

# Variabilité des peuplements de macrophytes aquatiques en grands cours d'eau : premiers résultats sur l'hydrosystème Adour-Garonne

Émilie Breugnot<sup>a</sup>, Alain Dutartre<sup>a</sup>, Christophe Laplace-Treytore<sup>a</sup> et Jacques Haury<sup>b</sup>

*Les végétaux aquatiques du type macrophytes ont un rôle fonctionnel dans les hydrosystèmes et sont utilisés comme des indicateurs de la qualité des milieux aquatiques. À l'inverse, ils peuvent être considérés comme nuisibles en cas de prolifération. La distribution de ces communautés végétales dans les rivières étant sensible aux discontinuités induites par les ouvrages hydrauliques tels que les barrages, cet article présente une méthodologie pour caractériser leur distribution spatiale, mieux connaître leur dynamique et finalement évaluer l'impact des ouvrages. Les auteurs présentent leurs premiers résultats et les difficultés rencontrées puis ils discutent des moyens à mettre en œuvre pour parvenir à des outils de modélisation et des stratégies d'aménagement.*

Les macrophytes, végétaux aquatiques identifiables à l'œil nu, peuvent appartenir à différents groupes taxonomiques : algues, bryophytes (mousses), ptéridophytes (fougères) et phanérogames (plantes à fleurs). Ils jouent des rôles importants dans les cours d'eau en tant que producteurs primaires et en tant qu'habitats pour de nombreux autres organismes de la flore et de la faune. Ils sont également utilisés comme des indicateurs de la qualité des milieux aquatiques.

Le développement de ces peuplements dépend des paramètres abiotiques et en particulier des contraintes hydrodynamiques particulièrement importantes dans les grands cours d'eau. Si ces paramètres évoluent normalement suivant un gradient continu de l'amont vers l'aval (*River Continuum Concept*, Vannote *et al.*, 1980), il existe des ruptures dans ce continuum, naturelles (confluences) ou d'origine anthropique (barrages). Il est établi que des discontinuités telles que les barrages, jouent un rôle majeur dans la distribution des communautés végétales des rivières dont ils modifient l'hydrologie (Haury *et al.*, 1996a ; Bernez *et al.*, 2002).

Ainsi, par exemple, les barrages réduisent les événements exceptionnels type crues, qui, dans les cours d'eau non aménagés, limitent les développements de macrophytes en les arrachant.

Une étude débutée en 2000 dans le cadre du programme ECOBAG<sup>1</sup> (Environnement écologie et économie du bassin Adour-Garonne) se propose donc de préciser les impacts de ces discontinuités sur les peuplements de macrophytes. Après avoir rappelé le contexte et les objectifs de cette étude, nous détaillerons ici la méthodologie employée, puis nous présenterons les premiers résultats obtenus sur des stations de la Garonne et de la Dordogne.

Ces résultats concernent les évolutions inter et intra-annuelles de la biodiversité macrophytique et de la végétalisation à l'échelle de la station, ainsi que les corrélations entre la répartition des végétaux et certains paramètres physiques tels que la profondeur, la nature des substrats, la distribution des champs de vitesse sur un profil ou les chroniques des débits.

## Les contacts

<sup>a</sup> Cemagref, UR Qualité des eaux, 50, avenue de Verdun, 33612 Cestas

<sup>b</sup> Laboratoire d'Écologie et Sciences phytosanitaires, département Agromonie, espace rural et environnement (AGRERE), UMR INRA-Agrocampus Rennes « Écobiologie et qualité des hydrosystèmes continentaux », 65, rue de Saint-Brieuc, CS 84215, 35042 Rennes Cedex

1. ECOBAG : le programme Hydro-écologie du GIS ECOBAG (groupement d'intérêt scientifique écologie économie du bassin Adour-Garonne) vise à améliorer les connaissances du fonctionnement biogéochimique des cours d'eau Adour-Garonne. Le GIS ECOBAG regroupe depuis 1995 un ensemble d'universités et d'organismes de recherche des régions Aquitaine et Midi-Pyrénées.

## Contexte et objectifs

### Intérêts et nuisances du compartiment macrophytes

L'intérêt porté aux macrophytes par le monde scientifique est lié à leur double rôle fonctionnel dans les hydrosystèmes. Ils sont à la fois :

- des producteurs primaires, qui participent directement aux cycles biogéochimiques des nutriments dans les milieux qu'ils occupent (Carpenter et Lodge, 1986) ;
- des biotopes pour d'autres organismes végétaux (périphyton) et animaux (invertébrés, poissons), influant sur la qualité physique et biologique des habitats et micro-habitats.

Pourtant, pour les gestionnaires et les usagers, les macrophytes n'apparaissent le plus souvent qu'en terme d'occupation de l'espace et ne sont considérés comme une nuisance que lorsque leur développement devient important (Dutartre, 2002). C'est le cas par exemple à Entraygues-sur-Truyère, où des méthodes de régulation viennent d'être testées pour remédier aux développements (Rebillard *et al.*, 2003), depuis de nombreuses années, d'herbiers de renoncules aquatiques qui occupent des surfaces notables du lit de la Truyère, à l'aval du barrage de Cambeyrac.

### L'influence des facteurs physiques et chimiques du milieu

Grâce à leurs capacités bio-intégratrices des conditions physiques et trophiques du milieu (Haury *et al.*, 1996b ; Grasmuck *et al.*, 1995), les macrophytes ont été retenus pour l'évaluation de la qualité écologique des cours d'eau dans la Directive cadre sur l'eau. Un indice biologique macrophytique en rivière (IBMR : AFNOR, 2003 NF T90-395 ; Haury *et al.*, 2002) est désormais normalisé.

Les peuplements de macrophytes agissent également sur le milieu : ils ralentissent les vitesses de courant, piègent les sédiments, libèrent des nutriments et créent de ce fait de nouveaux habitats (Dawson, 1988).

Fortement déterminée par le niveau trophique dans les secteurs amont des bassins versants, leur croissance semble plus sensible à l'environnement physique vers l'aval, dès lors que les profondeurs et les vitesses de courant augmentent, alors que les nutriments ne sont plus limitants.

L'étude des macrophytes dans des cours d'eau de grande taille nécessite donc la prise en compte de contraintes supplémentaires (profondeur, importance des débits...), notamment sur le plan méthodologique. Ceci explique que relativement peu de travaux concernant les macrophytes aient été menés sur ces milieux profonds, excepté certaines recherches parmi lesquelles on peut citer celles de Janauer (1999), Janauer et Wichera (1999) sur le Danube.

Pour améliorer les connaissances sur les relations entre les paramètres du milieu et les macrophytes des grands cours d'eau, nous avons entrepris des recherches depuis 2000 dans le cadre du programme « Hydro-écologie » du GIS ECOBAG, dont l'un des axes de recherche, « hydro-écologie de la Garonne » s'attache, entre autres groupes d'organismes, à l'étude du compartiment végétal.

### Les objectifs

Le présent projet vise dans un premier temps à mieux connaître la distribution instantanée ainsi que les tendances annuelles de l'hydrodynamique et de la dynamique des populations de macrophytes sur les sites étudiés.

