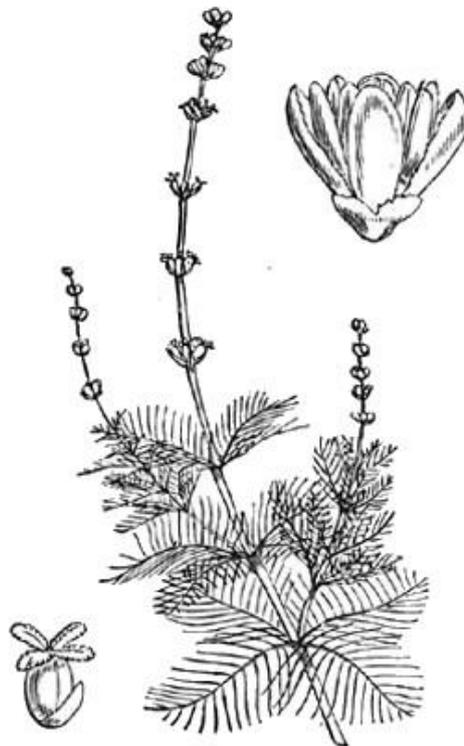


Jérémie GUY, Rodrigue ARCHAMBEAU et Arnaud ELGER

# Cartographie et mesure de biomasse des herbiers de macrophytes aquatiques à l'amont du CNPE de Golfech – Année 2014



395. *Myriophyllum spicatum* L.

*Dessin au trait de Walter Hood Fitch,  
Illustrations of British Flora, 1924,  
London*

# Sommaire

<b>1. Introduction</b> .....	2
<b>1.1. Contexte de l'étude</b> .....	2
<b>1.2. Objectifs de l'étude</b> .....	2
<b>2. Matériels et Méthodes</b> .....	3
<b>2.1. Description du secteur</b> .....	3
2.1.1. Présentation générale du secteur étudié .....	3
2.1.2. Localisation des stations au sein du secteur étudié.....	4
<b>2.2. Description des stations</b> .....	4
2.2.1. Bourret.....	4
2.2.2. Saint-Aignan.....	5
2.2.3. Monestié.....	5
2.2.4. Malause.....	6
2.2.5. Sainte Livrade .....	6
<b>2.3. Protocole d'échantillonnage</b> .....	7
2.3.1. Transects .....	7
2.3.2. Placettes .....	9
<b>2.4. Exploitation des données</b> .....	9
2.4.1. Traitement des données brutes.....	9
2.4.2. Spatialisation des données .....	10
2.4.3. Calcul de la biomasse totale des herbiers pour les stations.....	10
2.4.4. Biomasse sur l'ensemble du linéaire étudié .....	11
<b>3. Résultats et discussion</b> .....	12
<b>3.1. Espèces échantillonnées</b> .....	12
<b>3.2. Biomasse des herbiers</b> .....	13
3.2.1. A l'échelle de la placette.....	13
3.2.2. Estimations à l'échelle de la station.....	14
3.2.3. Extrapolation à l'échelle du linéaire global .....	18
<b>3.3. Mise en relation des variations de biomasse avec l'hydrologie</b> .....	20
<b>4. Annexes</b> .....	23

# 1. Introduction

## 1.1. Contexte de l'étude

Les macrophytes aquatiques représentent une composante importante des biocénoses aquatiques continentales. Ces végétaux jouent un rôle souvent positif dans le fonctionnement des écosystèmes et pour la biodiversité de nombreux groupes biologiques. Toutefois, ils influencent également les activités anthropiques et leur prolifération (notamment sous l'effet de l'eutrophisation et/ou de la régulation des débits) peut compromettre certains usages de la ressource en eau.

A ce titre, les incidences possibles de la végétation aquatique sur le colmatage des prises d'eau pour le refroidissement des Centres Nucléaires de Production Electrique (CNPE) sont considérées avec attention. Une surveillance environnementale en amont des CNPE a donc été mise en place par EDF-DTG sur plusieurs cours d'eau français, de manière à avoir des informations qualitatives (identité des espèces présentes) et quantitatives (recouvrement et biomasse) sur les herbiers de macrophytes présents.

