'azote et 0,1 tonne de phosphore.

Un contact a été pris avec l'entreprise ayant été chargée par VNF de réaliser les travaux d'enlèvement des plantes en 2006, après les campagnes de la présente étude, mais nous n'avons pas encore obtenu les informations souhaitées sur les estimations des quantités de plantes retirées.

## 7 / Qualité des eaux et des sédiments

Une seule campagne de prélèvements et d'analyses ne peut évidemment pas permettre de préciser l'état du canal dans ce domaine : la qualité des eaux peut fluctuer beaucoup plus rapidement que celle des sédiments mais, même pour ce second "compartiment" du milieu aquatique, les interprétations envisageables à partir d'un seul groupe de données doivent rester prudentes. Dans tous les cas ces résultats doivent être considérés comme une première base d'informations.

### 7.1 / Qualité des eaux

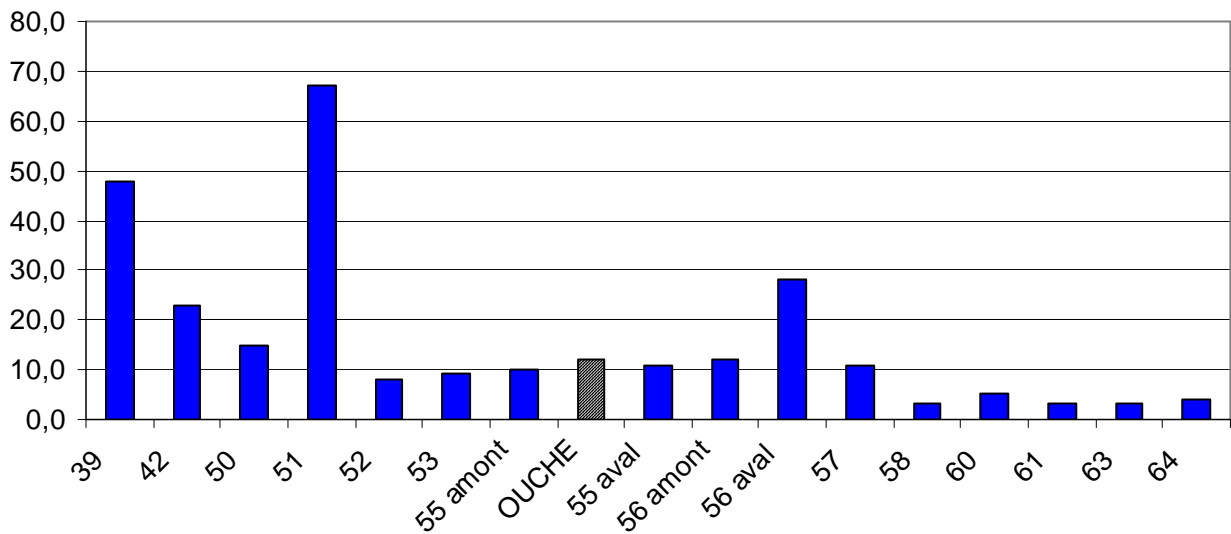
La campagne réalisée le 17 juillet 2006 a porté sur tous les biefs compris dans le projet d'étude. Les biefs 55 et 56 ont fait l'objet de deux prélèvements pour analyse dans leurs parties amont et aval de manière à encadrer, pour le premier, l'alimentation du canal depuis l'Ouche. Cette rivière a également fait l'objet d'un prélèvement en aval du lac Kir pour évaluer les éventuelles modifications que pourrait apporter l'arrivée de ses eaux dans le canal de Bourgogne.

L'ensemble des données obtenues lors de cette campagne est présenté en Annexe 2.

Dans les graphiques qui suivent sont présentés quelques uns des paramètres analysés. Les résultats de l'analyse des eaux de l'Ouche y sont identifiés par un figuré spécifique.

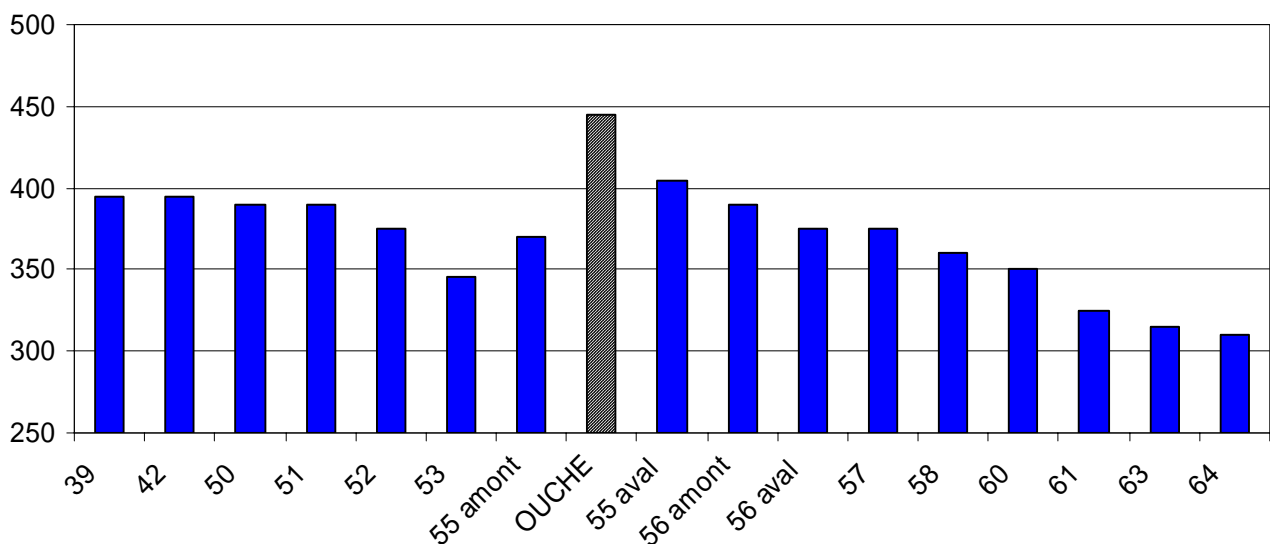
La conductivité électrique (Figure N° 20) donne une indication sur les quantités de sels dissous dans les eaux. Elle présente des valeurs s'échelonnant entre 300 et 400  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  pour les eaux du canal et près de 450 pour l'Ouche. Il est tout de même à noter que la conductivité, relativement stable à près de 400  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  jusqu'au bief 51 baisse ensuite de près de 50  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  au bief 53 pour remonter après l'apport de l'Ouche et présente ensuite une seconde baisse assez régulière jusqu'au dernier bief étudié en aval où elle atteint à peine plus de 300  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ . Cette évolution pourrait être due à la consommation de certains ions, comme certaines formes de l'azote et du phosphore par les plantes colonisant le canal.

Figure N° 20 : Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ )



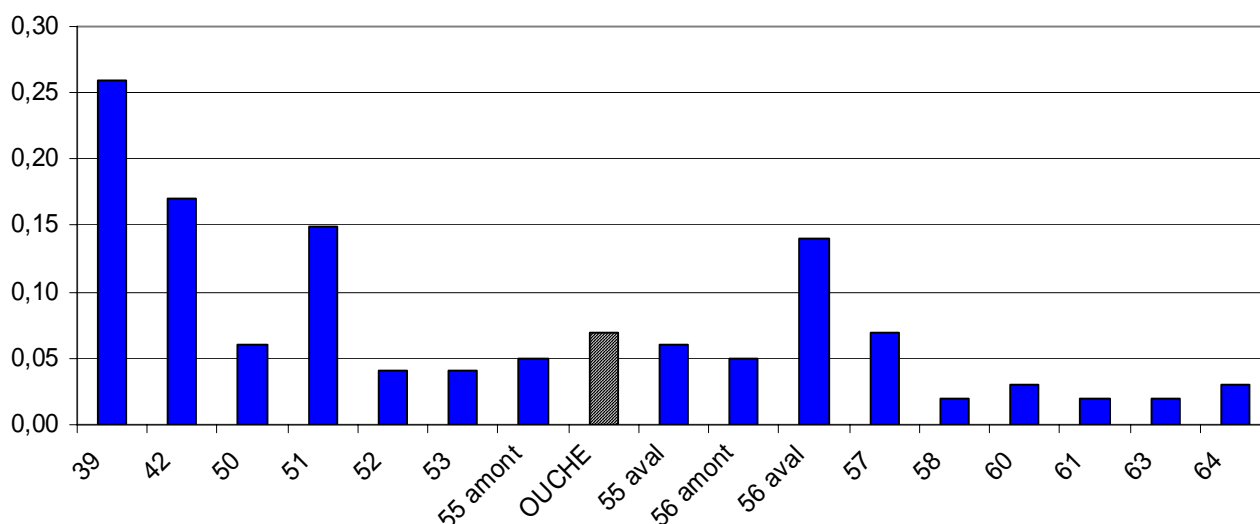
Les matières en suspension totales (Figure N° 21) sont mesurées par pesée après filtration de l'échantillon d'eau. Ces particules minérales ou organiques peuvent être facilement mises en suspension par le passage des bateaux dans le canal, ce qui explique probablement les grandes variations des valeurs mesurées. Quatre échantillons présentaient des teneurs supérieures à 20 mg/l et les valeurs maximales sont respectivement de plus de 65 et de près de 50 mg/l pour les échantillons des biefs 51 et 39. Hormis l'échantillon prélevé à l'aval du bief 56, dont la teneur avoisine les 30 mg/l, toutes les autres valeurs, y compris celle de l'Ouche atteignent tout au plus 10 mg/l avec même des valeurs basses pour ce type de milieu dans les échantillons des biefs 58 à 64, soit 3 à 5 mg/l.

Figure N° 21 : Matières totales en suspension (mg/l)



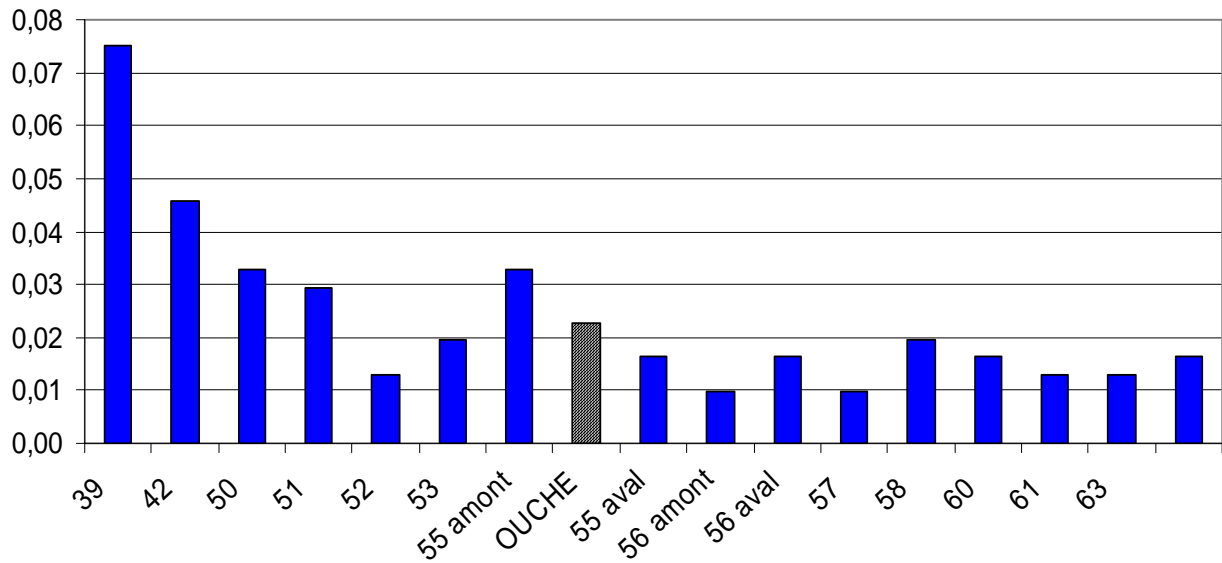
Les figures N° 22 et 23 présentent les résultats des analyses de phosphore total et de phosphates. Le phosphore total est une mesure de l'ensemble du phosphore des eaux, dont une partie est fixée sur ou contenu dans les matières en suspension : si l'on compare les figures 20 et 21 on peut constater une grande similitude entre les valeurs mesurées dans chacun des biefs, c'est à dire des teneurs élevées dans les biefs les plus en amont, deux pics dans les échantillons bief 51 et bief 56 aval et des teneurs plus faibles dans les autres échantillons. Les teneurs mesurées restent toutefois relativement faibles et le prélèvement réalisé dans l'Ouche ne montre pas d'apport de phosphore.