Il s'agit ensuite de déterminer et à terme de hiérarchiser les facteurs (essentiellement physiques) influençant la répartition des peuplements de macrophytes. À partir de ces éléments, on pourra analyser l'impact de discontinuités, en particulier celles d'origine anthropique, sur les caractéristiques quantitatives et qualitatives de la végétation aquatique.

Ce travail devrait ainsi permettre de poser les bases d'une modélisation des relations entre facteurs environnementaux et communautés végétales dans ce type de faciès.

## Méthodologie

### Choix de la méthode d'étude

De nombreuses méthodologies ont déjà été testées et comparées pour l'étude des macrophytes, mais sont souvent adaptées à des cours d'eau de petite taille (Wright *et al.*, 1981). La plupart sont réalisées par observation directe des végétaux et par prospection à pied (Hache, 2001). Or, l'étude des macrophytes sur grands cours d'eau impose des contraintes supplémentaires (profondeur, largeur, vitesses de courant).

- La prospection à pied est seulement possible lorsque le cours d'eau est peu profond (moins de 1,2 m). Il s'agit d'une méthode efficace et aux résultats bien connus, mais inapplicable pour des profondeurs plus importantes. Jusqu'à 4 m de profondeur, des observations indirectes des peuplements par des prélèvements réalisés à l'aide d'outils tels que râteau à manche télescopique ou grappin donnent des résultats satisfaisants (voir par exemple Kohler, 1978).
- La plongée autonome est difficile et dangereuse dans les zones de fort courant, elle nécessite des moyens humains et matériels lourds à mettre en œuvre et à répéter pour des campagnes régulières de terrain.
- La photographie aérienne reste peu performante si l'eau est trop turbide et si les zones marginales sont recouvertes par la ripisylve.
- L'échantillonnage par quadrats (voir par exemple Raschke et Rusanowski, 1984) est non adapté aux cours d'eau profonds et/ou turbides (impossibilité de prélèvement).

#### LA MÉTHODE RETENUE

Les stations sont choisies de manière à encadrer les discontinuités dont on veut étudier les impacts. Chaque station, mesurant au moins 100 m de long est *a priori* représentative du tronçon étudié.

Une méthode, inspirée de celle des points contacts utilisée depuis longtemps dans les études prairiales (Daget et Godron, 1982), a été appliquée. Antérieurement utilisée dans des études réalisées sur le fleuve Charente (Cemagref, 1991), elle consiste à réaliser des prélèvements réguliers le long de profils transversaux du lit. Ces profils, matérialisés à l'aide de cordages lors des premières campagnes, sont désormais repérés à l'aide d'un GPS qui permet une plus grande précision dans la localisation des profils et des prélèvements. Un échantillonnage est alors réalisé régulièrement le long de ces profils (méthode des points contacts). Cent à deux cents points contacts sont réalisés à chaque campagne d'observation. Le premier point contact de chaque profil est placé de manière aléatoire. L'écartement entre deux points contacts est ensuite de 2,5 m. Cet intervalle est supposé suffisamment important pour que deux relevés successifs soient indépendants les uns des autres (figure 1, p. 42). Cette méthode de prélèvement correspond à un échantillonnage systématique (Codhant, 1992).

Les prélèvements sont réalisés à l'aide d'un râteau à manche télescopique permettant d'atteindre les végétaux jusqu'à un peu plus de 4 m de profondeur.

Un indice d'abondance de 1 à 5 est alors attribué à chaque taxon présent dans l'échantillon prélevé :

- 1 – Espèce très peu présente sur le râteau.
- 2 – Espèce présente en petite quantité sur le râteau.
- 3 – Espèce moyennement abondante sur le râteau.
- 4 – Espèce très abondante sur le râteau.
- 5 – Espèce présente sur l'ensemble du râteau en grande quantité.

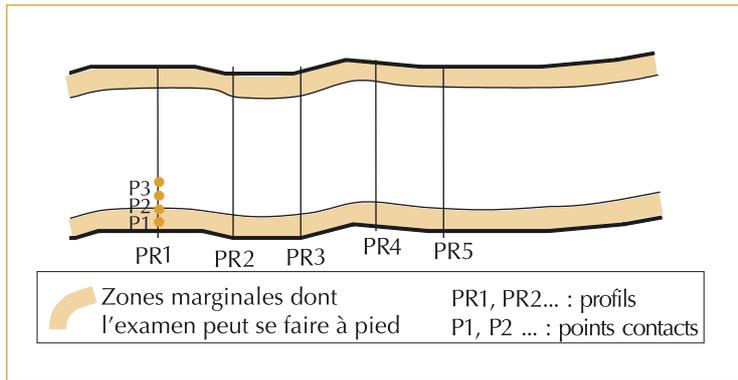
La fréquence des points contacts présentant un taxon donne une première indication sur l'importance de la plante considérée au niveau stationnel, et un indice de végétalisation globale peut être donné par le cumul des points contacts comportant au moins un taxon.

Il est également possible d'évaluer **le recouvrement d'un taxon donné sur l'ensemble des points contacts** en pondérant chaque note d'abondance selon une formule proposée par Daudin *et al.* (2000) :

$$\% Re_c = \frac{100 (a + 0,75 b + 0,5 c + 0,25 d + 0,05 e)}{\sum PC} \quad (1)$$

- avec :
- a : le nombre de points contacts pour un taxon donné ayant un indice de 5,
  - b : le nombre de points contacts pour un taxon donné ayant un indice de 4,
  - c : le nombre de points contacts pour un taxon donné ayant un indice de 3,
  - d : le nombre de points contacts pour un taxon donné ayant un indice de 2,
  - e : le nombre de points contacts pour un taxon donné ayant un indice de 1,
  - $\sum PC$  : le nombre total de points contacts réalisés sur la station.

La méthode des points contacts reste relativement contestable, en particulier du fait de la sous-estimation par cette méthode des taxons peu ou faiblement abondants sur une station donnée (Bernez, 1999). Les investigations antérieures réalisées sur



▲ Figure 1 – Schéma de station étudiée grâce à la technique des points contacts (Bruneau, 2002).

le fleuve Charente ont montré qu'environ 80 % des taxa présents dans une station étaient observés par cette méthode utilisant un râteau. Cette méthode reste cependant la seule qui permette une évaluation de l'occupation de la station par les macrophytes dans des conditions de profondeurs, d'écoulements et de transparence des eaux très variables.

À chaque campagne, les profils de points contacts sont complétés par l'observation à pied des marges moins profondes du cours d'eau, selon la méthode proposée pour la mise en œuvre de l'IBMR.

#### PÉRIODE D'ÉCHANTILLONNAGE

Les campagnes d'échantillonnage ont lieu lorsque le développement des végétaux est repérable et les débits des cours d'eau moyens à faibles, c'est-à-dire pendant la période estivale (de mai à septembre). Du fait de la relative lourdeur de l'échantillonnage, deux à trois campagnes sont réalisables par station durant cette période.

#### Choix des stations (figure 2)

Différents types de stations ont été choisis sur la Dordogne et la Garonne. Ces stations sont représentatives de la morphologie et des faciès

d'écoulement de la zone étudiée. Leur localisation dépend des discontinuités dont on veut étudier les impacts, ainsi que de l'existence de stations déjà étudiées, appartenant par exemple au « réseau macrophytes » (Moreau et Dutartre, 2000), mis en place par l'Agence de l'eau Adour-Garonne pour compléter les observations sur diverses stations du bassin, dont les stations du réseau national de bassin (RNB).