## 1.2. Objectifs de l'étude

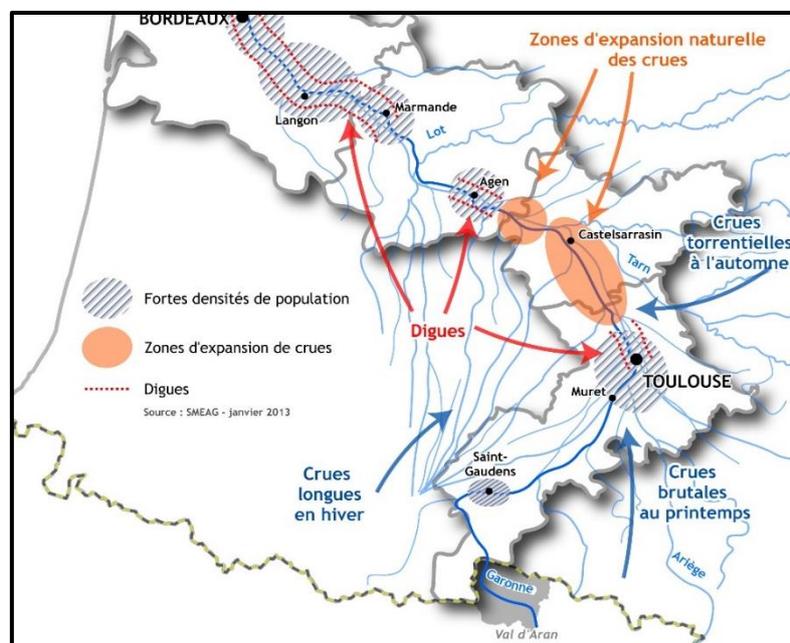
La présente étude, mandatée par EDF DTG, a pour objectif de mesurer le recouvrement et la biomasse des espèces de macrophytes présentes en juillet et septembre 2014 au niveau de 5 stations situées à l'amont du CNPE de Golfech (4 stations sur la Garonne et 1 sur le Tarn). Il s'agit des stations déjà échantillonnées en juillet et septembre 2012, et en septembre 2013. A ce titre, la présente étude se situe donc dans le cadre d'un suivi pluriannuel. Par la comparaison des données collectées trois années consécutives, cette étude nous permettra d'appréhender la variabilité temporelle de la composition et de la densité des herbiers de macrophytes sur les stations étudiées, et de relier les variations éventuelles aux conditions hydrologiques mesurées sur les cours d'eau concernés.

## 2. Matériels et Méthodes

### 2.1. Description du secteur

#### 2.1.1. Présentation générale du secteur étudié

La zone d'étude se trouve à proximité de la confluence entre la Garonne et le Tarn, dans le secteur de Castelsarrasin (département du Tarn-et-Garonne), au niveau d'une zone d'expansion naturelle des crues (Fig. 1). Elle se situe donc dans la Plaine formée par le réseau hydrographique de la Garonne, à l'interface entre les piémonts du Massif central et des Pyrénées. D'un point de vue géologique, le secteur se caractérise par des dépôts alluviaux du Quaternaire reposant sur un substratum molassique du Miocène. Ces terrains présentent un faciès argilo-calcaire entrecoupé de lentilles sableuses.



**Figure 1.** Carte représentant les caractéristiques des crues sur la Garonne et ses affluents, ainsi que la possibilité d'expansion des crues au niveau de la plaine alluviale.

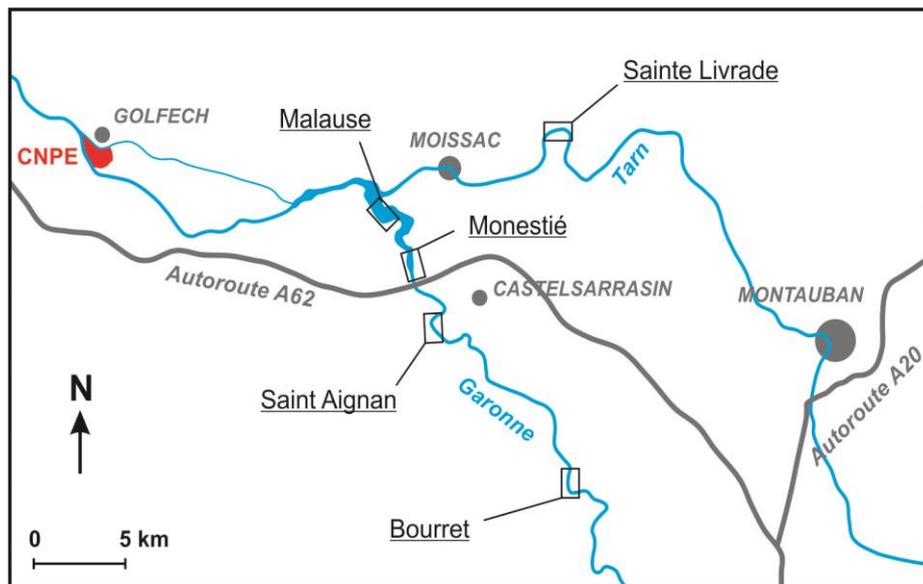
(Source : Syndicat Mixte d'Etude et d'Aménagement de la Garonne).