Figure N° 22 : Phosphore total (mg/l de P)



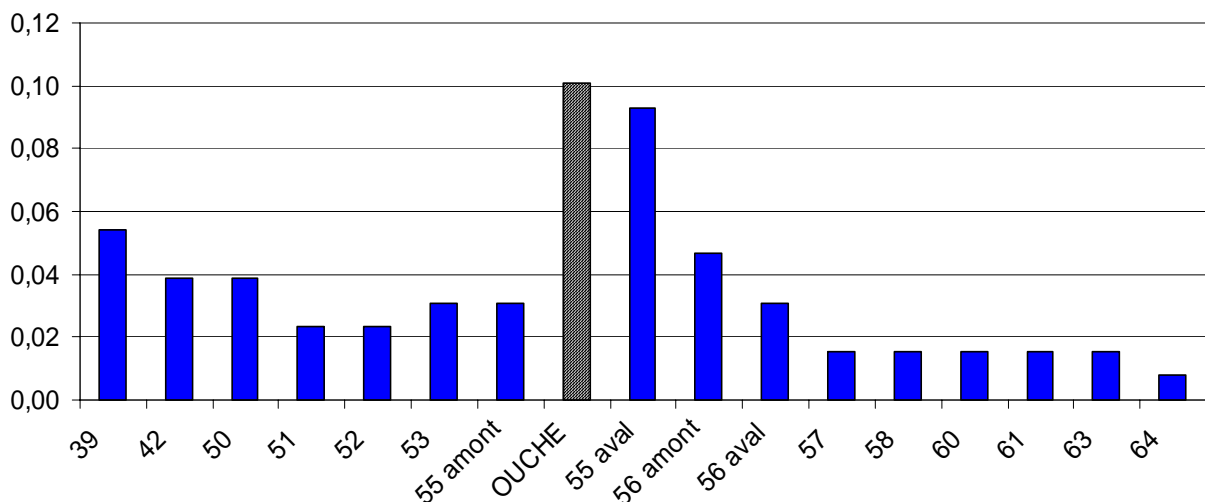
Dans le tronçon de canal étudié, comme pour le phosphore total, les teneurs en phosphates dissous présentent une diminution générale de l'amont vers l'aval (Figure N° 24). Cette forme du phosphore peut être consommée directement par les plantes aquatiques et est considérée comme un des "moteurs" de l'eutrophisation des milieux aquatiques. Les teneurs mesurées dans les échantillons sont toutes inférieures à 0,1 mg/l et la plupart inférieures à 0,02, ce qui est faible mais il est possible que la consommation des phosphates par les plantes présentes dans le canal à cette époque explique cette situation.

Figure N° 23 : Phosphates (mg/l de P)



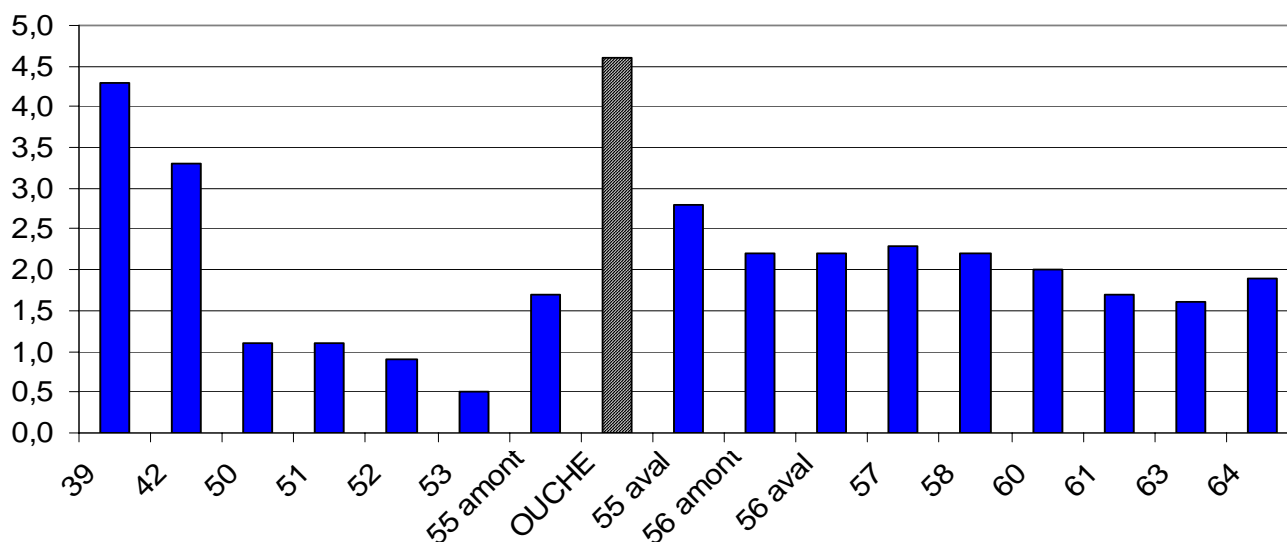
L'azote ammoniacal est également un ion que les plantes aquatiques peuvent consommer directement et les faibles teneurs mesurées dans les échantillons des biefs 57 à 64 pourraient en être une illustration (Figure N° 24). Notons la teneur mesurée dans les eaux de l'Ouche dont l'influence sur les eaux du canal semble se faire sentir jusqu'à l'amont du bief 56 : elle reste toutefois relativement faible et ne présente pas de caractère inquiétant pour la qualité des eaux du site.

Figure N° 24 : Azote ammoniacal (mg/l de N)



Forme de l'azote maintenant bien connue du grand public, à l'instar des phosphates, les nitrates sont également directement consommables par les plantes aquatiques et un des "moteurs" de l'eutrophisation. La figure N° 25 présente les résultats obtenus : toutes les teneurs en nitrates sont inférieures à 5 mg/l, ce qui est relativement faible. Deux valeurs sont supérieures à 4 mg/l, celles des eaux du bief 39 et des eaux de l'Ouche dont l'influence semble se faire sentir jusqu'en aval du tronçon étudié. Notons les valeurs de 0,5 à 1 mg/l des biefs 50 à 53. Ces faibles teneurs sont probablement la conséquence de la consommation de l'azote sous cette forme par les plantes aquatiques.

Figure N° 25 : Nitrates (mg/l de  $\text{NO}_3$ )



## 7.2 / Qualité des sédiments

En plans d'eau, les sédiments sont généralement considérés comme un compartiment de stockage de matières organiques et de micro-polluants issus des activités humaines pouvant de ce fait renseigner sur l'histoire de l'écosystème. Il n'en est pas tout à fait de même dans les cours d'eau où les écoulements peuvent entraîner les particules en suspension et réduire, voire annuler, les dépôts de sédiments fins qui deviennent alors plus difficiles à utiliser dans ce but.

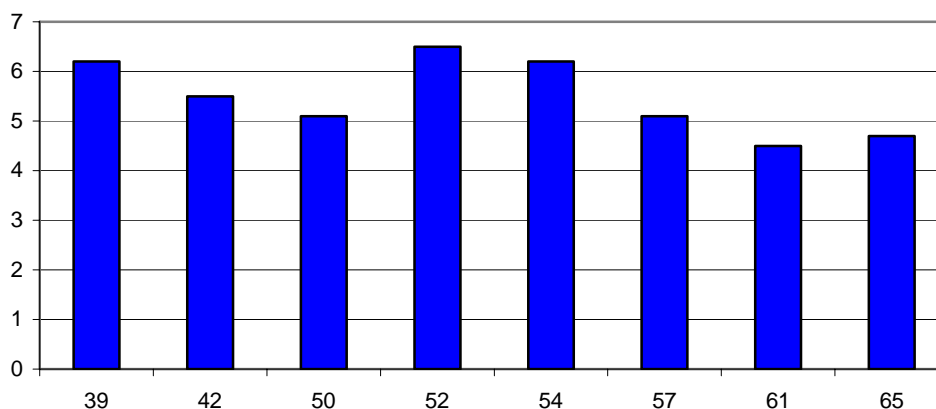
Du point de vue des écoulements et des capacités de transports de sédiments, un canal est dans une situation intermédiaire : des dépôts de sédiments fins peuvent se

produire dans les zones proches des rives, même si le batillage engendré par le passage des bateaux les remet régulièrement en suspension. D'autre part, ce batillage crée de l'érosion des berges et peut contribuer à l'accumulation de sédiments fins dans les zones latérales à mi-profondeur non directement soumises aux vagues. Enfin, les sédiments organiques comportent des eaux interstitielles riches en azote ammoniacal et organique qui peuvent donc servir de source de nourriture aux plantes aquatiques enracinées, c'est pourquoi un bilan sur la qualité physico-chimique des sédiments dans ce secteur du canal a été réalisé. Les données obtenues sont présentées en Annexe 2.

Les sédiments prélevés dans les 8 biefs (de 39 à 65) présentent des caractéristiques relativement similaires. Par exemple, leurs teneurs en eau sont relativement faibles, entre 52 et 60 %, alors qu'un sédiment en plan d'eau peut dépasser 80 %.

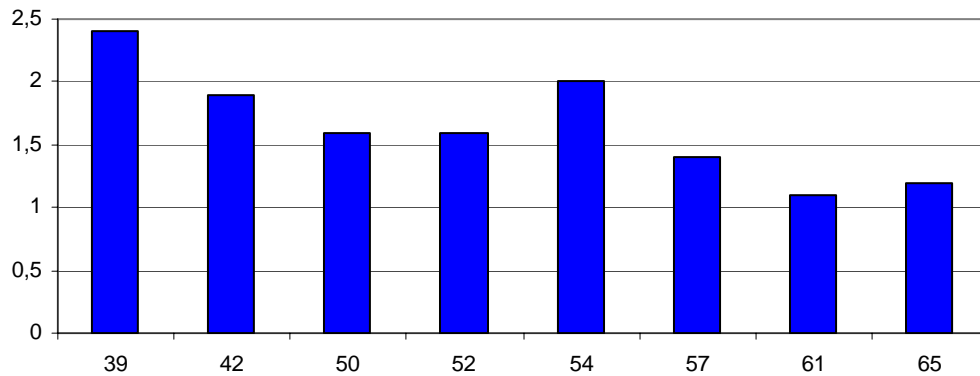
Leurs teneurs en matières organiques (Figure N° 26) sont également relativement peu importantes et si une légère tendance à la diminution de l'amont vers l'aval est observable, la valeur maximale est atteinte pour les sédiments du bief 52.

**Figure N° 26 : Teneurs en matières organiques**  
(en % des matières sèches)



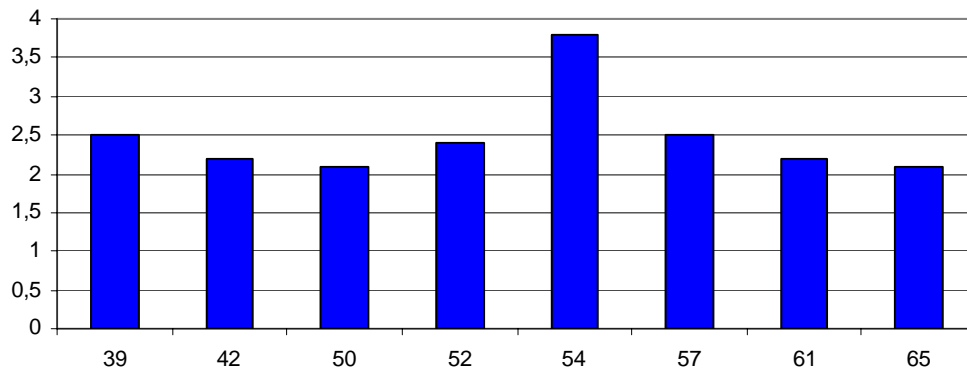
Les teneurs en phosphore total (Figure N° 27) présentent la même tendance générale bien que la valeur maximale soit atteinte dans le bief 54. Elles restent toutefois relativement faibles.

Figure N° 27 : Phosphore total (P2O5 en g/kg MS)



Comme pour les teneurs en phosphore, la teneur maximale en azote total mesurée se situe dans le bief 54 (3,8 g/kg MS), sans que l'on puisse proposer une explication. Toutes les autres valeurs sont comprises entre 2 et 2,5 g/kg MS, ce qui représente une assez grande stabilité de composition chimique.

Figure N° 28 : Azote total (g/kg MS)





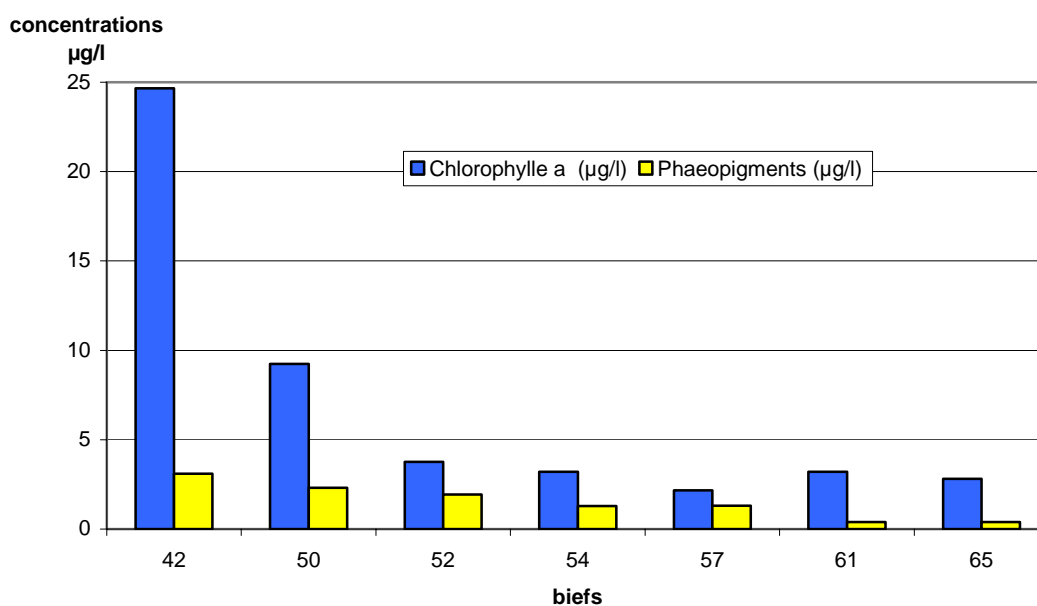
## 7.3 / Pigments chlorophylliens

Les teneurs en pigments chlorophylliens sont régulièrement utilisées comme descripteurs quantitatifs du phytoplancton, c'est à dire des algues présentes en suspension dans les eaux, dans l'évaluation de la qualité biologique des eaux. Dans la mesure où le phytoplancton se développe de préférence dans les milieux stagnants ou à faible courant; ce type d'analyses est régulièrement mis en œuvre dans les plans d'eau, plus rarement dans les cours d'eau. Il est toutefois utilisé dans les grands cours d'eau où les durées de déplacement des eaux peuvent dépasser deux à trois semaines, une durée suffisante pour permettre le développement de peuplements d'algues. Les canaux de navigation, aux écoulements lents, sont également des sites où ces analyses peuvent avoir un sens.