#### LES STATIONS DE SUIVI

Ces stations encadrent différentes discontinuités. Elles permettront de suivre sur plusieurs années les peuplements de macrophytes et de mettre en relation les caractéristiques de leur développement avec les paramètres physiques et physico-chimiques mesurés.

En plus des relevés biologiques, des mesures hydrodynamiques et chimiques seront également réalisées.

Six stations existent déjà (figure 2) et ont été échantillonnées les années précédentes (Gardonne et Mouleydier sur la Dordogne, Roques et Portet-sur-Garonne pour la partie amont de la Garonne, et Lamagistère et Castelsarrasin pour la partie aval de la Garonne). Deux stations supplémentaires ont été rajoutées en 2003 (figure 2, tableau 1) :

- station de Boé, sur la Garonne à l'aval de Lamagistère (confluence Garonne/Gers en amont de l'agglomération d'Agen) ;
- station de Lalinde, sur la Dordogne (en amont du barrage de Tuilières).

#### LA STATION D'EXPÉRIMENTATION

Cette station a été choisie sur la Dordogne en aval de la station de suivi de Gardonne. Sur cette station expérimentale, des essais méthodologiques complémentaires seront réalisés pour valider et améliorer le protocole d'échantillonnage des

Cours d'eau	Discontinuité étudiée	Station amont	Station aval
Dordogne	Barrage de Tuilières	Lalinde	Mouleydier
Dordogne	Barrage de Bergerac	Mouleydier	Gardonne
Garonne	Confluence Garonne-Ariège	Roques-sur-Garonne	Portet-sur-Garonne
Garonne	Barrage de Malause	Castelsarrasin	Lamagistère
Garonne	Confluence Garonne-Gers	Lamagistère	Boé

▲ Tableau 1 – Liste des stations et discontinuités étudiées.

végétaux, en comparant différentes méthodes. Une campagne hivernale complémentaire est prévue sur cette station pour évaluer le maintien de certains taxa dans les conditions hivernales.

#### LA STATION DE CONTRÔLE

Une station de contrôle sur la partie aval de l'Ariège permettra de vérifier un certain nombre d'hypothèses fonctionnelles au niveau d'une confluence (arrivée potentielle de propagules, changements trophiques, hydrodynamiques).

#### LES RELEVÉS LINÉAIRES

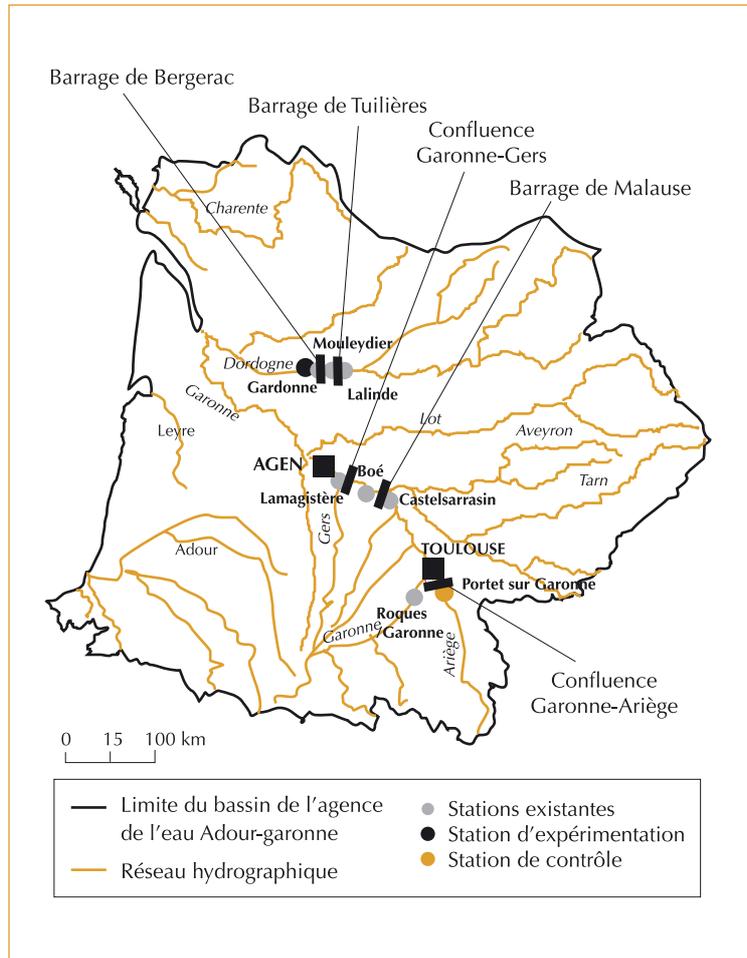
Enfin, des relevés linéaires longitudinaux effectués à l'aval des discontinuités sont envisagés afin d'observer un éventuel effet d'atténuation de l'impact des barrages (Bernez *et al.*, 2002).

### Les paramètres mesurés

#### LES PARAMÈTRES PHYSIQUES

Différents paramètres physiques peuvent influencer la distribution des macrophytes : courant, substrat, largeur, profondeur et turbidité (Haslam, 1978), et sont à mesurer à chaque campagne de prélèvements ou au moins une fois sur chaque station (tableau 2). Les mesures de vitesses effectuées sur le terrain permettent de préciser les conditions locales d'écoulement dans le cours d'eau et viennent compléter des données hydrauliques et hydrologiques déjà existantes comme les chroniques de débits.

Le courantomètre à effet Doppler (ADCP : *Acoustic Doppler Current Profiler*) est utilisé depuis début 2003 et remplace le courantomètre classique utilisé auparavant. Cette nouvelle méthode, moins contraignante sur le terrain, permet d'obtenir des mesures de vitesses de courant plus nombreuses, mieux réparties sur la hauteur de la colonne et plus précises, avec un important gain de temps d'acquisition des données sur le terrain.



#### LES PARAMÈTRES CHIMIQUES

Pour estimer l'influence des facteurs chimiques, des prélèvements d'eau sont effectués à chaque série d'investigation, à des fins d'analyses de laboratoire portant en particulier sur les formes de l'azote et du phosphore et sur la matière organique. Ces données seront complétées par les données du réseau RNB.

▲ Figure 2 – Localisation des stations d'étude dans le bassin Adour-Garonne.

Paramètres	Fréquence	Appareils de mesure
Profondeur	une fois par point contact	Râteau gradué
Substrat	une fois par point contact	Râteau (observation indirecte)
Vitesses de courant	une fois par profil	Courantomètre électro-magnétique puis courantomètre à effet Doppler
Turbidité	une fois par station	Disque de Secchi

▲ Tableau 2 – Mesures des paramètres physiques sur le terrain.

#### LES PARAMÈTRES BIOLOGIQUES

En complément des relevés d'espèces par points contact et des estimations de recouvrement, des mesures morphologiques sur les macrophytes et des mesures de biomasses (Gouesse Aidara, 1986) sont envisagées pour évaluer la variabilité de morphologie des végétaux en réponse aux contraintes hydrodynamiques.