D'un point de vue climatique, le secteur se caractérise par un climat de type océanique dégradé. Les hivers sont généralement doux et pluvieux ; au printemps, de fortes giboulées sont fréquentes et abondantes ; les étés sont chauds et relativement secs. L'influence climatique des régions avoisinantes (notamment des Pyrénées et du Massif Central) se répercute sur l'hydrologie en fonction de l'origine des affluents. Ainsi, au niveau du secteur étudié, la Garonne peut subir de longues crues hivernales ainsi que des épisodes

de crue brutale au printemps. Au contraire, le Tarn sera davantage soumis à de fortes crues automnales, tout en étant relativement épargné par les crues printanières (Fig. 1).

### 2.1.2. Localisation des stations au sein du secteur étudié

La localisation des stations étudiées est indiquée sur la Fig. 2. Les quatre stations sur la Garonne (Bourret, Saint-Aignan, Monestié et Malause) se situent sur un linéaire d'une trentaine de kilomètres en amont de la confluence avec le Tarn. L'unique station suivie sur le Tarn (Sainte Livrade) se situe à environ 12 km de la confluence.



**Figure 2.** Carte localisant les 5 stations étudiées sur la Garonne (Bourret, Saint-Aignan, Monestié et Malause) et sur le Tarn (Sainte Livrade).

## 2.2. Description des stations

### 2.2.1. Bourret (82700, N 43° 47' / E 01° 10')

Il s'agit de la station la plus en amont de la centrale de Golfech (à environ 40 km du CNPE) sur la Garonne. Sa longueur est d'environ 840 m, et sa largeur moyenne 104 m.

Au niveau du cours actif, on observe une alternance entre des fasciés lenticules, plats courants et radiers. Le substrat est principalement constitué de galets et de graviers et l'abondance des macrophytes y est faible (recouvrement total dépassant rarement 5 %). L'eau est assez limpide, permettant d'observer sans problème le fond jusqu'à 1,5 m de profondeur, voire davantage, dans la plupart des zones.

Le chenal actif est connecté à 2 bras secondaires. Ceux-ci, moins exposés aux contraintes hydrauliques que le chenal principal, servent de refuge pour les macrophytes aquatiques.

Au Sud de la station, le premier bras secondaire est en fin de comblement, et se trouve connecté au chenal principal uniquement par son extrémité aval. Il est caractérisé par un substrat limoneux riche en matière organique..

Plus en aval, le second bras présente une biomasse macrophytique plus importante que dans le cours actif de la rivière, bien qu'il soit connecté à celui-ci par ses deux extrémités et soit probablement parcouru par un courant important en période de crue, si l'on en juge par sa morphologie et sa granulométrie grossière. Les quelques herbiers présents sont dominés par *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton pectinatus* et *Ranunculus fluitans*.

### 2.2.2. Saint-Aignan (82100, N 44° 01' / E 01° 04')

La station de Saint-Aignan se trouve à environ 20 km du CNPE de Golfech. Sa longueur est d'environ 1050 m et sa largeur moyenne 116 m.

Cette station présente 2 zones distinctes. En Amont, le faciès dominant est un plat courant, avec un substrat de type galet/gravier. Puis, plus en aval, les zones de radiers dominant et le substrat est constitué par une alternance de dalles et de galets. L'eau est assez limpide.