C'est pourquoi il nous a semblé utile de réaliser cette approche de la qualité du milieu, qui n'était pas envisagée dans le programme d'étude 2006, afin de conforter les informations sur la qualité des eaux du canal.

La figure N° 29 présente les données obtenues : la chlorophylle a est le pigment le plus généralement dosé et les phéopigments sont une forme dégradée de ce pigment permettant une certaine appréciation de l'état de santé des peuplements d'algues planctoniques.

Figure N° 29 : Teneurs en chlorophylle a et phéopigments



Les teneurs en chlorophylle a diminuent globalement de l'amont vers l'aval, de même que les valeurs de phéopigments, ce qui semblerait indiquer que ces peuplements ne sont pas en phase de sénescence. La valeur de chlorophylle a proche de 25 µg/l mesurée dans les eaux du bief 42 est relativement élevée pour ce type de milieu aquatique mais n'est pas critique. Mis à part celle du bief 50, proche de 10, toutes les autres valeurs sont inférieures à 5 µg/l, ce qui est relativement faible.

Il est difficile de tirer une conclusion de cette seule campagne, d'autant que ces développements d'algues peuvent être largement réduits par la remise en suspension de particules fines provoquée par le passage des bateaux. Comme nous n'avons pas pu réaliser les prélèvements d'eau destinés aux analyses chimiques et aux dosages de pigments, nous ne pouvons pas non plus tenter de rapprocher ces deux groupes de données, mais dans tous les cas ces teneurs ne semblent pas correspondre à une qualité médiocre des eaux.

## 7.4 / Algues planctoniques observées dans les échantillons

Le tableau N° 9, ci-dessous indique le nombre d'espèces ou de genres d'algues observés dans chacun des échantillons.

**Tableau N° 9: Nombre de taxons d'algues planctoniques observés**

<b>biefs</b>						
<b>42</b>	<b>50</b>	<b>52</b>	<b>54</b>	<b>57</b>	<b>61</b>	<b>65</b>
14	18	12	19	20	13	18

La diversité varie entre 12 et 20, ce qui est assez peu important pour un échantillon de phytoplancton ; aucune évolution, amont/aval par exemple, n'est décelable.

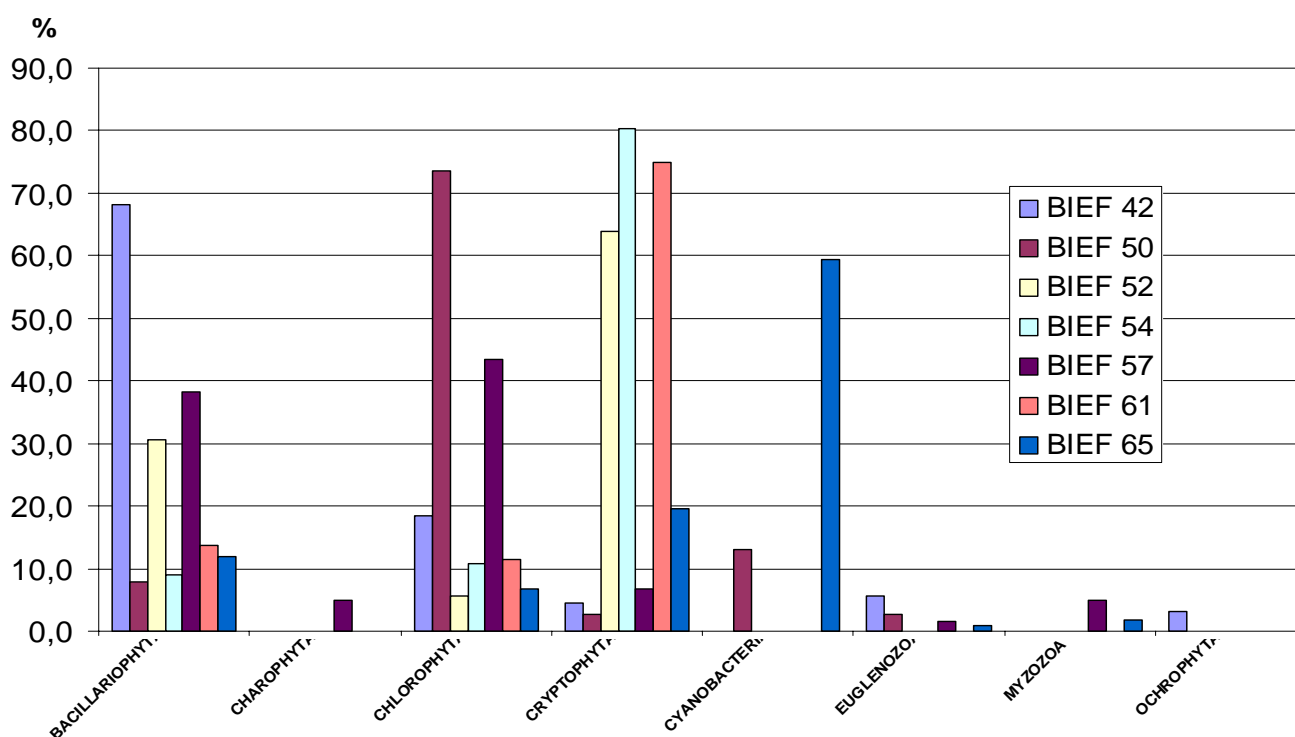
Le tableau N° 10, page suivante, rassemble les données obtenues lors des observations microscopiques.

Tableau N° 10 : Algues présentes dans les échantillons  
(les données sont exprimées en % des organismes comptés dans l'échantillon)

Phylum	NOM	Auteur	42	50	52	54	57	61	65
BACILLARIOPHYTA	<i>Achnanthydium minutissimum</i>	(Kütz.) Czarnecki			18,1				
	<i>Aulacoseira ambigua</i>	(Grun.) Simonsen				2,7			
	<i>Aulacoseira granulata</i>	(Ehr.) Simonsen	68,2						
	<i>Cocconeis</i> sp.	Ehrenberg					1,7		
	<i>Cymbella</i> sp.	C.A. Agardh				0,9	5,0		
	<i>Fragilaria</i> sp.	Lyngbye				0,9			
	<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>ulna</i>	(Nitzsch.) Lange-Bertalot						4,5	
	<i>Gomphonema</i> sp.	Ehrenberg							0,8
	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	(Kützing) Rabenhorst		1,3					
	<i>Meridion</i> sp.	Hustedt			2,8				2,3
	<i>Navicula</i> sp.	Bory de Saint Vincent		5,3	6,9	4,5	30,0	4,5	9,3
	<i>Nitzschia</i> sp.	Hassall		1,3	1,4		1,7	2,3	1,7
	<i>Tabellaria</i> sp.	C.G. Ehrenberg ex F.T. Kützing			1,4				
Somme BACILLARIOPHYTA			68,2	7,9	30,6	8,9	38,3	13,6	11,9
CHAROPHYTA	<i>Cosmarium truncatellum</i>	(Perty) Rabenhorst					1,7		
	<i>Staurastrum teliferum</i>	Ralfs					3,3		
Somme CHAROPHYTA							5,0		
CHLOROPHYTA	<i>Chlorella</i> sp.	Beijerinck						2,3	
	<i>Chlorogonium</i> sp.	C.G. Ehrenberg		1,3					
	<i>Coelastrum microporum</i>	Nägeli		11,8					
	<i>Coelastrum pseudomicroporum</i>	Korshikov					20,0		
	<i>Crucigeniella rectangularis</i>	(Naeg.) Kom.		5,3					
	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	Wood	15,3						
	<i>Dictyosphaerium</i> sp.	Nägeli					6,7		
	<i>Dimorphococcus lunatus</i>	A. Braun					13,3		
	<i>Golenkinia paucispina</i>	W. West & G.S. West	1,3			0,9			
	<i>Monoraphidium arcuatum</i>	(Korsh.) Hindak							0,8
	<i>Monoraphidium contortum</i>	(Thur.) Kom.-Legn.				0,9			
	<i>Monoraphidium convolutum</i>	(Corda) Kom. - Legn.				0,9			
	<i>Monoraphidium griffithii</i>	(Berk.) Legn.				0,9			
	<i>Monoraphidium komarkovae</i>	Nygaard							0,8
	<i>Pediastrum duplex</i>	Meyen		39,5					
	<i>Pediastrum simplex</i>	Meyen		10,5					
	<i>Scenedesmus comunis</i>	E.H. Hegewald				3,6	3,3		
	<i>Scenedesmus falcatus</i>	Chodat				3,6			
	<i>Scenedesmus</i> sp.	Meyen	1,3	5,3	5,6				5,1
	<i>Tetraedron incus</i>	(Teil.) G.M. Smith	0,6						
<i>Tetrastrum triangulare</i>	(Chodat) Komarek							9,1	
Somme CHLOROPHYTA			18,5	73,7	5,6	10,7	43,3	11,4	6,8
CRYPTOPHYTA	<i>Campylomonas reflexa</i>	(M. Marsson) D.R.A. Hill			12,5	1,8		9,1	
	<i>Chroomonas acuta</i>	Utermohl			18,1	12,5		43,2	10,2
	<i>Chroomonas coerulea</i>	(Geitler) Skuja				1,8			
	<i>Chroomonas</i> sp.	Hansgirg				19,6			6,8
	<i>Cryptomonas erosa</i>	Ehr.		2,6	33,3	43,8	6,7	20,5	2,5
	<i>Cryptomonas obovata</i>	J. Czosnowski				0,9			
	<i>Cryptomonas ovata</i>	Ehrenberg						2,3	
	<i>Cryptomonas</i> sp.	Ehrenberg	1,3						
	<i>Rhodomonas</i> sp.	Karston	3,2						
Somme CRYPTOPHYTA			4,5	2,6	63,9	80,4	6,7	75,0	19,5
CYANOBACTERIA	<i>Oscillatoria simplissima</i>	Gomont							59,3
	<i>Oscillatoria</i> sp.	Vaucher		13,2					
Somme CYANOBACTERIA				13,2					59,3
EUGLENOZOA	<i>Euglena</i> sp.	Ehrenberg					1,7		
	<i>Phacus curvicauda</i>	Swir.		1,3					
	<i>Phacus longicauda</i>	(Ehr.) Dujardin		1,3					
	<i>Trachelomonas armata</i>	(E.) Stein							0,8
	<i>Trachelomonas volvocina</i>	Ehr.	5,7						
Somme EUGLENOZOA			5,7	2,6			1,7		0,8
MYZOOZOA	<i>Peridiniopsis cunningtonii</i>	Lemm.					3,3		
	<i>Peridinium</i> sp.	Ehrenberg					1,7		1,7
Somme MYZOOZOA							5,0		1,7
OCHROPHYTA	code non répertorié ou synonyme	(vide)	3,2						
Somme OCHROPHYTA			3,2						

La figure N° 30 permet de constater l'assez grande dispersion des résultats, tous les groupes d'algues pouvant être abondants dans un ou deux des biefs et rare voire même absent dans les autres biefs. C'est en particulier le cas des cyanobactéries, organismes qui peuvent présenter des risques pour la santé des baigneurs, présentes dans les biefs 50 et 65 et non observées dans les autres.

Figure N° 30 : Groupes d'algues observés dans les échantillons



Chacun des groupes d'algues identifiés peut être utilisé comme indicateur d'un certain niveau d'eutrophisation, c'est à dire d'enrichissement des eaux en nutriments, et se trouver classé dans un gradient d'eutrophisation croissante : le tableau N°11 rassemble ces informations et les confronte à l'abondance relative de chacun de ces groupes à l'échelle du tronçon de canal étudié, en considérant qu'à cette échelle d'interprétation, le fait de considérer l'ensemble du tronçon comme une seule entité ne crée pas d'erreur importante.

Comme nous l'avons déjà signalé pour les analyses physico-chimiques et les dosages de pigments chlorophylliens, cette seule campagne ne permet toutefois pas de conclusions et rend même difficile toute interprétation.