#### Analyses des données

Les données ainsi récoltées seront analysées statistiquement (analyse en composantes principales, analyse canonique des correspondances, analyse factorielle multiple...), à différentes échelles (à celle de la station, du profil, du point contact). Ces résultats seront par ailleurs intégrés dans des systèmes de réseaux neuronaux, afin de mettre en place les bases d'une modélisation des relations entre macrophytes et facteurs environnementaux, généralisable à différents types de cours d'eau.

#### Premiers résultats obtenus et discussion

L'historique des observations et prélèvements de 2000 à 2003 est présenté ci-dessous (tableau 3).

Certaines campagnes prévues en 2002 n'ont pu être réalisées à cause de périodes de crues importantes, rendant impossible la navigation sur le cours d'eau.

#### La distribution de la végétation le long des profils

Sur l'ensemble des profils, les macrophytes ont été observés plus fréquemment dans les zones de bordure. À titre illustratif, la figure 3 représente un profil sur la station de Gardonne et un autre sur celle de Lamagistère, relevés en juin 2002. Sur ces profils figurent également la nature du substrat et les vitesses mesurées à 40 % de la profondeur du point de mesure et de prélèvement (les mesures de vitesses de courant sont réalisées sur une partie des transects avec un intervalle de 10 m).

STATION	Cours d'eau	2000	2001	2002	2003
Roques-sur-Garonne	Garonne		Août		Juin Août Septembre
Portet-sur-Garonne	Garonne		Août		Juin Août Septembre
Castelsarrasin	Garonne		Août	Juin	Mai Juillet Septembre
Lamagistère	Garonne	Septembre	Août	Juin	Mai Juillet Septembre
Boé	Garonne				Mai Juillet Septembre
Gardonne	Dordogne	Août	Juin Août	Juin Juillet	Mai Juin Août
Mouleydier	Dordogne		Juin Août	Juin Juillet	Mai Juin Août
Lalinde	Dordogne				Mai Juin Août

▲ Tableau 3 – Historique des observations.

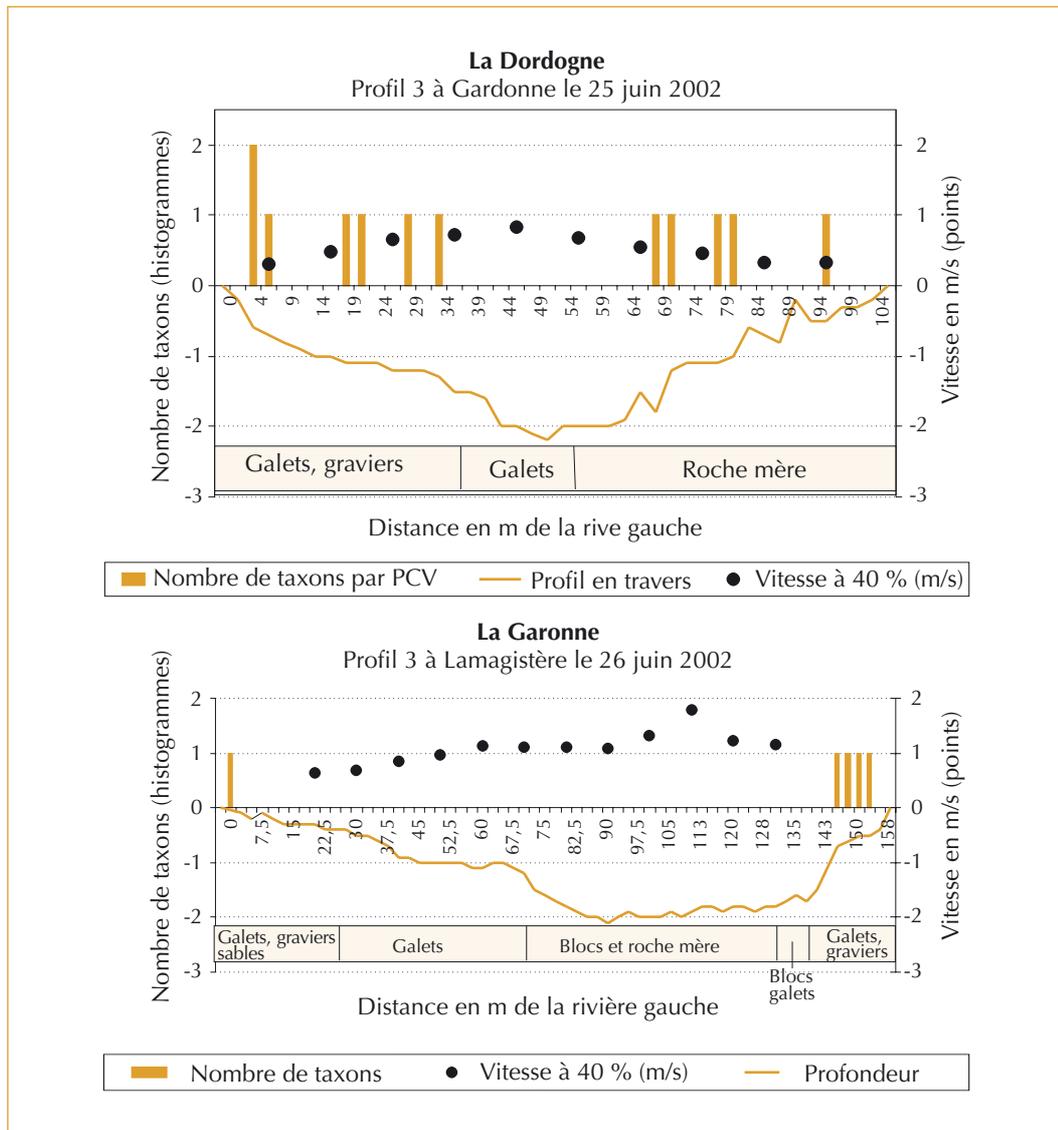
La figure 4 (p. 46) permet également d'observer la répartition des vitesses sur un profil de Lama-gistère, mais cette fois à l'aide de l'ADCP.

Ces transects mettent en évidence une zonation très classique des macrophytes :

- une zone latérale végétalisée, correspondant à un faciès de type plat où les vitesses restent moins élevées que dans la zone centrale ;
- une zone située vers le milieu du cours d'eau dépourvue de végétation, correspondant à un faciès plus profond aux vitesses de courant plus élevées.

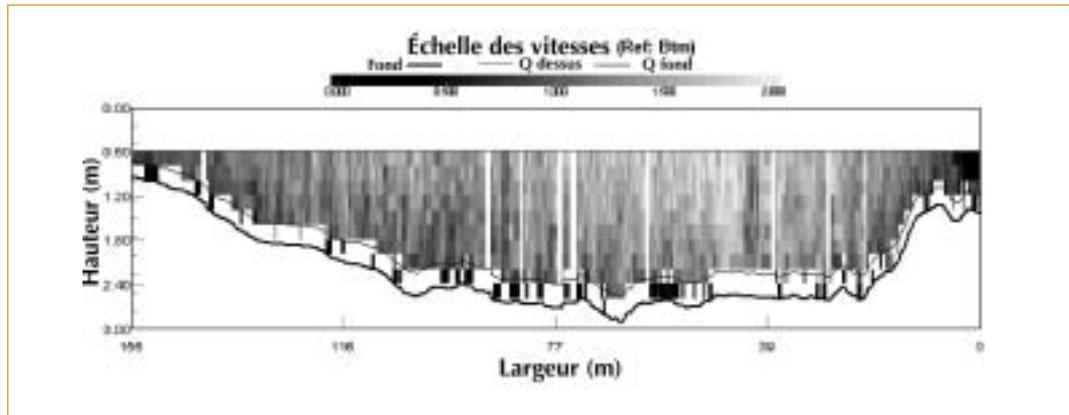
Cette zonation semble étroitement liée aux conditions hydrologiques et physiques, elles-mêmes influant sur d'autres facteurs tels que la turbidité, la nature et la structure du substrat.