Nous avons noté une forte présence d'algues filamenteuses sur le site, alors que l'abondance des macrophytes est restée faible. Hormis dans le bras secondaire, où quelques herbiers localisés étaient encore observables, le recouvrement total des macrophytes était toujours inférieur à 5%.

### 2.2.3. Monestié (commune de Castelsarrasin, 82100, N 44° 03' / E 01° 03')

Ce tronçon de la Garonne est situé à 18 km de la Centrale de Golfech. Sa longueur est d'environ 740 m, et sa largeur moyenne 251 m.

Le courant est majoritairement lentique, voire stagnant, ce qui a permis l'établissement d'un îlot sédimentaire (à proximité de la rive gauche). Le substrat est majoritairement constitué de galets et de graviers. Au niveau des quelques zones stagnantes (entre la rive gauche et l'îlot), le substrat est constitué de vase. Cette station se caractérise globalement par une turbidité moyenne.

Le recouvrement total en macrophytes aquatiques sur le site est légèrement supérieur à 5%. La présence de quelques herbiers de *Myriophyllum spicatum* et *Potamogeton nodosus* avec un recouvrement de 70 et 80% est toutefois à noter entre la rive gauche et l'îlot lors de la campagne de septembre.

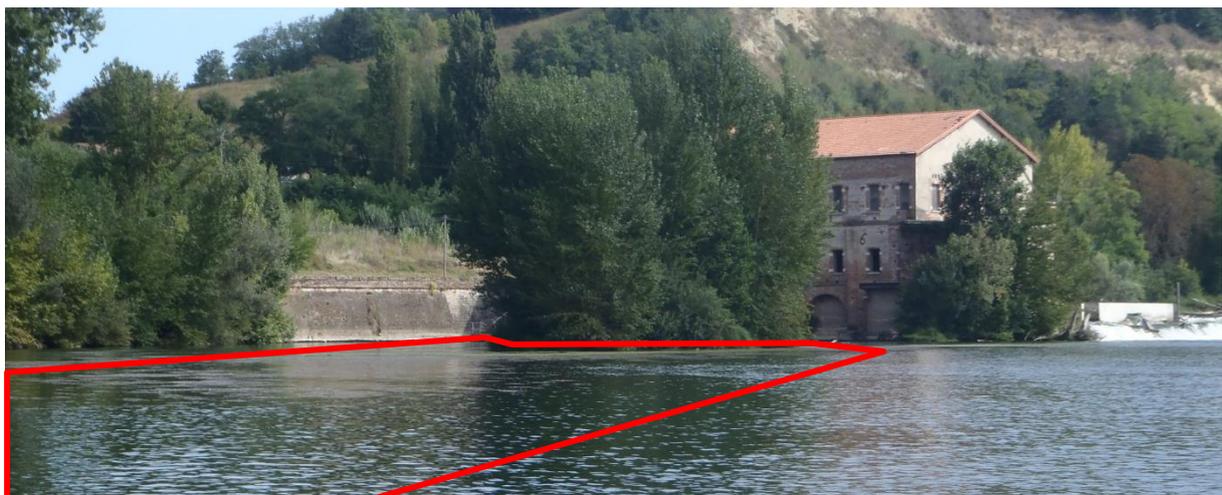
#### 2.2.4. Malause (82200, N 44° 04' / E 01° 02')

A la confluence du Tarn et de la Garonne, cette station offre un grand espace d'eau calme propice à l'établissement de vastes herbiers de macrophytes, comme nous avons pu l'observer en 2012. Ce tronçon est le plus en aval et le plus proche de la Centrale de Golfech (15 km). Sa longueur est d'environ 2070 m, et sa largeur moyenne 639 m.

Dans cette zone le courant est quasiment nul. Le substrat dominant au niveau des herbiers est constitué par de la vase. La turbidité de l'eau est assez importante. En termes de diversité végétale, nous restons sur les mêmes espèces que celles présentes en amont. La biomasse des herbiers est faible : si leur recouvrement atteint par endroit 80% en septembre, les herbiers restent cantonnés, comme en 2012, à une bande étroite le long de la rive droite.

#### 2.2.5. Sainte Livrade (commune de Moissac, 82200, N 44° 06' / E 01° 09')

La station de Sainte Livrade se localise à l'aval d'une retenue sur le Tarn, et se trouve à 25 km du CNPE de Golfech. Sa longueur est d'environ 595 m, sa largeur moyenne 159 m.