Tableau N° 11 : Signification par rapport à l'eutrophisation et abondance relative des différents groupes d'algues rencontrés sur l'ensemble des stations

		Eutrophisation croissante	Abondance dans le canal
BACILLARIOPHYTA	Diatomées	↓	<b>abondant</b>
OCHROPHYTA	Chrysophycées		très rare
MYZOOZOA	Dinophycées		très rare
CRYPTOPHYTA	Cryptophycées		<b>abondant</b>
CHAROPHYTA	Chlorophycées		très rare
CHLOROPHYTA	Chlorophycées		<b>abondant</b>
CYANOBACTERIA	Cyanobactéries		présent
EUGLENOZOA	Euglenophycées		très rare

Les abondances des différents groupes ne s'ordonnent pas pour définir un niveau d'eutrophisation plutôt qu'un autre : les groupes les plus abondants se répartissent sur une grande partie de la gamme d'eutrophisation et les groupes dont les pourcentages sont les plus faibles se répartissent également au long de cette gamme.

Il serait donc risqué de proposer une interprétation plus précise de ces résultats qui doivent être considérés comme une base d'informations éventuellement utilisables dès lors que d'autres campagnes de prélèvements et d'analyses seraient réalisées.

## 8 / Possibilités de gestion de la colonisation végétale

Les techniques d'intervention peuvent être classées en deux groupes, le premier concerne la prévention des développements de plantes, le second les traitements des plantes elles-mêmes.

### 8.1 / La prévention des développements de plantes

La prévention peut être mise en œuvre par des actions sur la qualité des eaux ou sur certains éléments de fonctionnement physique des biotopes et, dans le cas d'arrivée d'espèces nouvelles, par des interventions précoces.

Les macrophytes aquatiques ont la possibilité de se nourrir soit par leurs systèmes racinaires, soit directement à travers les tissus de leurs tiges et feuilles : la qualité physico-chimique des eaux et des sédiments influe donc directement sur les peuplements présents. Toute action visant à réduire les apports en éléments nutritifs sur le bassin versant devrait donc engendrer des limitations de l'extension et de la croissance des peuplements de macrophytes. Mais son influence peut rester relativement mineure car le paramètre "qualité des eaux" n'est qu'un des facteurs de répartition des plantes dans les milieux aquatiques.

Les analyses d'eau et de sédiment réalisées pour la présente étude ne montrent pas d'enrichissement particulier en nutriments et il semble donc difficile, voire impossible, d'intervenir à ce niveau. Toutefois, il serait utile de vérifier au moins l'évolution de la qualité des eaux en dehors de la période de croissance des plantes aquatiques durant laquelle les nutriments peuvent être absorbés par les plantes dans de telles proportions qu'ils ne sont plus ou très peu décelables dans les eaux.

Notons également que les analyses de pigments chlorophylliens et les déterminations des algues planctoniques n'indiquent pas de dégradation particulière de la qualité des eaux du canal.

La répartition des plantes est également sous l'influence de paramètres physiques tels que la profondeur et la vitesse de courant ; la stabilité des substrats favorise aussi le développement des espèces enracinées qui y trouvent ancrage et nourriture;

La régulation des écoulements et la faiblesse des vitesses de courant dans un milieu tel que le canal de Bourgogne réduisent fortement ces possibilités d'intervention.

Une limitation naturelle du développement des macrophytes dans les cours d'eau est l'ombrage engendré par les formations végétales des rives ou ripisylves. Les travaux réalisés dans ce domaine semblent montrer que la gestion des ripisylves peut être un moyen efficace de limitation des peuplements de macrophytes aquatiques dans les cours d'eau : pour des largeurs de cours inférieures à 25 mètres, un ombrage de 50 % suffirait à réduire la biomasse végétale à des niveaux acceptables : l'intégration de cette partie du canal de Bourgogne dans le contexte urbain de Dijon ne permet pas de recourir à ce type de solution, d'autant que la présence des chemins de halage empêche la réalisation de plantations riveraines qui pourraient seules jouer un rôle d'ombrage régulateur.

La mise en assec des retenues ou de biefs de cours d'eau ou de canaux présente également des impacts notables sur les plantes aquatiques et la minéralisation des sédiments.

Figure N° 31 : Assec  
du bief N° 52 et  
feuilles de *Vallisneria  
spiralis*  
(photo du 22/11/06)



Les parties végétatives des plantes exondées, telles que tiges et feuilles, subissent une dessiccation plus ou moins complète en fonction de la durée de l'assec, des

conditions climatiques régnant lors de l'assec et de l'humidité résiduelle des sédiments. Par exemple, si l'assec dure assez longtemps et subit une période froide, voire de gel, les plantes pourront régresser de manière importante et même disparaître temporairement de ces zones.

Toutefois, la recolonisation par des fragments de plantes apportés par les eaux ou les germinations des stocks de graines de certaines des plantes présents dans les sédiments ("banque de graines") peuvent progressivement reconstituer les herbiers. Si ces asssecs sont accompagnés d'extraction de sédiments, cette intervention combinée pourrait avoir un impact négatif plus important sur les développements végétaux ultérieurs car elle enlèverait une partie de ces banques de graines.

Rappelons que les deux espèces de *Najas* se reproduisent de préférence par les graines qu'elles produisent et que *V. spiralis* se reproduit par stolons et également par graines. Selon les informations dont nous disposons, *C. caroliniana* ne se reproduirait pas par graines en dehors de son aire originelle de répartition. Enfin, *M. spicatum* et *C. demersum* peuvent produire en hiver des formes de résistance au froid, appelées "hibernacles", qui leur permettent une réinstallation plus facile.

Dans certaines situations, des actions concrètes peuvent être engagées localement au moment de l'installation de ces espèces dans des milieux qui en étaient dépourvus : il s'agit par exemple d'arrachages manuels précoces permettant d'empêcher ou de réduire fortement la colonisation du milieu. De telles interventions ont été proposées et mises en œuvre dans certains sites des Landes à la suite du plan de gestion de 1989 (Dutartre *et al*, 1989). Les informations disponibles sur la plupart de ces espèces envahissantes devraient maintenant faciliter la mise en œuvre de ce type d'intervention. Dans le cas particulier du canal de Bourgogne, ces interventions "précoces" ne sont plus de mise.



## 8.2 / Procédure de mise en œuvre de la gestion des plantes aquatiques.

Dans de nombreux cas, les difficultés pratiques rencontrées sont directement liées à l'insuffisance des connaissances disponibles et des analyses préalables de la situation à traiter.

Une procédure générale pour ces interventions de gestion a déjà été proposée (Dutartre, 2002) qui pourrait permettre d'améliorer la qualité globale des interventions et favoriser la diffusion dans le monde des gestionnaires des acquis scientifiques, techniques et organisationnels des diverses opérations menées dans ce domaine.

Cette procédure s'articule autour de trois approches :

### - **définir** :

- \* les caractéristiques du milieu concerné : superficie, profondeur, régimes hydrologiques, niveaux, connexité avec d'autres milieux, peuplements végétaux, cadres réglementaires, etc.
- \* les usages et les usagers : bilan complet des usages du milieu (caractéristiques des usages, besoins en terme de consommation de ressources naturelles, etc.).
- \* les nuisances et leurs causes : bilan des gênes exprimées.
- \* les plantes responsables des nuisances : détermination précise, répartition dans le milieu, synthèse des connaissances disponibles sur leur biologie et leur écologie, etc.
- \* les objectifs de la gestion.

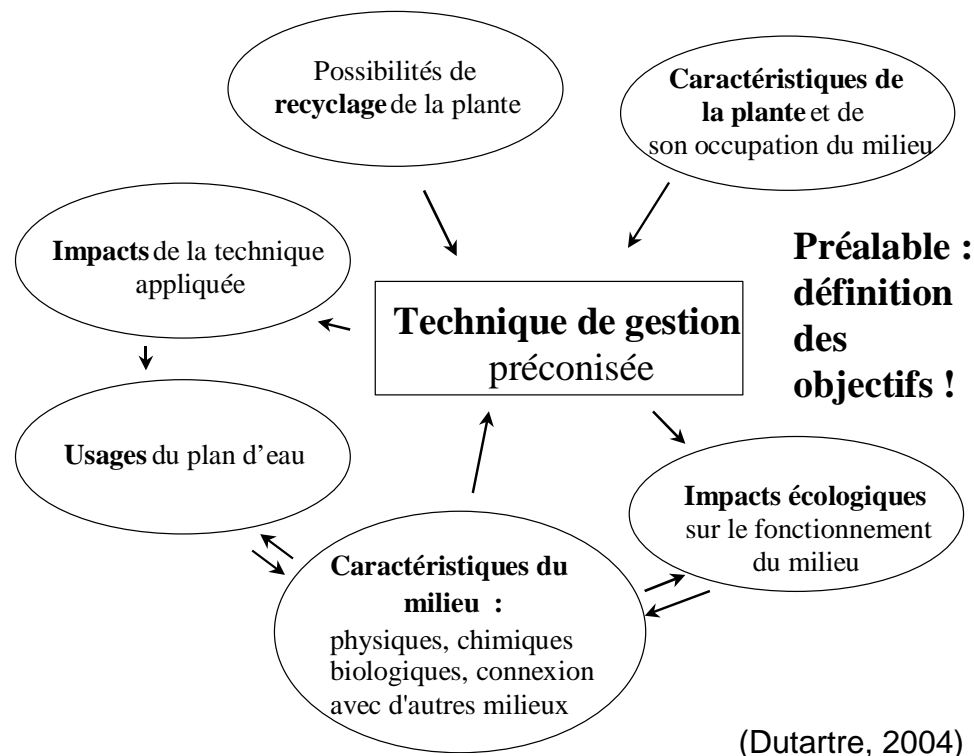
### - **choisir** :

- \* une ou des techniques d'intervention, en intégrant les incidences secondaires des techniques et le devenir des plantes extraites.

La figure N° 32 présente les éléments d'analyse qui doivent permettre d'arriver à un choix final argumenté sur les techniques d'intervention à mettre en oeuvre. Ces éléments d'analyse intègrent les informations disponibles sur les usages et les nuisances, la plante elle-même (biologie et écologie), son mode d'occupation du milieu (répartition en profondeur, types de biotopes, etc.), le milieu lui-même, dont sa

connexité avec d'autres milieux où pourraient se produire des impacts directs ou différés des interventions techniques définies, etc.

Figure N° 32 : Eléments de choix des techniques d'intervention



Des interventions "composites" recourant à plusieurs techniques complémentaires sont envisageables dans certains cas : une programmation très précise du déroulement des travaux sera alors nécessaire.

\* un programme d'intervention (organisation, financement, etc.) : en se plaçant dès le départ dans le contexte d'un entretien régulier, le programme facilitera la réalisation des travaux.

- **évaluer :**

\* l'efficacité du programme : satisfaction des usagers, durée, etc.

\* les impacts écologiques des interventions.

Une large partie de cette procédure a déjà été mise en place par VNF depuis 2005 mais il serait sans doute utile de la compléter sur quelques points.

## 8.3 / Les interventions de régulation des plantes

Les possibilités d'interventions curatives sont maintenant relativement bien connues des gestionnaires mais elles présentent des limites et des impacts dont la connaissance est indispensable pour améliorer ces pratiques de gestion.

### 8.3.1 / Les interventions manuelles

Des interventions manuelles restent tout à fait envisageables dès lors que les travaux présentent de faibles dimensions (Dutartre & Fare, 2002). Hormis les interventions précoces déjà citées, elles peuvent avoir une très grande utilité dans une phase de finition d'interventions mécanisées car elles permettent une meilleure précision dans l'enlèvement des boutures de plantes laissées dans le milieu. Elles peuvent également être une solution envisageable pour des interventions dans des sites sensibles et/ou difficiles d'accès.

Dans le contexte actuel de la colonisation du canal et du type de plantes qui le colonisent, cette solution n'est pas envisageable.

### 8.3.2 / Les interventions mécanisées

Des interventions mécanisées sont réalisées depuis les années 1920. Le matériel disponible est très souvent adapté de l'agriculture (barres de coupe, tapis roulants, etc.). Sa gamme assez importante peut s'appliquer dans un grand nombre de situations.

Les appareils les plus anciens ne procèdent qu'à une coupe des plantes (faucardage) : comme un des reproches majeurs faits au faucardage est l'abandon des plantes dans le milieu, pouvant causer des déficits en oxygène liés au pourrissement, et une recolonisation du milieu par bouturage, divers constructeurs proposent des systèmes de ramassage.

Les engins les plus récents permettent une réelle moisson des plantes, c'est à dire coupe et récolte simultanées : de grandes dimensions, ces moissonneurs sont plus adaptés aux plans d'eau de superficies importantes. Relativement fragiles, ces

appareils sont plus efficaces dans des milieux stagnants ou à faible courant, présentant des fonds réguliers.

Ces types d'engins ont déjà été mis en œuvre dans le canal de Bourgogne en 2005 et 2006.

D'autres appareils comme des godets faucardeurs, des griffes, etc., peuvent être installés sur un bras hydraulique d'un engin terrestre (tracteur, pelle mécanique) ou flottant (bateau, ponton, etc.). Ils permettent d'enlever ou d'arracher les plantes.

Pour ce qui concerne les plantes de bordure, la plupart des engins employés pour l'entretien du bord des routes sont utilisables, moyennant certaines adaptations : leurs principales limitations sont la portée du bras qui dépasse rarement une douzaine de mètres de longueur et l'accessibilité des rives : les plantes de rives observées sur le tronçon de canal étudié ne sont apparemment pas suffisamment développées pour causer des nuisances vis-à-vis de l'utilisation du canal.