Sur les stations étudiées, les végétaux s'implantent de préférence sur des substrats de type graviers et galets, plus ou moins colmatés par des sédiments plus fins. Toutefois à Gardonne et à Mouleydier, il est intéressant de souligner que certains végétaux se développent dans les anfractuosités de la roche mère qui ménagent des micro-habitats favorables. Ainsi, la zonation des macrophytes apparaît-elle donc directement liée à la nature et la structure du substrat.



◀ Figure 3 – Répartition des taxons et de la vitesse sur deux profils aux stations de Gardonne et Lamagistère.

► Figure 4 – Répartition des vitesses sur le profil n° 3 de Lamagistère, campagne de mai 2003 (vitesses les plus faibles représentées en sombre et les plus rapides en clair).



Une première analyse sur les données récoltées sur la station de Gardonne au mois de juillet, en utilisant une régression de poisson, permet quelques commentaires. Cette station a été retenue à la fois parce qu'elle comporte le plus de points de prélèvements (205) et le plus de points contacts végétalisés (54). Les données ont été traitées sous le logiciel SAS (version 8.2).

Ils confirment que la profondeur est une variable qui influe notablement la distribution des taxons. Il s'agit d'une corrélation non linéaire. Les deux classes intermédiaires de profondeur, inférieures à 0,9 m sont significativement plus riches en taxons que les classes extrêmes.

L'analyse également appliquée à la variable du substrat ne met pas en évidence de corrélation significative entre la présence des taxons et la présence de galets ou de graviers. Cela peut être lié au fait que des colmatages peuvent se produire entre ces éléments grossiers du substrat et favoriser l'enracinement des phanérogames. En revanche, les dalles rocheuses ont un effet significativement dépressif sur la présence des végétaux.

L'ADCP permet d'obtenir des profils de vitesse où chaque colonne est constituée de cellules de vitesses de taille variable. Bien que présentant des zones blanches (non mesurées par l'appareil) près de la surface et en profondeur, ce système fournit néanmoins des champs de vitesses relativement complets et donne instantanément la valeur du débit.

Sur le profil de vitesses obtenu à Lamagistère (figure 4), on peut observer des vitesses plus réduites dans le fond du lit, où sont ancrés les macrophytes.

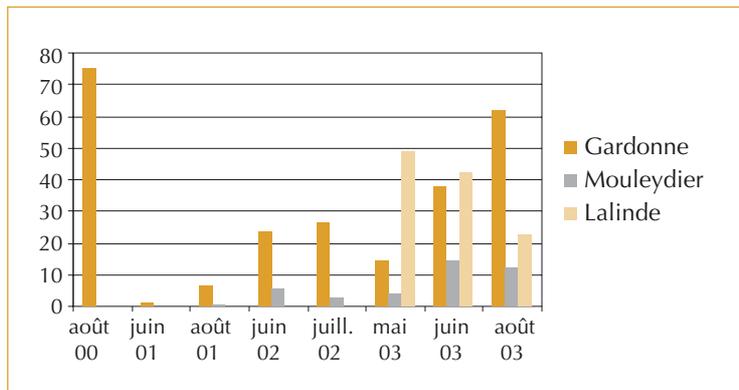
### Végétalisation des stations et corrélation avec les chroniques de débits

La méthode des points contacts permet d'évaluer la fréquence des taxons sur les stations.

Les points contacts signalés comme végétalisés (PCV) comportent au moins un taxon présent dans le prélèvement sans qu'il soit tenu compte de son abondance.

À titre d'exemple, la figure 5 présente les résultats obtenus de 2000 à 2003 sur les stations de Lalinde, Mouleydier, et Gardonne sur la Dordogne.

▼ Figure 5 – Bilan du taux de points contacts végétalisés (PCV) sur les stations de la Dordogne de 2000 à 2003 (en % du nombre de points contacts total). La station de Lalinde a seulement été étudiée en 2003.



### ÉVOLUTIONS SAISONNIÈRES

Les variations saisonnières peuvent être observées sur les trois stations de Dordogne durant les années 2001 (deux dates), 2002 (deux dates) et 2003 (trois dates). On obtient des types d'évolution différents suivant les stations : alors que sur Gardonne, la végétation se développe encore au mois d'août, sur Mouleydier, on observe (2002 et 2003) une diminution de présence des macrophytes après le mois de juin. Sur la station de Lalinde, le maximum de végétalisation semble avoir lieu à la fin du printemps, ce qui reste à confirmer sur plusieurs années.

Ceci s'explique essentiellement par les différences du cortège d'espèces de ces stations. En effet, la végétation de Lalinde est composée quasiment exclusivement de renoncules (*Ranunculus fluitans* Lam.) qui se développent plutôt au printemps et disparaissent au cours de l'été. La station de Gardonne accueille, elle, de nombreuses autres espèces (*Myriophyllum spicatum* L., *Najas marina* L., *Potamogeton nodosus* Poir., *Potamogeton pectinatus* L., *Sparganium emersum* Rehm.) qui se développent au cours de la période estivale, prenant progressivement la place des renoncules.

#### ÉVOLUTIONS INTER-ANNUELLES

Sur les deux stations disponibles (Gardonne et Mouleydier), on observe les mêmes tendances à l'augmentation entre 2001 et 2003. Pour Mouleydier, le taux de points contacts végétalisés est inférieur à 1 % en 2001, augmente jusqu'à 5 % en 2002, pour atteindre 14 % en 2003.

La station de Gardonne, plus végétalisée, présente la même évolution (passage de 1 % en juin 2001 à plus de 60 % en août 2003). Le prélèvement d'août 2000 est par contre bien supérieur aux autres relevés (75 %). Cette chute de la végétalisation après 2000 est très probablement à relier aux chroniques des écoulements (figure 6), qui montrent des crues importantes durant le printemps 2001. Sur cette même station, l'augmentation du taux de PCV observée entre 2001 et 2003 peut signifier une recolonisation progressive du lit.