**Figure 3.** Station de Sainte Livrade, sur le Tarn. Le contour de la zone d'herbiers denses à l'aval de l'île est matérialisé en rouge (photo : R. Archambeau).

Une petite île fortement végétalisée (*i.e.* colonisée par des arbres) est localisée juste à l'aval du barrage à proximité de la rive droite (Fig. 3).

L'eau est assez limpide et le courant lent (voire nul au niveau de l'herbier). Le substrat est assez hétérogène sur le site avec des zones de galets/graviers, de sable, ou couvertes de bois morts immergés de tailles diverses (à l'amont de l'île).

Contrairement aux tronçons suivis sur la Garonne, le recouvrement macrophytique total dépasse souvent les 40% au niveau des transects et même plus de 80% (là où les herbiers sont les plus denses) avec une forte dominance de *Myriophyllum spicatum*. Les herbiers observés sont plurispécifiques, situés majoritairement dans le prolongement aval de l'île.

## 2.3. Protocole d'échantillonnage

La végétation aquatique a été échantillonnée sur chaque station suivant un cahier des charges établi par EDF DTG. Le protocole d'échantillonnage de 2013 a été repris pour cette campagne de 2014.

Contrairement à l'année 2013, où les conditions météorologiques n'avaient pas permis de prospecter les sites en début d'été, deux campagnes ont été réalisées en 2014, l'une au début de l'été (début juillet) et l'autre en fin d'été (fin août à début septembre).

Sur chaque station, les herbiers de macrophytes ont fait l'objet de mesures de recouvrement au niveau de transects, et de mesures de biomasse au niveau de placettes.

### 2.3.1. Transects

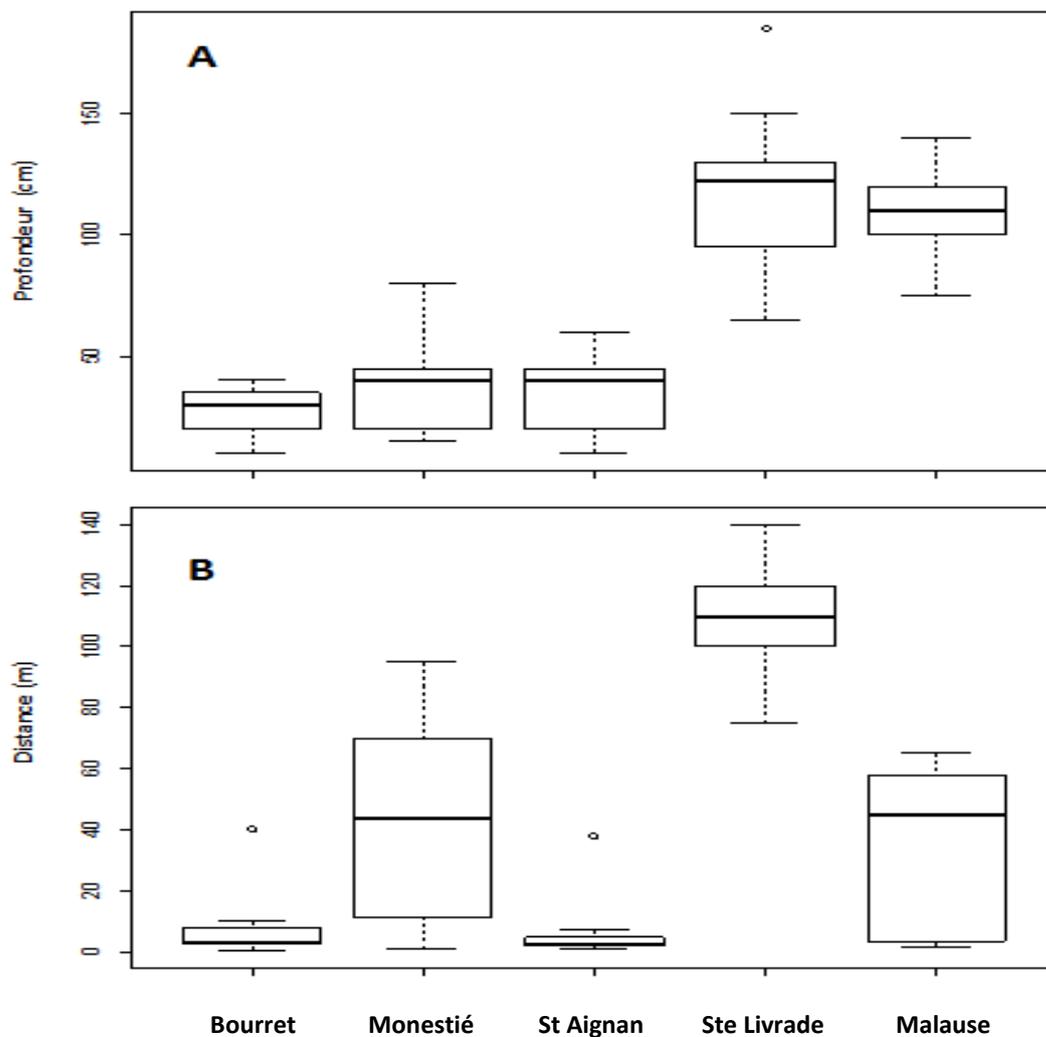
Selon les stations, le recouvrement des macrophytes aquatiques a été déterminé le long de 10 à 20 transects (nombre fonction de la longueur et de l'hétérogénéité de la station). Les transects ont été placés perpendiculairement au cours d'eau, et s'étendent de la rive jusqu'à la fin de la zone colonisée par les herbiers. Lorsque ceux-ci se développent sur toute la largeur du cours d'eau, les transects ont été interrompus au milieu du cours d'eau. Dans certains cas particuliers (*e.g.* largeur du cours d'eau très importante, herbier se développant en position médiane) les transects ont été établis sans aucune connexion avec les rives du cours d'eau. Dans tous les cas, la largeur du transect a été fixée à 2m.