Le curage ou le dragage sont également des techniques de contrôle des plantes aquatiques : intervenant sur les parties superficielles des sédiments, les plus riches en nutriments, et sur les parties des plantes enfouies dans le sédiment (banques de graines, racines, stolons ou rhizomes), ces techniques sont relativement efficaces mais coûteuses.

Elles pourraient être tentées en complément de la mise en assec de certains des biefs colonisés selon un programme pluriannuel qui resterait à définir et à mettre en œuvre.

La durée d'action de ces travaux dépasse rarement deux saisons d'été ; elle est très variable selon la nature des plantes et leur facilité de bouturage.

Les risques et incidences secondaires des interventions mécaniques sont assez bien connus. Le passage des engins entraîne souvent des remises en suspension momentanées de la couche superficielle fluide des sédiments. La sélection des plantes est impossible. Les plantes retirées des milieux entraînent avec elles leur faune inféodée, dont en particulier les invertébrés. Lors des interventions de récolte par des filets ou par les tapis roulants des moissonneurs, des animaux de plus grande taille, comme des poissons, peuvent être piégés dans les plantes et extraits en même temps (Dutartre *et al.*, 2005).

### **8.3.3 / Le devenir des plantes extraites et leur recyclage**

Dans la mesure où de nombreuses opérations d'enlèvement des plantes sont réalisées, le devenir des matières organiques extraites doit faire intégralement partie de la filière de gestion à mettre en place. Longtemps négligée, cette phase était généralement résolue sans réflexion d'ensemble par des dépôts dans des sites proches ou dans des décharges. Dans quelques cas, les plantes étaient directement déposées sur des parcelles agricoles où les agriculteurs les mélangeaient au sol après séchage partiel.

L'accroissement des quantités de plantes extraites et l'évolution de la réglementation en matière de gestion des déchets verts font apparaître le besoin d'une réflexion globale sur ce sujet et d'une évolution des pratiques.

Divers modes d'utilisation ou de recyclage des macrophytes ont déjà été largement examinés, principalement dans les pays en voie de développement, dont leur utilisation pour la production de molécules organiques utiles ; sur cette dernière possibilité, une approche vient par exemple d'être réalisée sur les plantes exotiques envahissantes dans les lacs et les étangs landais.

Dans le contexte du territoire métropolitain, il semble toutefois que seules des utilisations ne nécessitant pas d'opérations complexes de traitement des plantes soient directement viables : la plus évidente est leur emploi comme engrais vert ou ingrédients dans des terres végétales ou des composts. La méthanisation, testée voici quelques années sur différentes plantes pourrait également être envisageable.

Le choix éventuel du mode de recyclage "court" devra être réalisé en fonction des caractéristiques de la situation que l'on veut traiter : caractéristiques de la plante (dont les capacités de germination des graines) et du milieu, objectifs des travaux, nature des déchets, possibilités de transport, de stockage ou de recyclage, etc.

A défaut de rentabiliser les interventions, ces possibilités de recyclage peuvent être considérées comme des solutions de limitations des coûts globaux des travaux.

Pour ce qui concerne le canal de Bourgogne, les plantes concernées sont des espèces immergées, comportant peu de tissus de soutien et dont les matières organiques sont donc assez facilement compostables. Les assez faibles quantités de

matières sèches contenues dans les plantes extraites (5 à 10 % selon les espèces) réduisent d'autant les quantités à traiter. Si des interventions de moisson devaient être régulièrement réalisées dans les années à venir pour maintenir l'usage du canal, il faudrait programmer plus complètement la suite de la filière de gestion, après la moisson, pour ne pas continuer à se débarrasser des plantes extraites sans chercher une valorisation.

### **8.3.4 / L'application d'herbicides**

L'application d'herbicides pour réguler les développements de plantes aquatiques est un moyen classiquement employé depuis plusieurs décennies. Cette technique fait l'objet de divers débats et polémiques.

La réglementation qui les concerne est précise. Les textes de loi interdisent l'utilisation d'un produit phytosanitaire ne bénéficiant pas d'une autorisation spécifique. Enfin, l'utilisation des produits pour des usages autres que ceux fixés par l'autorisation est interdite.

Cette technique est réservée aux milieux stagnants ou à très faible courant car un certain temps de contact entre le produit et les plantes est indispensable.

Compte tenu de l'absence de sélectivité des produits encore homologués à l'heure actuelle, de la grande superficie de milieu qu'il y aurait à traiter si l'on voulait obtenir un résultat correct et de la situation du canal en zone urbaine, cette solution ne nous semble pas du tout envisageable.

### **8.3.5 / Le contrôle biologique du développement des plantes aquatiques**

Un troisième groupe de technique est l'emploi d'organismes consommant les plantes, limitant leur développement ou provoquant des maladies, encore appelé contrôle biologique.

A l'échelle mondiale, une grande variété d'organismes a été étudiée, depuis les virus, jusqu'aux mammifères. Diversement avancées, les recherches dans ce domaine restent pour une large part encore en phase expérimentale. Les seules mises en œuvre concrètes concernent certaines plantes aquatiques tropicales, comme la jacinthe d'eau.

En France, aucune recherche spécifique n'est menée sur ces techniques mais les recherches mondiales pourraient éventuellement être utilisables dès lors qu'elles concerneraient certaines des espèces proliférant sur le territoire.

Des recherches dans ce domaine sont menées sur *Cabomba caroliniana* en Australie mais ne semblent avoir débouché sur des possibilités d'interventions.

Dans la mesure où plusieurs plantes sont responsables de la colonisation du canal de Bourgogne, il ne semble pas que cette approche soit envisageable dans le contexte actuel.

## 8.4 / Cas particulier de *Cabomba caroliniana*

Cette espèce cause des nuisances dans divers pays, dont le Canada (état d'Ontario), la Nouvelle Zélande et l'Australie (Cf. la liste des sites Internet consultés, page 73). Des recherches ont été menées sur sa biologie et son écologie et sur les techniques de contrôle de son développement.

Elle a déjà fait l'objet d'interventions de régulation, en particulier en Australie où elle cause de graves nuisances dans l'est du pays vis-à-vis des usages humains des milieux et des impacts négatifs sur la flore et la faune aquatique. Elle y est considérée comme une "mauvaise herbe d'importance nationale" (*Weed National Significance*).

Divers documents destinés à donner au grand public des conseils de prudence et des informations sur les techniques de régulation utilisables sont déjà diffusés, un exemple de plaquette de ce type est présentée en Annexe 4.

Le tableau N° 12 est une synthèse des informations disponibles en Australie sur les modalités d'intervention sur les développements de cabomba. Les solutions applicables et efficaces sont relativement peu nombreuses.

## Tableau N° 12 : Techniques de régulation de *C. caroliniana*

(adapté de "Weeds of National Significance, Weed Management Guide, Cabomba (*Cabomba caroliniana*), 2003, Natural Heritage Trust, Australie")

Type d'infestation	"Hygiène"	Physique	Mécanique	Modification de l'habitat	Herbicides
Plans d'eau de loisirs, rivières	Nettoyage des bateaux, engins divers et matériels de pêche.	X	X	Végétalisation des rives dans des sites où l'ombrage peut être efficace.	X
Milieux fermés avec de fortes infestations	Nettoyage du matériel et des opérateurs	X	Coupe et récolte des plantes, par exemple avec une drague suceuse pour éviter la perte de fragments de plantes.	X	X
Plantes isolées ou milieux de petites dimensions	X	Récolte manuelle en plongée.	X	X	régulation possible
Milieux destinés à la production d'eau potable	X	X	X	Mise en assec possible	X

X non applicable

La mise en assec signalée comme utilisable dans les milieux destinés à la production d'eau potable en Australie a été également testée dans des plans d'eau en Louisiane où elle semble avoir donné des résultats satisfaisants. Dans une synthèse bibliographique, Mackey (1996) indique que des assecs prolongés peuvent avoir une efficacité dépassant 90 % et que des assecs durant tout l'hiver sont le meilleur moyen de contrôle de cabomba, bien que les résultats dépendent des conditions climatiques hivernales.



## 9 / Synthèse et propositions

### 9.1 / Synthèse

Les investigations de terrain et les diverses analyses réalisées au cours de cette étude permettent les commentaires suivants.

- la colonisation végétale du canal de Bourgogne aux alentours de Dijon n'est pas le seul fait d'une espèce exotique observée pour la première fois en France en milieu naturel, *Cabomba caroliniana* : plusieurs plantes indigènes contribuent fortement à ce phénomène. Il s'agit d'ailleurs d'un cas tout à fait particulier car dans la quasi-totalité des colonisations végétales rapides et importantes (ce que l'on peut nommer "proliférations") de milieux aquatiques observées sur le territoire français depuis plusieurs années, une seule espèce est responsable du phénomène. Six espèces différentes sont présentes dans le tronçon de canal concerné avec des recouvrements notables.
- les observations de 2006 permettent un bilan assez précis de cette colonisation mais ne nous donnent pas d'indications sur la nature exacte de la colonisation déjà combattue en 2005 (plantes présentes en plus de *C. caroliniana*), ni sur ce qui peut se produire en 2007,
- les biomasses fraîches produites par les plantes présentent des maximums de l'ordre de 10 kg par m<sup>2</sup>, ce qui n'est pas exceptionnel,
- elles ne nous permettent pas non plus de reconstruire un historique de cette "prolifération pluri-spécifique" exceptionnelle, n'y d'en proposer des éléments d'explication autre que des hypothèses.

En utilisant les connaissances disponibles sur la biologie et l'écologie des plantes aquatiques (voir par exemple Peltre *et al.*, 2002 a et b ; GIS Macrophytes, 1997), on peut constater que dans de très nombreuses situations, la présence et/ou l'abondance de ces espèces est la conséquence de conjonctions favorables de plusieurs paramètres physiques, chimiques, voire biologiques. De même, les réactions écologiques aux variations de ces paramètres ne sont pas nécessairement

linéaires mais peuvent être séquentielles, réagissant fortement à partir d'un seuil atteint par tel ou tel paramètre.

La reproduction végétative des plantes aquatiques leur permet une dispersion facilitée par le courant (les fragments de tiges peuvent subsister des jours, voire des semaines dans les eaux), les animaux dans quelques cas et les activités humaines dans de nombreux cas (la navigation étant un de ces moyens de dispersion, Cf. Figure N°33).

Figure N° 33 : Exemple de transport de plantes par les bateaux



Un certain nombre d'espèces produisent des graines viables (nous avons déjà cité les deux espèces de *Najas* et *V. spiralis*) qui elles aussi peuvent être transportées et venir s'accumuler dans les zones sans courant où elles se retrouvent dans les couches superficielles des sédiments, formant ce qu'il est convenu d'appeler des "banques de graines".

Les principaux paramètres physiques pouvant influencer la répartition des plantes aquatiques sont l'ensoleillement; la température et les conditions hydrologiques et hydrauliques.

Les plantes chlorophylliennes ont besoin de lumière : nous avons déjà indiqué que l'ensoleillement sur le canal n'était pas limitant pour les plantes présentes et la turbidité provoquée par le passage des bateaux dans le canal n'est apparemment pas suffisante pour réduire les développements végétaux.

La température est également un paramètre important puisque son élévation au printemps est un des facteurs déclenchant le développement des plantes : la canicule de 2003 a dû augmenter notablement la température des eaux du canal,

déclenchant peut être ce développement qui s'est amplifié depuis. Le tableau N° 13 présente un résumé des commentaires disponibles sur le site Internet de Météo France pour les périodes d'été depuis 2003 : les conditions de température et d'ensoleillement décrites sont généralement au dessus des normales saisonnières...