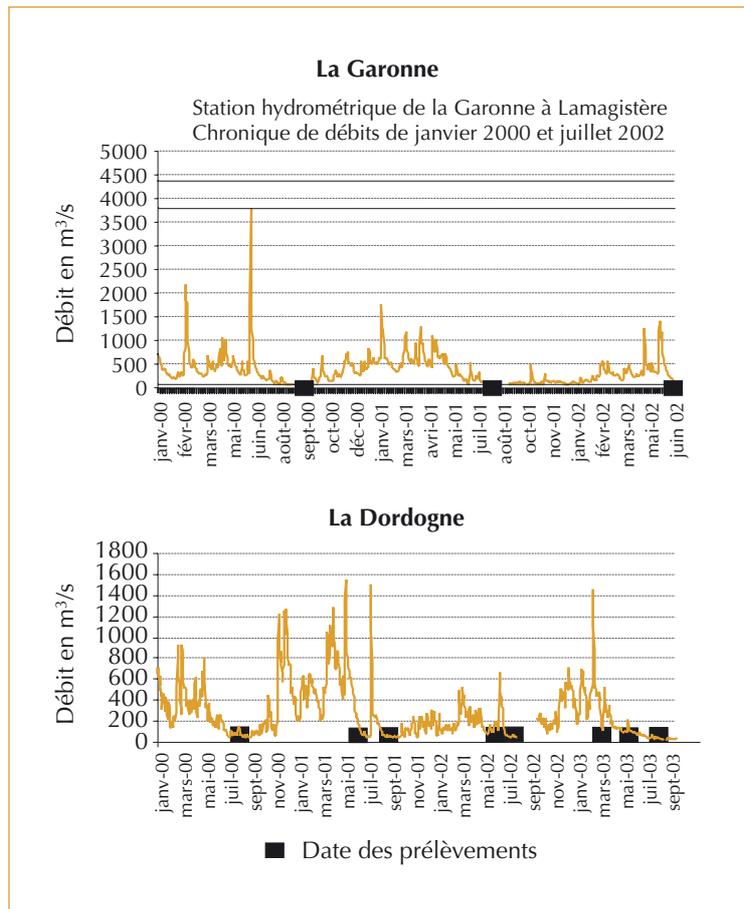
#### La richesse spécifique et la diversité taxinomique

Comprenant l'ensemble des taxons recensés (bryophytes, phanérogames et algues) sur les points contacts et lors des prospections à pied, la richesse spécifique est un élément très important de description des peuplements.

La comparaison des richesses spécifiques entre 2001 et 2003 (figure 7, p. 48) permet d'abord de noter que la plus forte diversité d'espèces se trouve chez les algues (jusqu'à 12 espèces). Les phanérogames sont aussi fortement présents (de 0 à 11 espèces). Enfin les bryophytes sont moins représentés (jusqu'à 3 espèces).

#### SUR LA DORDOGNE

La station de Gardonne représente une richesse supérieure à celle de Mouleydier, essentiellement pour les phanérogames.



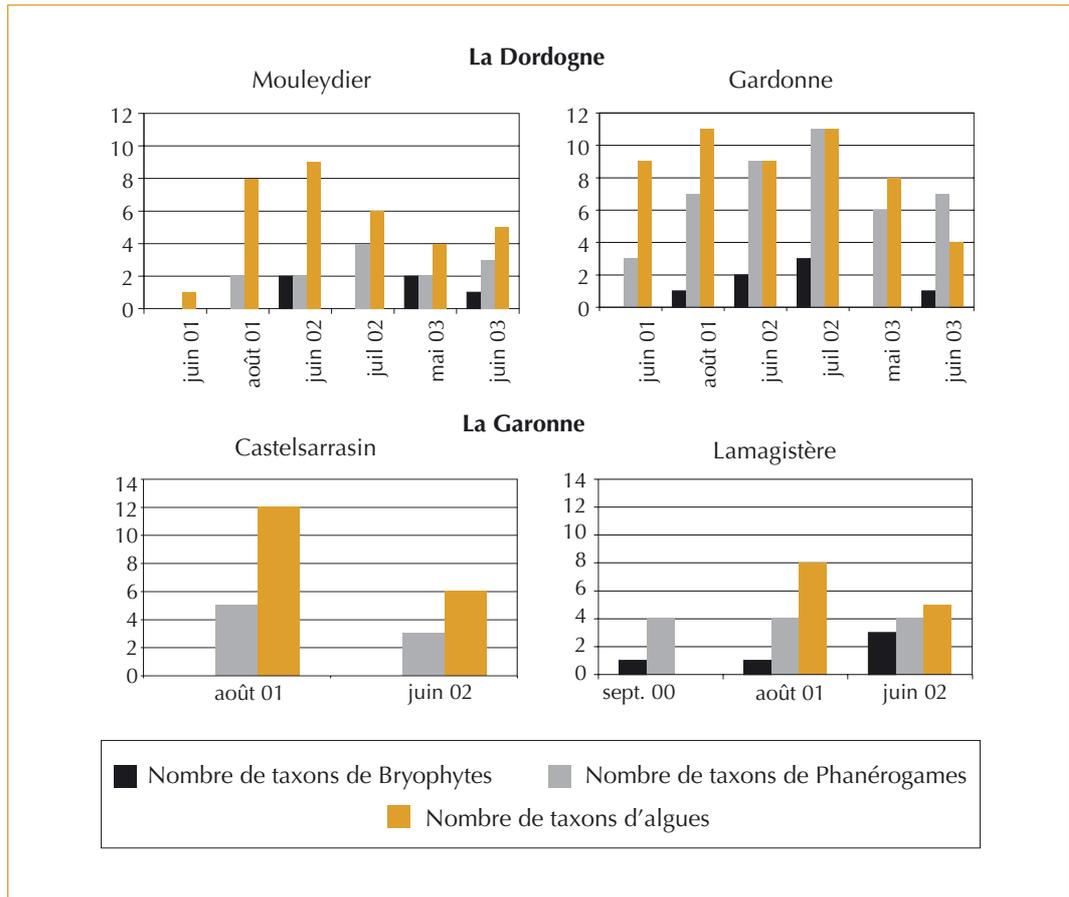
La richesse taxinomique varie fortement d'une campagne à l'autre. Concernant les phanérogames, nous constatons une augmentation du nombre de taxons depuis 2001 (bien qu'on observe une légère baisse entre 2002 et 2003, sûrement due à des phénomènes de crue début 2003) et entre les deux campagnes d'une même année.

Cela traduit une colonisation progressive du lit mineur et rappelle que la croissance végétative est concentrée sur la période estivale.

Sur les deux stations, deux taxons dominent nettement. Tous deux sont des hydrophytes fixés sur le fond : il s'agit de la renoncule flottante (*Ranunculus fluitans*) et du myriophylle en épis (*Myriophyllum spicatum*). Indicatrices de conditions d'habitat (eaux peu turbides, à courant modéré, substrat grossier et fin), ces deux espèces seules ne permettent pas de conclure sur le niveau trophique du milieu, ayant une large amplitude écologique.

▲ Figure 6 – Situation des campagnes de mesure par rapport aux débits de la Dordogne à Bergerac et de la Garonne à Lamagistère.

► Figure 7 – Évolution interannuelle de la richesse spécifique.



En revanche, la présence de cyanophycées (*Oscillatoria* sp.) sur les deux stations, et celle plus rare du cornifle (*Ceratophyllum demersum* L.) et du potamot pectiné (*Potamogeton pectinatus*) sur la station de Gardonne, du potamot crépu (*Potamogeton crispus* L.) et de la naïade (*Najas marina*), correspond à une certaine richesse en éléments trophiques de l'eau (eaux mésotrophes), ainsi qu'à une minéralisation élevée.

La composition floristique alliant des espèces se développant de préférence dans les milieux courants (ex. : renoncules) à celles préférant les milieux lenticues (ex. : cornifle, potamot crépu) illustre bien la diversité des micro-habitats pouvant exister sur une même station.