En fonction de l'hétérogénéité spatiale des herbiers, chaque transect a été divisé sur sa longueur en 2 à 6 sous-échantillons, au niveau desquels le recouvrement des espèces présentes a été évalué visuellement (avec l'aide d'un bathyscope) lorsque la transparence

de l'eau et la profondeur le permettaient, ou à l'aide d'un râteau télescopique de 420 cm de longueur max. dans le cas contraire (et dans ce cas, 5 à 10 prélèvements ont été effectués au niveau de chaque sous-échantillon de manière à obtenir une vision correcte du recouvrement relatif des différentes espèces présentes). Le recouvrement des différentes espèces contactées a été noté au niveau de chaque sous-échantillon.

Les transects et les sous-échantillons ont été géo-référencés. Au niveau de chaque transect, ont été notés le(s) substrat(s) dominant(s), la profondeur maximale, la vitesse du courant et la transparence de l'eau.

Dans la majorité des cas, les transects choisis lors de la présente étude coïncident avec ceux échantillonnés en 2013 mis à part le transect n°9 de la station de Bourret qui n'a pas été visité en septembre 2014 car il y avait trop de vase. Celui-ci a été remplacé par le transect n°3bis.



**Figure 4.** Profondeur (A) et distance par rapport à la rive (B) des placettes ayant fait l'objet de mesures de biomasse sur les 5 stations étudiées.

### 2.3.2. Placettes

Afin d'évaluer la biomasse des herbiers, 10 placettes de 1 m<sup>2</sup> ont été échantillonnées sur chacune des 5 stations. Ces placettes ont été positionnées de façon variée afin d'avoir un échantillonnage le plus représentatif possible, donc à différentes distances de la rive et à différentes profondeurs (Fig. 4). Chaque placette a été géoréférencée.

Les placettes ont été matérialisées de façon précise à l'aide d'un quadrat en PVC (flottant ou lesté, en fonction de la profondeur et de la vitesse du courant) (Fig. 5). Les espèces de macrophytes présentes dans toute cette superficie (ainsi que dans la colonne d'eau à l'aplomb du quadrat) ont été coupées au raz du sédiment à l'aide de ciseaux et prélevées. Les différentes espèces ont ensuite été triées, essorées puis pesées individuellement à l'aide d'une balance (résolution : 1 g).