### Tableau N° 13 : Commentaires sur les conditions climatiques estivales du département de Côte d'Or entre 2003 et 2006

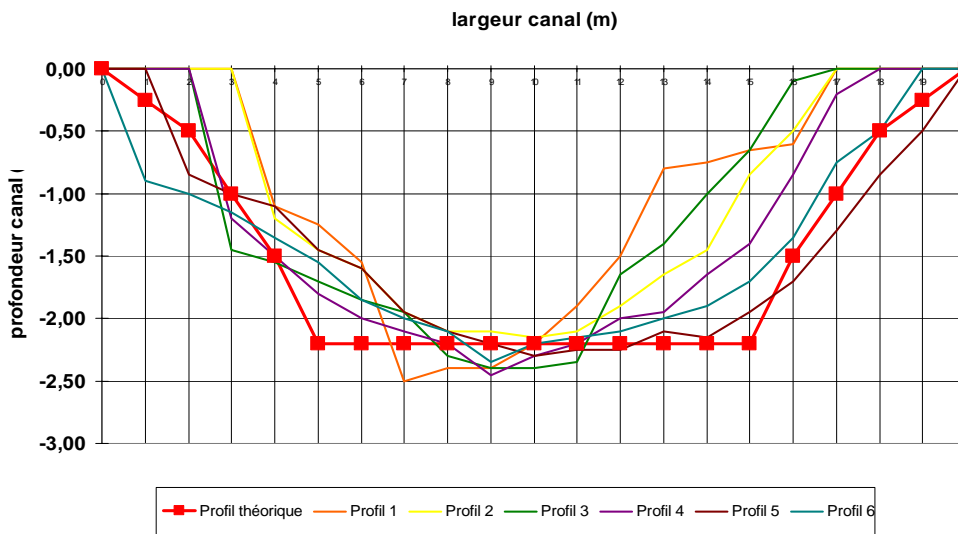
(données extraites du site Internet de Météo France :

[http://www.meteofrance.com/FR/climat/dpt\\_tempsdumois.jsp?LIEUID=DEPT21](http://www.meteofrance.com/FR/climat/dpt_tempsdumois.jsp?LIEUID=DEPT21))

Mois	Commentaires
<b>Mai 2003</b>	grand déficit pluviométrique, excédent de température moyenne entre + 1,3 et + 1,9
<b>Juin 2003</b>	un mois exceptionnel ensoleillé et très chaud ; 6 à 7 ° de plus que la normale
<b>Juillet 2003</b>	sec, très chaud, bien ensoleillé ; 2 à 3 ° au de dessus des normales
<b>Août 2003</b>	"Un mois historique !!!" 5 à 6 ° au dessus des normales
<b>Juillet 2004</b>	mois banal ; températures proches des normales
<b>Août 2004</b>	plus chaud que la normale grâce à la douceur de ses températures minimales
<b>Juillet 2005</b>	un mois plus chaud que la normale ; 0,5 à 1,1 ° de plus que les normales
<b>Juillet 2006</b>	exceptionnellement chaud, très ensoleillé ; 4,7 à 5,3 ° de plus que les normales

Nous avons indiqué que la répartition des plantes aquatiques dans le profil du canal (Figure N° 19) était réduite dans les zones de rives à cause du batillage et impossible dans la zone centrale profonde. Le profil du canal peut évoluer en fonction de l'érosion des berges causées par ce batillage et la proportion de biotopes favorables au développement des plantes peut alors augmenter. La figure N° 34 présente des données de bathymétries réalisées par les services de VNF et le profil théorique du canal : on peut y constater des différences notables en particulier dans la gamme de profondeur entre 0,5 et 1,5 m.

Figure N° 34 : Profil théorique du canal et profils réels : exemple du bief 56 (données VNF)



analyses réalisées sur les eaux et les sédiments durant l'été ne montrent aucune preuve évidente d'un enrichissement en nutriments pouvant expliquer cette colonisation : les teneurs en azote et phosphore restent relativement faibles, tout comme les teneurs en chlorophylles ; des données complémentaires obtenues en dehors de la période de développement des plantes resteraient à obtenir pour statuer plus complètement sur ces conditions physico-chimiques. Par ailleurs la diversité des plantes aquatiques rencontrées correspond à une qualité relativement correcte pour un canal traversant une zone urbaine.

Des fragments de plantes leur permettant de reconstituer des plantes entières lorsque ces "propagules" trouvent un biotope favorable à leur développement peuvent être transportés par les bateaux (Cf. Figure N° 33).

La figure N° 35 présente les effectifs des bateaux ayant été comptabilisés au bief 55 entre 2001 et 2005. La fréquentation a été maximale en 2001, a subi une nette diminution en 2002 (de plus de 200 à environ 100) pour ré-augmenter globalement jusqu'en 2005 (environ 150 bateaux) : il ne semble donc pas que l'évolution de la fréquentation du canal ait pu jouer un rôle dans la colonisation végétale.

#### nombre mensuel de bateaux

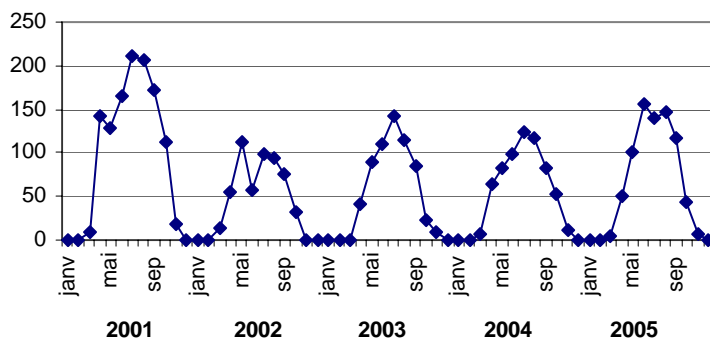


Figure N° 35 :  
Circulation des  
bateaux de 2001 à  
2005, bief 55  
(données VNF)

- les techniques de régulation mises en place en 2005 et 2006 ont permis d'éliminer de grandes quantités de matières organiques mais ne peuvent être efficaces sur les parties proches du sédiment ou enfouies, sur les graines (cas des deux espèces de *Najas* et de *V. spiralis*) ou sur les hibernacles d'autres espèces : elles permettent donc de ralentir la colonisation mais ne peuvent prétendre l'arrêter,
- un examen rapide et encore incomplet des méthodes de régulation disponibles pour ce type de plantes aquatiques dans ce type de milieu montre qu'elles sont peu nombreuses
- parmi ces méthodes, la mise en assec est considérée comme efficace sur la colonisation de *C. caroliniana* (Cf. données étrangères) : dans la mesure où des assecs sont programmés sur le canal pour des opérations d'entretien des ouvrages, cette gestion du canal pourrait également être mise en œuvre avec l'objectif complémentaire de réduire la colonisation végétale,
- afin de réduire encore la capacité d'accueil du canal pour les plantes aquatiques, des reprofilages ou des extractions des sédiments pourraient être réalisés de manière à réduire la superficie des biotopes favorables et/ou d'enlever les parties végétatives des plantes pouvant subsister dans les sédiments et au moins une partie des banques de graines.

## 9.2 / Propositions

Il nous semble donc nécessaire qu'un programme de surveillance et d'évaluation de cette colonisation végétale, comprenant des expérimentations sur les modalités techniques de régulation, et dépassant les seules interventions d'enlèvement estival des biomasses de plantes, puisse commencer à être mis en place dès 2007.

- des assecs de courte durée étaient prévus cet hiver sur certains des biefs concernés par cette étude : 53 et 54 du 11 novembre 2006 au 31 janvier 2007 et 64 et 65 du 1<sup>er</sup> février au 23 mars 2007. Ils pourront avoir un impact sur le futur développement végétal : un suivi minimum de la colonisation végétale pourrait donc être de comparer dès 2007 la colonisation végétale de ces biefs en prenant un ou deux autres biefs non traités comme référence de milieux "non perturbés" par cette intervention.

- des assecs hivernaux de période plus longue pourraient être mis en place pour tester l'impact de cette technique sur la recolonisation végétale : la durée de ces assecs devra être la plus longue possible en tenant compte des objectifs de gestion du canal ; ces assecs pourraient éventuellement débiter en automne dès l'arrêt de la fréquentation par les bateaux.

- des expérimentations de reprofilage des rives et/ou d'extraction des dépôts de sédiments dans certaines parties de biefs pourraient être programmées dès 2008, soit dans le cadre du programme d'entretien déjà en cours de VNF, soit en complément après des reconnaissances précises de la morphologie du canal et des épaisseurs de dépôts de sédiments fins dans des zones jugées favorables à ces tests. Dans toute la mesure du possible, la programmation de ces interventions physiques sur le canal devrait partir de l'amont du tronçon colonisé. Rappelons sur ce point que *Cabomba caroliniana* est visible depuis le port de Plombières.

- les informations sur la qualité des eaux du canal dans le cadre de cette étude nous semblent insuffisantes pour statuer vraiment sur ce point : un programme minimum de suivi pourrait éventuellement être mis en place comportant au moins une campagne hivernale hors toute consommation de nutriments par les plantes.

- une surveillance continue devrait être mise en place dès le printemps 2007 pour évaluer les dynamiques de colonisation observables dans les différents biefs et pour programmer les opérations de moisson ; sachant toutefois que les aléas climatiques (période de pluies, de températures faibles comme en 2006) peuvent modifier rapidement ces colonisations. Cette surveillance continue, dont les modalités doivent encore être précisées, pourrait également permettre de suivre les éventuelles évolutions dans la composition des peuplements végétaux présents. En effet, ces peuplements sont susceptibles d'évolutions rapides (remplacement des espèces dominantes) selon les conditions climatiques futures. Par ailleurs, le peu d'informations dont nous disposons actuellement sur la dynamique de *Cabomba caroliniana* dans le contexte métropolitain doit nous conduire à conserver une certaine prudence dans les prévisions.

- dans la mesure où cette colonisation végétale est une contrainte nouvelle pour les agents de VNF, une démarche d'information et de formation spécifiquement adaptée nous semble également nécessaire : une première phase serait la diffusion d'informations sur la biologie, l'écologie et la reconnaissance des espèces présentes dans le canal si possible avant l'été 2007.

L'accès à des sessions de formation sur la thématique des milieux et des plantes aquatiques (écologie et gestion) devrait être recherché dans un second temps, soit en recherchant des sessions déjà existantes sur cette thématique, soit en créant une session spécifique.

Une session de formation *in situ*, s'appuyant sur des observations réalisées au fil du tronçon de canal, dans les zones colonisées par la végétation, pourrait également être organisée en début d'été 2007.

- l'ensemble des ces propositions pourrait être intégré dans un programme couvrant 2 ou 3 ans, programme qui reste à construire et qui pourrait être proposé aux partenaires de VNF dans la gestion du canal.

## Bibliographie

- Denys L., Packet J., Weiss J., Coenen M., 2003. *Cabomba caroliniana* (Cabombaceae) houdt stand in Holsbeek (Vlaams-Brabant, België). *Dumorteria*, 80, 35- 40
- Dutartre A., 2002. Panorama des modes de gestion des plantes aquatiques : nuisances, usages, techniques et risques induits. *Ingénieries* N° 30, 29-42.
- Dutartre A., 2004. De la régulation des plantes aquatiques envahissantes à la gestion des hydrosystèmes. *Ingénieries*. N° Spécial 2004 "Ingénierie écologique", 87-100.
- Dutartre A., Codhant H., Mary N., 1994. Les végétaux aquatiques et le transfert des nutriments dans le fleuve Charente : les macrophytes. Symposium Relations continent-zones côtières, La Rochelle, 13 - 15 septembre 1994. 10 pages.
- Dutartre A.; Delarche A.; Dulong J., 1989. *Végétation aquatique des lacs et étangs landais. Proposition d'un plan de gestion*. Cemagref, Groupement de Bordeaux, Division Qualité des Eaux, GERE. Etude N° 38, 121 p.
- Dutartre A., Fare A., 2002, Guide de gestion des proliférations de plantes aquatiques. Cemagref, Agence de l'Eau Adour Garonne. Rapport, 121 p.
- Dutartre A., Pipet N., Bachelier E., 2005. Suivi de l'impact de la moisson mécanique des plantes aquatiques sur les populations piscicoles. Synthèses des expérimentations 2002-2003 sur le plan d'eau de Noron (Deux Sèvres), IIBSN, rapport, 33 p.
- G.I.S. Macrophytes, 1997. Biologie et écologie des espèces végétales aquatiques proliférant en France. Synthèse bibliographique. Les études de l'Agences de l'Eau, N° 68, 199 p.
- Janauer G., Stetak D., 2003. Macrophytes of the Hungarian lower Danube valley (1498-1468 river-km). *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 147/1-2, 167-180
- Mackey A. P., 1996. *Cabomba* in Queensland. Pest Status Review Series. Land Protection Branch. Queensland Government, Natural Resources and Mines, 36 p.
- Peltre M.C., Dutartre A., Barbe J., Haury J., Muller S., Ollivier M., Trémolières M., 2002 . Les proliférations végétales en France. Caractères biologiques et écologiques des principales espèces et milieux propices. II Intérêt pour la gestion. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 365/366 : 259-280



- Peltre M.C., Muller S., Ollivier M., Dutartre A., Barbe J., Haury J., Trémolières M., 2002 . Les proliférations végétales en France. Caractères biologiques et écologiques des principales espèces et milieux propices. I. Bilan d'une synthèse bibliographique. Bull. Fr. Pêche Piscic. 365/366 : 237-258
- Preston C. D., Croft J. M., 1997. Aquatic plants in Britain and Ireland. Harley Books Ed., 365 p.
- Sanders D., 1980. The ecology of *Cabomba caroliniana*. 133-146. In "Gangstad E. O. Weed control methods for public health applications. E. O. Gangstad Ed., CRC Press Inc., Florida.
- Sankaran Unni K., 1976. Production of submerged aquatic plantes communities of Doodhadhari lake Raipur, (M.P.INDIA). Hydrobiologia, 48, 2, 175-177
- Sipos V. K., Kohler A., Köder M., Janauer G., 2003. Macrophyte vegetation of Danube canals in Kiskunsag (Hungary). Arch. Hydrobiol. Suppl. 147/1-2, 143-166
- Songguang Xie, Yibo Cui, Tangling Zhang, Rongle Fang, Zhongjie Li. 2000. The Spatial Pattern of the Small Fish Community in the Biandantang Lake – A Small Shallow Lake Along the Middle Reach of the Yangtze River, China. Environmental Biology of Fishes. 57, 2, 179-190