#### SUR LA GARONNE

On observe une diminution de la richesse spécifique sur la station amont entre 2001 et 2002 (plus précisément de la renoncule et de la vallisnérie, *Vallisneria spiralis* L.), alors qu'elle se maintient à 4 taxons de spermatophytes sur celle située en aval,

entre 2000 et 2002. Cette constance du nombre cache un changement des espèces en 2002, puisque la jussie (*Ludwigia* sp.) n'y a pas été recensée alors que le rorrippe amphibie (*Rorippa amphibia*) était noté pour la première fois.

L'espèce la plus fréquente est le myriophylle en épis, hydrophyte fixé, qui comme nous l'avons précédemment évoqué, n'est pas indicatrice d'un niveau particulier de trophie.

#### Fréquences relatives

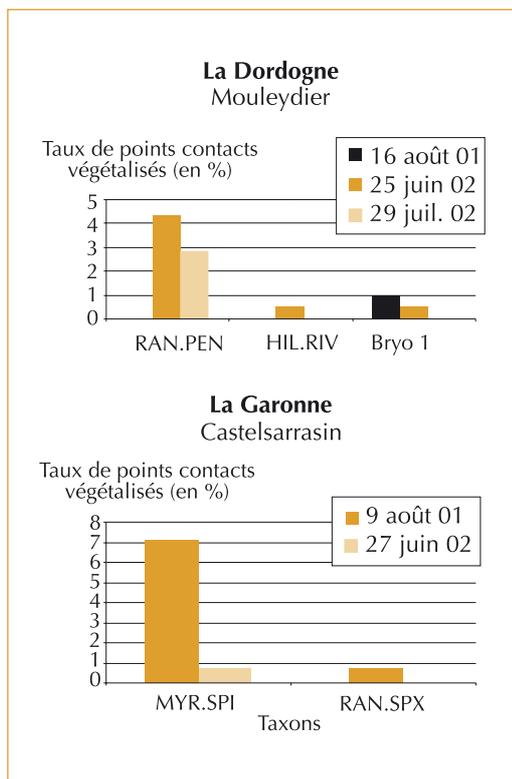
Permettant d'apprécier l'importance des taxons présents, elles ont été calculées pour chaque taxon. La figure 8 présente les données calculées sur les deux mêmes stations que précédemment.

Sur la station de Mouleydier on observe un développement végétal notable après les crues de 2001, mais la campagne de juillet 2002 n'a pas confirmé cette tendance.

Sur la Garonne, un remplacement des taxons présents entre les deux années limite les interprétations qui peuvent être tirées des évolutions de ce paramètre.

### Les recouvrements végétaux sur les stations

Ils sont estimés en intégrant les données obtenues sur les points contacts et les observations réalisées sur les zones prospectées à pied. Les résultats obtenus montrent que sur les stations étudiées, les macrophytes occupent des surfaces assez faible du lit mineur. En 2002, la station de Gardonne est la plus végétalisée, avec seulement 1/10<sup>e</sup> de sa surface recouverte par les végétaux ; la station de Lamagistère n'est couverte qu'à 1 % et les stations de Mouleydier et de Castelsarrasin ont un taux de recouvrement encore plus faible d'environ 0,25 %.



▲ Figure 8 – Évolution interannuelle de la végétalisation sur les stations de Mouleydier et de Castelsarrasin (RANFLU : *Ranunculus fluitans* ; HILRIV : *Hildenbrandia rivularis* ; Bryo 1 : bryophyte non déterminé ; MYRSP1 : *Myriophyllum spicatum* ; RANSPX : *Ranunculus* sp).

### Conclusion et perspectives

Les résultats obtenus à l'issue des campagnes de terrain réalisées sur la Garonne et la Dordogne confirment que l'implantation des macrophytes aquatiques est fortement liée à l'hydrologie et aux conditions hydrauliques de la rivière. Les variations de débit qui se traduisent par des vitesses et des profondeurs variables en fonction des saisons, constituent un élément déterminant pour le développement des végétaux. Ces résultats montrent que même dans le potamon (milieu fluvial plus lent par opposition au rithron, milieu courant plus proche des sources), les macrophytes peuvent constituer un élément structurel de l'habitat à ne pas négliger, et donc qu'il est justifié de le prendre en compte dans le diagnostic écologique d'ensemble des hydrosystèmes.

Néanmoins, les conditions de terrain sont particulièrement contraignantes. Des phénomènes de crues imprévisibles peuvent en effet empêcher la réalisation de campagnes de terrain. De même, la lourdeur des techniques de prélèvements oblige à trouver des compromis entre une méthodologie « idéale » et ce qui est effectivement réalisable. Ceci se traduit par un nombre limité de stations et de campagnes de terrain.

Les travaux envisagés sur la station dite « expérimentale », réalisés à une échelle plus précise sur les relations entre macrophytes et déterminants physiques, devraient nous permettre d'alimenter la réflexion sur les conditions de répartition des macrophytes dans le contexte des grands cours d'eau,

Le recours à des technologies de recueil de données de localisation géographique (GPS) et d'intégration des vitesses de courant et de la profondeur du lit, permettant des mesures de débits en direct tout en conservant l'accès aux données ponctuelles de vitesses (ADCP), devrait nous faciliter l'acquisition des informations nécessaires à la constitution d'une base de données cohérente.

Pour pallier les difficultés d'observations des substrats et des macrophytes de dimensions réduites comme les bryophytes, dans la plupart des conditions de profondeur et d'écoulement, nous prévoyons d'utiliser des techniques de caméra immergée qui devraient également nous aider à parfaire les investigations.

L'amélioration des connaissances sur la causalité des développements de macrophytes devrait permettre de préciser les modalités de la gestion de ces organismes partiellement garants de la qualité écologique des cours d'eau.

L'intégration spatiale et les changements d'échelle entre le point contact, le profil, la station et le

linéaire de cours d'eau devraient permettre d'évaluer les effets de discontinuités liés aux barrages par rapport à l'effet de protection des berges et des zones marginales. D'ores et déjà, il s'avère que l'hydrologie et les modalités de gestion des barrages sont tout à fait déterminantes quant aux possibilités d'implantation des macrophytes. □

#### Remerciements

Les auteurs remercient Hélène Hache et Patricia Bruneau pour leur travaux de DESS et DEA sur les macrophytes des grands cours d'eau, Matthieu Torre, Fabrice Pellote et Alain Lechène pour leur participation à l'acquisition des données, EPIDOR pour son apport d'informations sur la Dordogne, ainsi que l'Agence de l'eau Adour-Garonne, la région Aquitaine et l'Union européenne (FEDER Aquitaine) pour leur soutien financier.

#### Résumé

Les macrophytes sont un compartiment biologique fonctionnel important dans les milieux aquatiques. Producteurs primaires et habitats pour de nombreux groupes d'organismes, ils sont également utilisés pour estimer la qualité des rivières à travers l'indice biologique macrophytique en rivière (IBMR).

Dans les zones aval des cours d'eau, la distribution de ces macrophytes semble principalement déterminée par les facteurs physiques du milieu (écoulement, substrat, profondeur, turbidité...).

Cependant, des discontinuités naturelles (confluences) et surtout d'origine anthropique (obstacles hydrauliques tels que les barrages) influent fortement sur ces paramètres physiques et donc également sur la dynamique de la végétation aquatique.