**Figure 5.** Quadrat en PVC utilisé pour délimiter une zone de 1 m<sup>2</sup>, ici dans une zone d'eau courante peu profonde (photo : R. Archambeau).

## 2.4. Exploitation des données

### 2.4.1. Traitement des données brutes

Dans un premier temps des valeurs moyennes au niveau des différents transects sont calculées pour le recouvrement total et le recouvrement de chaque espèce. Pour cela, les recouvrements mesurés au niveau des différents sous-échantillons sont pondérés par la longueur de ceux-ci.

Les valeurs de biomasse mesurées au niveau des placettes ont permis de calculer une biomasse moyenne par m<sup>2</sup> assortie de son écart type.

#### 2.4.2. Spatialisation des données

A partir des deux campagnes de photographie aérienne réalisées, les contours des différents herbiers sur l'ensemble du linéaire ont été tracés pour juillet et septembre 2014. Quatre classes de densité des herbiers ont été identifiées en fonction du recouvrement des macrophytes : 0-5 % (classe I), 5-25 % (classe II), 25-75 % (classe III) et 75-100 % (classe IV). Ces données ont ensuite été utilisées pour le calcul de la biomasse des différentes espèces de macrophytes au sein de ces herbiers (cf. § 2.4.3.).

Par ailleurs, les photographies aériennes géoréférencées ont également servi de fond topographique pour le positionnement et le rendu graphique des placettes et transects réalisés sur chaque station. A chaque transect a par ailleurs été associé le diagramme circulaire correspondant, faisant état de l'abondance relative des différentes espèces végétales et de leur recouvrement total. En effet, le traitement SIG n'a pas permis de délimiter les contours d'herbiers spécifiques sur la Garonne et le Tarn, de nombreuses espèces étant le plus souvent présentes en mélange (dont plusieurs co-dominantes). Dans ce contexte, la mise en relation des diagrammes circulaires avec les différents transects a été la seule méthode permettant une « cartographie » des espèces au sein des stations étudiées.

#### 2.4.3. Calcul de la biomasse totale des herbiers pour les stations

La « Méthode 1 » proposée par EDF DTG consiste à déterminer la biomasse totale des herbiers en connaissant leur surface et en utilisant la biomasse moyenne mesurée au niveau des placettes sur cette station. La surface des herbiers est définie à partir des données SIG, en éliminant la classe I (< 5 % de recouvrement) puisque cette classe inclut la totalité des surfaces peu ou pas colonisées par la végétation aquatique.

Il est à noter que la « méthode 1bis », consistant à distinguer au préalable des herbiers de différente nature n'a, cette année encore, pas été applicable sur la Garonne et le Tarn en amont de Golfech, les herbiers monospécifiques étant quasiment absents. Nous avons au contraire observé sur ce secteur, de manière quasi systématique, des herbiers pluri-spécifiques où 2 à 4 espèces sont parfois co-dominantes.

A partir des photos aériennes géoréférencées, il a été possible d'affiner le calcul de biomasse en fonction des différentes classes de densité des herbiers identifiées et

spatialisées. Pour cela, nous avons dû déterminer une biomasse totale de macrophytes correspondant à un recouvrement de 100 %. Pour ne pas biaiser les résultats du fait de quelques mesures extrêmes, mais également parce qu'un recouvrement de 100 % est généralement observé pour des biomasses qui ne correspondent pas aux plus fortes valeurs mesurables, il semble plutôt judicieux d'associer à un recouvrement de 100 % la borne supérieure du troisième quartile de la distribution des biomasses totales mesurées sur chaque station. Toutefois, nous avons également réalisé ce calcul en prenant la borne supérieure du quatrième quartile (*i.e.* la valeur maximale), de manière à donner un encadrement de ce que doit être la biomasse associée à 100 % de recouvrement. Ensuite, le recouvrement médian de chacune des 4 classes de densité (*i.e.* 2,5 %, 15 %, 50 % et 87,5 %) a été utilisé pour leur attribuer une biomasse par m<sup>2</sup> sur chaque station (en multipliant la biomasse associée à 100 % de recouvrement par le pourcentage médian de la classe). Les surfaces occupées par chacune des classes de densité sur chaque station nous ont ensuite permis de calculer la biomasse totale par station. Là aussi, de manière à donner un encadrement des biomasses estimées, en tenant compte de l'imprécision associée au fait d'utiliser la valeur médiane de recouvrement pour chaque classe de densité, nous avons également réalisé les calculs en utilisant les bornes inférieures et supérieures de chaque classe de recouvrement.