# Sites Internet consultés

- 1) Natural, ressources, environnement and the arts\_ australia  
<http://www.nt.gov.au/nreta/wildlife/plants/cabomba/index.html>
- 2) *Department of the Environment and Heritage and the CRC for Australian Weed Management, 2003*  
<http://www.deh.gov.au/biodiversity/invasive/publications/c-caroliniana.html>
- 3) University of Massachusetts. The Connecticut River Homepage  
<http://www.bio.umass.edu/biology/conn.river/cabomba.html>
- 4) efloras .org : [http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora\\_id=1&taxon\\_id=10140](http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=10140)
- 5) Watson, L., and Dallwitz, M.J. 1992 The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. Version: 2nd June 2006. <http://delta-intkey.com/angio/www/cabombac.htm>
- 6) wikipédia : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Cabombaceae>
- 7) Washington State Department of Ecology, 2003. Technical Information About *Cabomba Caroliniana* (Fanwort) <http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/plants/weeds/aqua006.html>
- 8) global invasive species database  
<http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=402&fr=1&sts=sss>
- 9) Champion, P.D.; Clayton, J.S. 2001. Border control for potential aquatic weeds. Stage 2. Weed risk assessment. Science for Conservation 185. 30 p.
- 10) United states department of agriculture NRCS Natural Resources Conservation Service  
[http://plants.nrcs.usda.gov/cgi\\_bin/topics.cgi?earl=plant\\_attribute.cgi&symbol=CACA](http://plants.nrcs.usda.gov/cgi_bin/topics.cgi?earl=plant_attribute.cgi&symbol=CACA)
- 11) Invaders database system university of Montana  
[http://invader.dbs.umt.edu/scripts/esrimap.dll?name=Noxious\\_map&Plant\\_Name=Cabomba+caroliniana&submit1=Submit&Choice=1&CMD=Map](http://invader.dbs.umt.edu/scripts/esrimap.dll?name=Noxious_map&Plant_Name=Cabomba+caroliniana&submit1=Submit&Choice=1&CMD=Map)
- 12) USDA, ARS, National Genetic Resources Program. Germplasm Resources Information Network - (GRIN) [Online Database]. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland.  
URL: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/genus.pl?1834>
- 13) ITIS, Integrate taxonomic Information System  
[http://www.itis.usda.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=18406](http://www.itis.usda.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=18406)
- 14) 2004 Student Research Conference: 17th Annual Undergraduate and 2nd Annual Graduate Research Conference  
[http://src.truman.edu/browse/display.asp?abs\\_id=172&year=2004](http://src.truman.edu/browse/display.asp?abs_id=172&year=2004)



# **ANNEXES**

## ANNEXE 1 : Fiche de description de secteur

**CANAL DE  
BOURGOGNE**

Date :

Opérateur :

Secteur N° :

Longueur (m) :

Rive : G D

### Berges

- naturelles      **érosion**  
% de linéaire     

- artificielles  
% de linéaire        
écluse    pont    port

### Plantes de berges

taxon	% de linéaire

### Colonisation du canal (échelle du secteur)

taxon	largeur (m)	% de linéaire	immergé	surface	% de recouvrement dans la zone colonisée

**Observations :**

## ANNEXE 2 : Analyses physico-chimiques des eaux et des sédiments

### Analyses des eaux (campagne du 17 juillet 2006)

C 20° : Conductivité électrique à 20 °C

MeS : matières en suspension totales

N K : azote Kjeldahl (azote ammoniacal + azote organique), N o : azote organique,

N m : azote minéral, NH4 : azote ammoniacal, NO2 : nitrites, NO3 : nitrates,

PT : phosphore total, PO4 : phosphates

Tous ces paramètres sont exprimés en mg/l

station	C 20°	MeS	N.K.	N o	N m	NH4	N-NH4	NO2	N-NO2	NO3	N-NO3	PT	PO4	P-PO4
bief 39	395	48,0	1,2	1,1	1,1	0,07	0,05	0,13	0,04	4,3	1,0	0,26	0,23	0,08
bief 42	395	23,0	0,9	0,9	0,8	0,05	0,04	0,10	0,03	3,3	0,7	0,17	0,14	0,05
bief 50	390	15,0	0,8	0,8	0,3	0,05	0,04	0,04	0,01	1,1	0,2	0,06	0,10	0,03
bief 51	390	67,0	0,9	0,9	0,3	0,03	0,02	0,04	0,01	1,1	0,2	0,15	0,09	0,03
bief 52	375	8,0	0,6	0,6	0,2	0,03	0,02	0,04	0,01	0,9	0,2	0,04	0,04	0,01
bief 53	345	9,3	0,7	0,7	0,2	0,04	0,03	0,03	0,01	0,5	0,1	0,04	0,06	0,02
bief 55 amont	370	10,0	0,8	0,8	0,4	0,04	0,03	0,04	0,01	1,7	0,4	0,05	0,10	0,03
OUCHE aval Kir	445	12,0	1,0	0,9	1,2	0,13	0,10	0,12	0,04	4,6	1,0	0,07	0,07	0,02
bief 55 aval	405	11,0	0,9	0,8	0,8	0,12	0,09	0,09	0,03	2,8	0,6	0,06	0,05	0,02
bief 56 amont	390	12,0	1,0	1,0	0,6	0,06	0,05	0,1	0,03	2,2	0,5	0,05	0,03	0,01
bief 56 aval	375	28,0	1,0	1,0	0,5	0,04	0,03	0,07	0,02	2,2	0,5	0,14	0,05	0,02
bief 57	375	11,0	0,8	0,8	0,6	0,02	0,02	0,06	0,02	2,3	0,5	0,07	0,03	0,01
bief 58	360	3,2	0,5	0,5	0,5	0,02	0,02	0,05	0,02	2,2	0,5	0,02	0,06	0,02
bief 60	350	5,2	0,5	0,5	0,5	0,02	0,02	0,04	0,01	2,0	0,5	0,03	0,05	0,02
bief 61	325	3,4	0,6	0,6	0,4	0,02	0,02	0,04	0,01	1,7	0,4	0,02	0,04	0,01
bief 63	315	3,2	0,6	0,6	0,4	0,02	0,02	0,03	0,01	1,6	0,4	0,02	0,04	0,01
bief 64	310	4,2	0,6	0,6	0,4	0,01	0,01	0,03	0,01	1,9	0,4	0,03	0,05	0,02

### Analyses des sédiments

(MS : matières sèches)

		39	42	50	52	54	57	61	65
Humidité	%p.b	57,2	55,5	52	56,4	58,4	59,7	55,5	54,3
Matière sèche	%p.b	42,8	44,5	48	43,6	41,6	40,3	44,5	45,7
Rapport C/N		12,4	12,7	12	13,7	8,2	10,2	10,1	10,9
Carbone Organique	%MS	3,1	2,8	2,5	3,3	3,1	2,6	2,2	2,3
Matière Organique	%MS	6,2	5,5	5,1	6,5	6,2	5,1	4,5	4,7
P2O5 total	g/kg MS	2,4	1,9	1,6	1,6	2	1,4	1,1	1,2
K2O total	g/kg MS	5,4	4,4	5	4,7	5,6	4,5	4,7	4,2
Azote total	g/kg MS	2,5	2,2	2,1	2,4	3,8	2,5	2,2	2,1
Azote ammoniacal	g/kg MS	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1
Azote Nitrique	g/kg MS	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Azote Organique	g/kg MS	2,4	2,1	2,1	2,3	3,8	2,5	2,1	2,1

## ANNEXE 3 : Coupures de presse

Bien Public, 4 août 2006, page 2, Région

**CERTAINS PLAISANCIERS SE SONT PLAINTS À DIJON**

# Algues : Un plongeur nettoie le port du canal

Face à une importante prolifération d'algues dans le port du canal à Dijon, celles-ci sont actuellement évacuées à la demande de certains plaisanciers. Hier, un plongeur de la société spécialisée AB Plongée service s'attachait ainsi à arracher les algues par la racine pour les sortir de l'eau. L'opération doit durer deux jours.

« La chaleur et la luminosité sont à l'origine d'une importante photosynthèse et donc d'un fort développement des algues cette année. On constate la même chose à Saint-Jean-de-Losne », explique le plongeur. Mme Falkowski, qui s'installe tous les ans au port avec son époux, n'en a jamais observé autant. « C'est

la première fois qu'on les voit fleurir en surface. J'ai voulu faire tourner le moteur ce matin mais l'hélice ne pouvait plus bouger. Nous sommes obligés de les enlever nous-mêmes tous les deux jours. J'espère que nous allons pouvoir repartir dans de bonnes conditions », dit-elle en gardant sa bonne humeur.

**« C'est tout de même dégoûtant »**

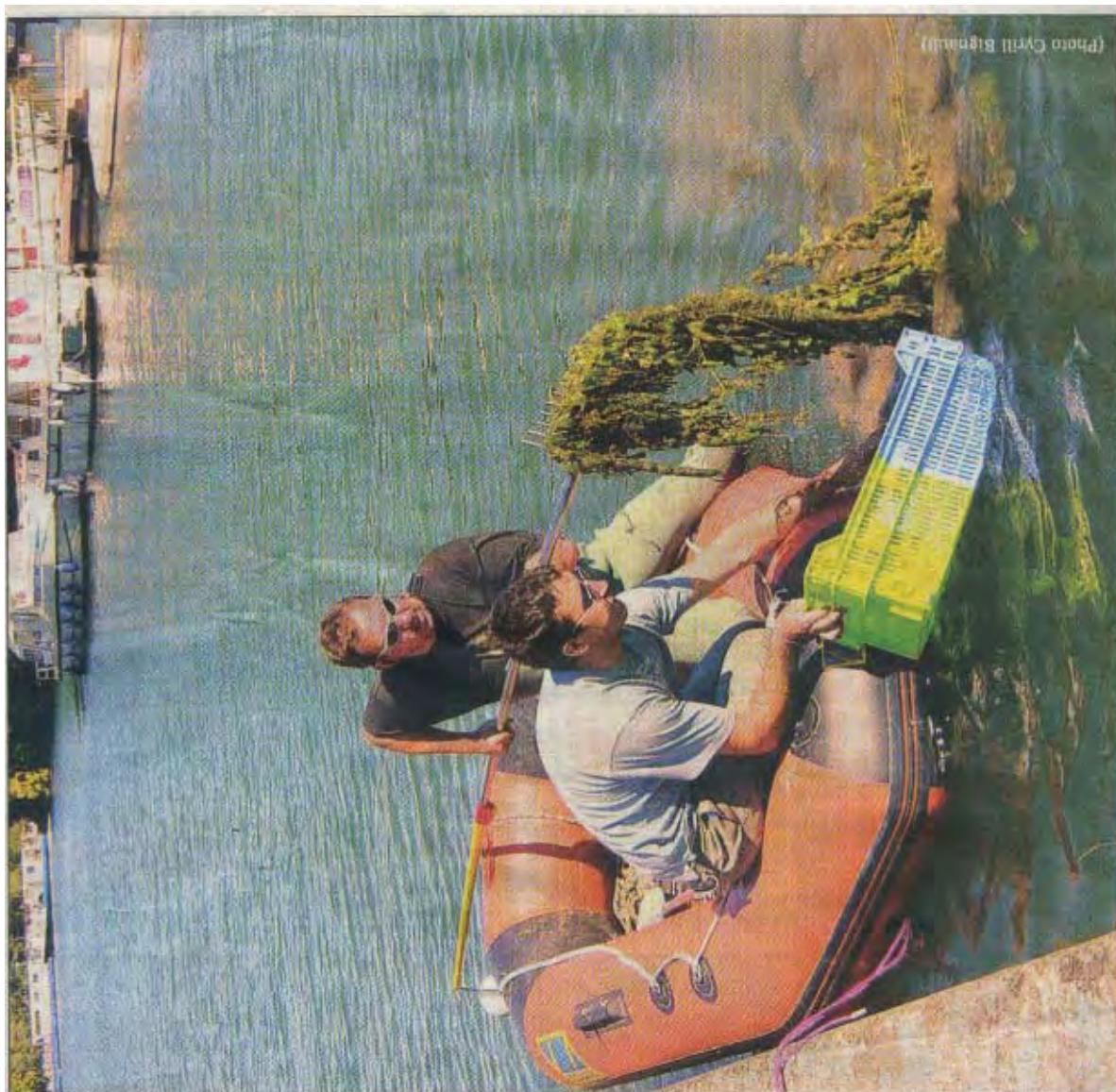
Rémi Sauvage, le directeur du port, a contacté VNF (Voies navigables de France) mais s'est décidé à s'occuper lui-même du problème en raison de délais qu'il juge trop longs. « Même si cela ne sent pas mauvais, c'est tout



Hier, un plongeur de la société AB Plongée service arrachait les algues par la racine pour les sortir de l'eau. L'opération doit durer deux jours (photo BP-LD)

de même dégoûtant pour les occupants du port, qui se plaignent tous les jours. Personne ne sait exactement qui doit s'en occuper. » De son côté, la subdivision dijonnaise de VNF informe

qu'une opération de faucardage est prévue à la mi-août. L'organisme mène parallèlement une étude sur la prolifération des algues, dont les résultats seront disponibles à la fin de l'année.



# Invasion verte dans le canal

Certaines zones du canal de Bourgogne autour de Dijon sont fortement colonisées par une plante aquatique, originaire du continent américain, importée pour décorer les aquariums. Une étude est en cours pour évaluer la situation et trouver des solutions à ce problème qui entrave quelque peu la plaisance.



UNE ÉTUDE A ÉTÉ LANÇÉE POUR LIMITER SA PROLIFÉRATION

# Invasion verte dans le canal de Bourgogne

Depuis l'an dernier, sur le canal de Bourgogne, une plante aquatique est apparue de façon envahissante, localisée pour l'essentiel à la hauteur de l'agglomération dijonnaise. Une prolifération qui apparaît comme la plus importante recensée en France.