Dans le cadre du programme ECOBAG mené depuis 2000, huit stations placées en amont et en aval de quatre discontinuités étudiées, ont été choisies sur deux cours d'eau du Sud-Ouest de la France (Dordogne et Garonne). Sur ces sites, les macrophytes sont échantillonnés régulièrement durant la période estivale.

Les premiers résultats illustrent les corrélations existant entre le développement des macrophytes et les paramètres physiques, et permettent de présenter quelques tendances écologiques.

#### Abstract

Macrophytes are an important functional group of rivers. They are primary producers such as habitats for many organisms. They are also used to assess running water quality through the Macrophyte Biological Index for Rivers (I.B.M.R.). In rivers downstream areas, macrophytes distribution seem to be more likely determined by physical factors (out-flows, substrates, depth, turbidity...).

Natural discontinuities (confluence) but especially artificial ones (such as dams) can greatly influence these physical parameters and then the aquatic vegetation.

As part of the ECOBAG program, started in 2000 in the Cemagref, eight study sites, located upstream and downstream to discontinuities, were chosen in two rivers of South West of France (Dordogne and Garonne). Macrophytes are regularly sampled on these sites during summer.

First results illustrate interrelations between macrophytes development and physical parameters and allow us to present some ecological trends

## Bibliographie

- BERNEZ, I., 1999, *Végétation macrophytique des cours d'eau régulés*, thèse ENSA de Rennes, 127 p.
- BERNEZ, I. ; HAURY, J. ; FERREIRA, M.-T., 2002, Downstream effects of a hydroelectric reservoir on aquatic plant assemblages, *The Scientific World Journal*, 2, p. 740-750.
- BRUNEAU, P., 2002, *Dynamique des peuplements de végétaux aquatiques de grands cours d'eau et perception par les acteurs institutionnels. Application à la Garonne et à la Dordogne*, Cemagref, unité de recherche Qualité des eaux, Muséum National d'Histoire Naturelle, rapport de DEA, 91 p.
- CARPENTER, S.-R. ; LODGE, D.-M., 1986, Effects of submerged macrophytes on ecosystems processes, *Aquatic Botany*, 26, p. 341-370.
- Cemagref, 1991, *L'eutrophisation du fleuve Charente*, Cemagref, groupement de Bordeaux, Agence de l'eau Adour Garonne, rapport, 148 p.
- CODHANT, H., 1992, *Méthodologie d'étude des macrophytes aquatiques en grands cours d'eau. Estimation du recouvrement végétal. Type et effort d'échantillonnage*, Cemagref, division Qualité des eaux. note, 10 p.
- DAGET, P. ; GODRON, M., 1982, *Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés*, Masson, Paris, 163 p.
- DAUDIN D., DUTARTRE A., 2000, *Pourquoi utiliser la technique des points contacts ?*, Cemagref, unité de recherche Qualité des eaux, note interne, 5 p.
- DAWSON, F.-H., 1988, Water flow and the vegetation of running waters, in Symoens J.-J. (ed.), *Handbook of vegetation science, 15/1, Vegetation of inland waters*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 283-309.
- DUTARTRE, A., 2002, Panorama des modes de gestion des plantes aquatiques : nuisances, usages, techniques et risques induits, *Ingénieries*, n° 30, p. 29-42.
- GOUESSE-AIDARA, L., 1986, *Biomasse, production, phénométrie et composition minérale de quelques macrophytes des cours d'eau bretons*, thèse université de Rennes 1, 116 p.
- GRASMÜCK, N. ; HAURY, J. ; LÉGLIZE, L. ; MULLER, S., 1995, Assessment of the bioindicator capacity of aquatic macrophytes using multivariate analysis, *Hydrobiologia*, 300-301, p. 115-122.
- HACHE, H., 2001, *Proposition d'un protocole d'observation des macrophytes aquatiques*, Cemagref, unité de recherche Qualité des eaux, université de Tours, rapport de DESS, 65 p.
- HASLAM, S.-M., 1978, *River plants*, Cambridge University Press, 396 p.
- HAURY, J. ; BERNEZ, I. ; LAHILLE, V., 1996a, Influence de la retenue de Rabondanges sur les peuplements macrophytes de l'Orne, *Hydrologie dans les pays celtiques*, p. 283-290.
- HAURY, J. ; PELTRE, M.-C. ; MULLER, S. ; TRÉMOLIÈRES, M. ; BARBRE, J. ; DUTARTRE, A. ; GUERLESQUIN, M., 1996b, Des indices macrophytes pour estimer la qualité des cours d'eau français : premières propositions, *Écologie*, 27, 4, p. 233-244.
- HAURY, J. ; PELTRE, M.-C. ; TRÉMOLIÈRES, M. ; BARBRE, J. ; THIEBAUT, G. ; BERNEZ, I. ; DANIEL, H. ; CHATENET, P. ; MULLER, S. ; DUTARTRE, A. ; LAPLACE-TREYTURE, C. ; CAZAUBON, A. ; LAMBERT-SERVIEN, E., 2002, A method involving macrophytes to assess water trophy and organic pollution: the Macrophyte Biological Index for Rivers (IBMR) – Application to different types of rivers and pollutions, in Dutartre A. et Montel M.-H. (Eds), *Gestion des plantes aquatiques (11<sup>th</sup> International Symposium on Aquatic Weeds – EWRS, Cemagref, Conseil Général des Landes, INRA, ENSAR)*, p. 247-250, 3-7 sept. 2002, Moliets et Maâ (40).

JANAUER, G.-A., 1999, Macrophytes of the River Danube: a diversity of the Austrian stretch, *Archiv für Hydrobiologie*, 115/3, p. 339-412.

JANAUER, G.-A. ; WYCHERA, U., 1999, Wasserpflanzen in der neuen Donau, biodiversität, Habitatstruktur und Nährstoffe, *Perspektiven*, 2-3, p. 37-42.

KOHLER, A., 1978, Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen, *Landschaft + Stadt*, 10, p. 73-85.

MOREAU, A. ; DUTARTRE, A., 2000, *Réseau de suivi des développements végétaux en cours d'eau dans le bassin Adour-Garonne – Proposition de mise en œuvre*, Cemagref, unité de recherche Qualité des eaux, 52 p.

RASCHKE, R.-L. ; RUSANOWSKI, P.-C., 1984, Aquatic macrophyton field collection – Methods and laboratory analyses, p. 16-27, *in Ecological assessment of macrophyton – Collection, use and meaning of data*, ASTM Special technical publication 843, Dennis & Isom Editors, Baltimore, 122 p.

REBILLARD, J.-P. ; ROIGNANT, F. ; FERRONI, J.-M. ; DUTARTRE, A., 2003, Travaux expérimentaux sur l'herbier de renoncules aquatiques d'Entraygues sur Truyère, Adour-Garonne, *Revue de l'Agence de l'eau*, n° 86, p. 24-28.

VANNOTE, R.-L. ; MINSHALL, G.-W. ; CUMMINS, K.-W. ; SEDELL, J.-R. ; CUSHING, C.-E., 1980, The river continuum concept, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37, p. 130-137.

WRIGHT, J.-F. ; HILEY, P.-D., HAM, S.-F., BERRIE, A.-D., 1981, Comparison of three mapping procedures for river macrophytes, *Freshwater Biology*, 11, p. 369-379.