La *cabomba caroliniana* est une plante d'aquarium originaire du sud-est des États-Unis (photos B.P.-D.)

« Il s'agit d'une plante bien connue des aquariophiles, originaire du sud-est des États-Unis, qui a probablement rejoint le canal après une vidange d'aquarium. Un seul morceau de quelques centimètres de la plante peut lui suffire pour se développer en milieu naturel », explique Alain Dutarre du Cemagref, l'établissement public de recherche pour l'ingénierie de

l'institut basé à Bordeaux afin d'établir une cartographie des plants présents sur le canal. Outre la *cabomba caroliniana*, d'autres plantes proliférantes, moins problématiques, ont été également recensées telles que la najas minor (*najas flexilis*) ou la *ceratophyllum demersum* (*ceratophylle émergé*). Hier, les scientifiques effectuaient des prélèvements sur des surfaces recensées.

« La prolifération est apparue de façon très visible l'an dernier », précise Christian Chauvin, ingénieur dionnais, chargé d'étude au Cemagref. « La zone envahie de façon régulière par cette plante s'étend de Plombières-les-Dijon à Bretenière (\*). Nous en trouvons aussi dans le lac Ktr, au niveau du mini-port. Nous n'avons pas eu connaissance d'une invasion aussi importante de la *cabomba caroliniana* dans d'autres régions françaises. »

## Conclusion à la fin de l'année

Une explication à ce phénomène ? « Ce ne sont que des hypothèses, mais on



Hier, les scientifiques effectuaient des prélèvements des plantes aquatiques proliférantes sur des zones recensées

peut penser que la canicule de 2003 a pu aider cette plante à s'acclimater, et la chaude période de l'an dernier lui permette de se développer de façon importante », avance Christian Chauvin.

« Un problème d'emvasement à certains endroits peut-être aussi une des raisons du développement. Nous ne trouvons pas de plants sur les zones caillouteuses. »

Le Cemagref effectuera encore des prélèvements de sédiments le mois prochain et rendra ses conclusions d'ici à la fin de l'année. Les VNF devraient également prochainement organiser une opération de fauchardage.

En attendant, cette invasion verte rappelle, une nouvelle fois, que la réintroduction par l'Homme, voulue ou accidentelle, d'espèces exotiques, végétale ou animale, en milieu naturel, peut avoir des conséquences fâcheuses sur l'environnement. « C'est un véritable problème mondial », insiste d'ailleurs Alain Dutarre.

« Des plantes, qui sont à la base ornementales (de jardin ou d'aquarium) peuvent devenir ainsi invasives. Attention à certains de nos rapetelés. La nature nous le rappelle tôt ou tard.

Cyrill BIGNAULT

(\*) Du bief S 50 au S 64.

### ALGUES DANS LE CANAL

## Opération faucardage entre Bretenière et Pont-de-Pany



Les bateaux faucardeurs interviennent en ce moment entre Pont-de-Pany et Bretenière (photo BP-LD)

Depuis trois semaines, le Canal de Bourgogne connaît une opération de faucardage pour limiter la prolifération des herbes aquatiques. Parmi elles, la Cabomba de Caroline, une plante bien connue des aquariophiles, originaire du sud-est des États-Unis, qui aurait rejoint les eaux du canal lors d'une vidange d'aquarium ou transporté par un bateau (voir notre édition du 19 août).

« Depuis 2003, nous avons constaté cette prolifération, localisée pour l'essentiel entre Bretenière et Pont-de-Pany », explique Claude Remond, chef de la subdivision Dijon navigation. Une prolifération qui prend toute son ampleur à partir de mai et particulièrement pendant les fortes chaleurs, perturbant la cir-

culatation des bateaux (hélices entravées), mais aussi le bon fonctionnement des écluses.

L'opération de faucardage, assurée par deux entreprises de l'Isère et du Bas-Rhin, mobilisant trois bateaux simultanément, dure deux mois. Les herbes, après récolte, sont transportées dans une décharge.

« C'est une action curative », souligne Claude Remond. Parallèlement, Voies navigables de France (VNF) a chargé un établissement public bordelais de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture de réaliser une étude afin de trouver des solutions pour limiter cette invasion verte. Les résultats devraient être connus d'ici la fin de l'année.

#### OPÉRATION DE FAUCARDAGE SUR LE CANAL DE BOURGOGNE

# La « cabomba caroliniana » nous enherbe

Les algues proliférantes qui envahissent le canal de Bourgogne et le port de Dijon sont devenues un véritable fléau pour la navigation fluviale. Une opération de faucardage sur trois semaines doit limiter le phénomène avant qu'une solution pérenne ne soit trouvée.

**D**ÉJÀ IL Y A trois semaines, le faucardage du port de Dijon et du canal de Bourgogne entre Bismessière et Pont de Paris durera deux mois.

« Déloger les herbes envahissantes est devenu une priorité car leur prolifération, répétitive, rend la navigation des plaisanciers difficile », affirme Claude Raymond, responsable de la subvention Dijon-navigants.

Une première intervention programmée dans l'agglomération durant l'été 2005 était rendue indispensable pour que le canal ne ferme pas à une période où le tourisme fluvial bat son plein. Au mois d'août de cette année, la ville a également fait intervenir une équipe de plongeurs dans le port du canal pour arracher la mauvaise herbe.

#### Un fléau inquiétant

« Il semble que ce phénomène de prolifération s'accroisse en période de fortes chaleurs », poursuit Claude Raymond.

Cela pose bien sûr des problèmes pour l'exploita-

tion des installations du canal (les écluses sont souvent mises à mal par les algues) mais aussi pour la pisciculture. Le manque de lumière au fond a tendance à étouffer les poissons qui se trouvent ainsi en dette d'oxygène.

Ce problème récurrent qui a tendance à s'aggraver n'est pas à prendre à la légère puisque cette opération de faucardage représente un coût de 100 000 euros tous ans seulement après l'apparition des premiers symptômes.

Concrètement, le faucardage consiste à couper les algues, les ramasser et les évacuer vers une déchèterie.

Dans le port du canal, l'opération qui durera trois jours est tributaire d'une large évacuation qui doit arriver cette année. « L'herbe ne peut être stockée sur les quais du port car l'odeur peut être particulièrement gênante pour les riverains et les promeneurs », précise Claude Raymond.

#### Stopper la prolifération

Afin de trouver des solutions pérennes et écologiques pour stopper l'invasion galopante de la cabomba caroliniana, une étude consignée a été demandée au CEMAGREF.

Cet organisme public dépendant des ministères en charge de la recherche, de l'agriculture et de l'environnement a donc pour mission de préciser la connaissance du phénomène, d'étudier le contexte puis de déterminer les moyens de lutte et de prévention. Son rapport est attendu vers la fin novembre et permettra de mettre en œuvre une solution efficace, durable et écologique pour endiguer le fléau avant que ce cycle ne reprenne au printemps.

En effet, lorsque chaleur et acidité dépassaient le phénomène se tasse de lui-même. « Le problème est que l'on trouve de tout dans le canal », conclut Claude Raymond. Moulyrie, cadibés, tartes à tête rouge car-



Équipe de faucardage verticale, horizontale et d'un tapis roulant, cette faucarde agit moderne soit soit se représente qu'un traitement court puisque les algues sont emmenées déchèterie et non arrachées.



45 000 m<sup>3</sup> d'algues doivent être évacués sur le tronçon total : soit 60 km de voir fluviale entre la Bismessière et Pont de Paris (photos A.T.)

vores, autant d'ennemis qui mettent en péril l'écosystème fragile du canal de Bourgogne.

Arnaud FINISTRE



Au cours de l'été et particulièrement en période de canicule, les bords sont envahis par des algues qui perturbent la navigation des petites embarcations (photo M.)

## L'origine du péril vert

Elle répond au doux nom de « cabomba caroliniana » ou simplement cabomba de Caroline.

Cette plante aquatique bien connue des aquariophiles prolifère dangereusement dans différentes zones du canal de Bourgogne ainsi que dans le port de Dijon.

Originaire, comme son nom l'indique du sud-est des États-Unis, la présence de cette herbe exotique dans le canal est due probablement au développement d'un aquarium par un particulier dans le canal. Cette espèce non indigène dans la région se développe dangereusement au cours de l'été ou chaleur et luminosité combinées sont à l'origine d'une phytosucrose importante.

De coup entre mai et juillet, la circulation des bateaux de plaisance devient particulièrement difficile compte tenu que ces herbes peuvent atteindre plus de deux mètres de haut à cette période de l'année.

Outre cette espèce, d'autres plantes proliférantes sont aussi problématiques sur les rives telles la salicaria ou le ceratophyllum. Il est important que l'on retrouve dans les lacs et étangs. L'étude réalisée par le CEMAGREF devrait permettre de trouver des solutions efficaces et durables pour endiguer le fléau.

## « L'algue tueuse » : Une plante à fleur

Après la parution, dans nos éditions du 27 septembre, d'un article évoquant la « Cabomba caroliniana » qui envahit le canal de Bourgogne et le port de Dijon, Jean Vallade, botaniste, membre de la société des sciences naturelles de Bourgogne, nous écrit pour apporter d'intéressantes précisions : « L'article indique à plusieurs reprises qu'il s'agit d'*algues proliférantes* (...). En fait, à la différence de la « *Caulerpa taxifolia* » qui prolifère en Méditerranée, le Cabomba n'est pas une algue mais une plante à fleur (Angiosperme dicotylédone) aquatique, de la famille des Cabombaceae proche des Nymphaeaceae (Nénuphars). Il s'agit donc d'une véritable plante, bien connue des aquariophiles, composée d'une tige, de feuilles et de racines ce que ne possèdent pas les algues. Son abondante prolifération constatée dans le canal de Bourgogne provient d'une active multiplication végétative par bouturage (fragmentation des tiges et des feuilles), chaque bouture redonnant une plante entière. Cette multiplication très efficace court-circuite la reproduction sexuée. »

# ANNEXE 4 : Exemple de plaquette d'information sur *Cabomba caroliniana*

## Cabomba

(Cabomba caroliniana)

aquarium plant now a weed of national significance



A choking weed of: water supplies; fishing and swimming holes; wetland ecosystems.



Northern Territory Government  
Department of Natural Resources, Environment and the Arts

---

### How to identify cabomba

1. Small white flowers (2 cm wide) with a yellow centre, emerging a few centimetres above water.
2. Fan-like underwater leaves with leaf stalks that are in opposite pairs along the stem.
3. Small linear floating leaves at the surface.



Native fan-leaved aquatic plants do not have opposite leaves (instead usually in whorls) or linear floating leaves, while flowers are borne on emergent herb-like structures.



Cabomba  
'opposite leaves'
Native  
'whorls'

---

### How you can help

- Monitor local waterways and check household ponds and aquariums for cabomba.
- Do not enter the Darwin River quarantine area.
- Do not transport aquatic plant fragments along or between waterbodies.
- Do not discard aquarium contents near waterways.
- You must have a Section 16 permit issued by Fisheries to lawfully bring aquatic plants into the NT (this includes internet purchases from interstate).
- Seek advice before disposing of cabomba.

Report cabomba sightings immediately to the Cabomba Hotline on 8999 8954. Weeds Branch staff will remove and dispose of plants free of charge.

For more information call the Cabomba Hotline on 8999 8954 or visit the Cabomba website: [www.cabomba.nt.gov.au](http://www.cabomba.nt.gov.au)




## What is cabomba?

Cabomba is a submerged water plant with emergent white flowers introduced into Australia by the aquarium industry. It is usually rooted to soil but can survive free-floating for 6-8 weeks. It is an aggressive invader of shallow and deep, permanent freshwater bodies where it grows quickly to produce dense and often tall stands (e.g. 3 m) of underwater vegetation.

## Weed status and potential impacts

Cabomba is a declared Class A and C weed in the NT, making it illegal to introduce, distribute or grow. It is considered a Weed of National Significance due to its potential to:

- reduce biodiversity and functioning of wetland ecosystems
- reduce water quality
- reduce water storage capacity of dams and block water distribution infrastructure
- severely impede recreational activities including swimming, fishing and boating
- create suitable habitat for mosquito breeding

## Eradication and quarantine of Darwin River

Attempts to eradicate cabomba from Darwin River commenced after its discovery in October 2004. As part of this ongoing program, the section of Darwin River between Cox Peninsula Road and Leonino Road has been quarantined until November 2006. This prohibits the movement of people and other objects into or out of this section of river and 5 metres of land adjacent to the water's edge. The quarantine is designed to restrict the spread of cabomba and is a critical part of the eradication campaign.



## How is cabomba spread?

Cabomba spreads by fragmentation of the stem and movement of seed. Fragments as small as 1 cm can grow into mature plants, while seeds are 3 mm long and difficult to detect. Fragments and seeds may accidentally be moved in/on boats, motors and trailers, fishing gear, soil and other recreational equipment and clothing.



## Where is cabomba?

The only known infestation of cabomba in the NT is in Darwin River (downstream from Darwin River Dam). A previous infestation at Marlow Lagoon has been eradicated. Cabomba may also be present in some household ponds and aquariums. It is also present in Queensland, New South Wales and Victoria.