La « Méthode 2 », adaptée pour tenir compte de la nature des données à notre disposition, a été utilisée dans chaque cas pour calculer, à partir de la biomasse totale sur la station, la biomasse spécifique des différents taxons de macrophytes observés. Pour cela nous avons utilisé l'abondance relative des différentes espèces (déterminée soit à partir de leur recouvrement sur les transects, soit à partir de leur biomasse sur les placettes) pour en déduire leur contribution en termes de biomasse à l'échelle de la station.

#### 2.4.4. Biomasse sur l'ensemble du linéaire étudié

Les biomasses d'herbiers sur l'ensemble du linéaire étudié ont été estimées en utilisant les méthodes décrites ci-dessus, et en prenant comme biomasse moyenne et comme abondance relative des différentes espèces de macrophytes, les moyennes calculées sur les cinq stations étudiées (nous n'avons pas utilisé dans ce calcul de pondération en fonction de la surface de la station, qui varie entre 11 et 68 ha, car les stations les plus étendues ne sont pas nécessairement les plus représentatives à l'échelle du linéaire étudié).

### 3. Résultats et discussion

L'ensemble des données collectées sur le terrain en juillet et septembre 2014 figure dans un fichier Excel joints au présent rapport (Annexe 3). De même, le détail des calculs de biomasses lors de la campagne (station par station, et pour l'ensemble du linéaire étudié) est consigné dans deux fichiers Excel également joints (Annexes 4 et 5).

#### 3.1. Espèces échantillonnées

Au total, 13 espèces d'Angiospermes aquatiques sont observées en juillet et 18 en septembre 2014 (Tableau I). Parmi celles-ci, 2 espèces ont été trouvées sur toutes les stations en juillet et en septembre 2014 (*Myriophyllum spicatum* et *Potamogeton nodosus*) et une seule espèce (*Myriophyllum spicatum*) est présente dans plus de 50 % des transects échantillonnés pour les 2 campagnes (*Potamogeton nodosus*, seulement pour la campagne de septembre).

**Tableau I.** Fréquence d'occurrence des espèces échantillonnées en juillet et septembre 2014 au sein des 5 stations étudiées et au sein de l'ensemble des transects.

Espèces	% des stations où l'espèce est présente		% des transects où l'espèce est présente	
	Juillet	Septembre	Juillet	Septembre
<i>Myriophyllum spicatum</i>	100%	100%	59%	83%
<i>Ranunculus fluitans</i>	80%	80%	34%	35%
<i>Potamogeton crispus</i>	40%	40%	6%	11%
<i>Potamogeton nodosus</i>	100%	100%	24%	54%
<i>Fontinalis antipyretica</i>	60%	40%	11%	8%
<i>Elodea nuttallii</i>	80%	80%	3%	10%
<i>Vallisneria spiralis</i>	40%	60%	24%	31%
<i>Spirodela polyrhiza</i>	40%	80%	6%	45%
<i>Lemna minor</i>	80%	80%	11%	34%
<i>Lemna minuscula</i>	0%	20%	3%	17%
<i>Ludwigia grandiflora</i>	40%	40%	0%	3%
<i>Egeria densa</i>	0%	40%	0%	6%
<i>Ceratophyllum demersum</i>	80%	60%	0%	34%
<i>Azola filiculoides</i>	0%	60%	0%	14%
<i>Elodea canadensis</i>	0%	40%	18%	4%
<i>Ludwigia peploides</i>	0%	40%	0%	3%
<i>Potamogeton pectinatus</i>	80%	80%	21%	34%
<i>Najas marina</i>	40%	80%	11%	38%

On constate que pour diverses espèces de macrophytes, la fréquence d'occurrence au sein des stations tend à augmenter entre juillet et septembre (ce résultat est particulièrement net pour *Spirodela polyrhiza* ou *Najas marina* par exemple). Au contraire, deux espèces échantillonnées en juillet (*Ceratophyllum demersum* et *Fontinalis antipyretica*) voient leur fréquence d'occurrence au sein des stations diminuer en septembre.

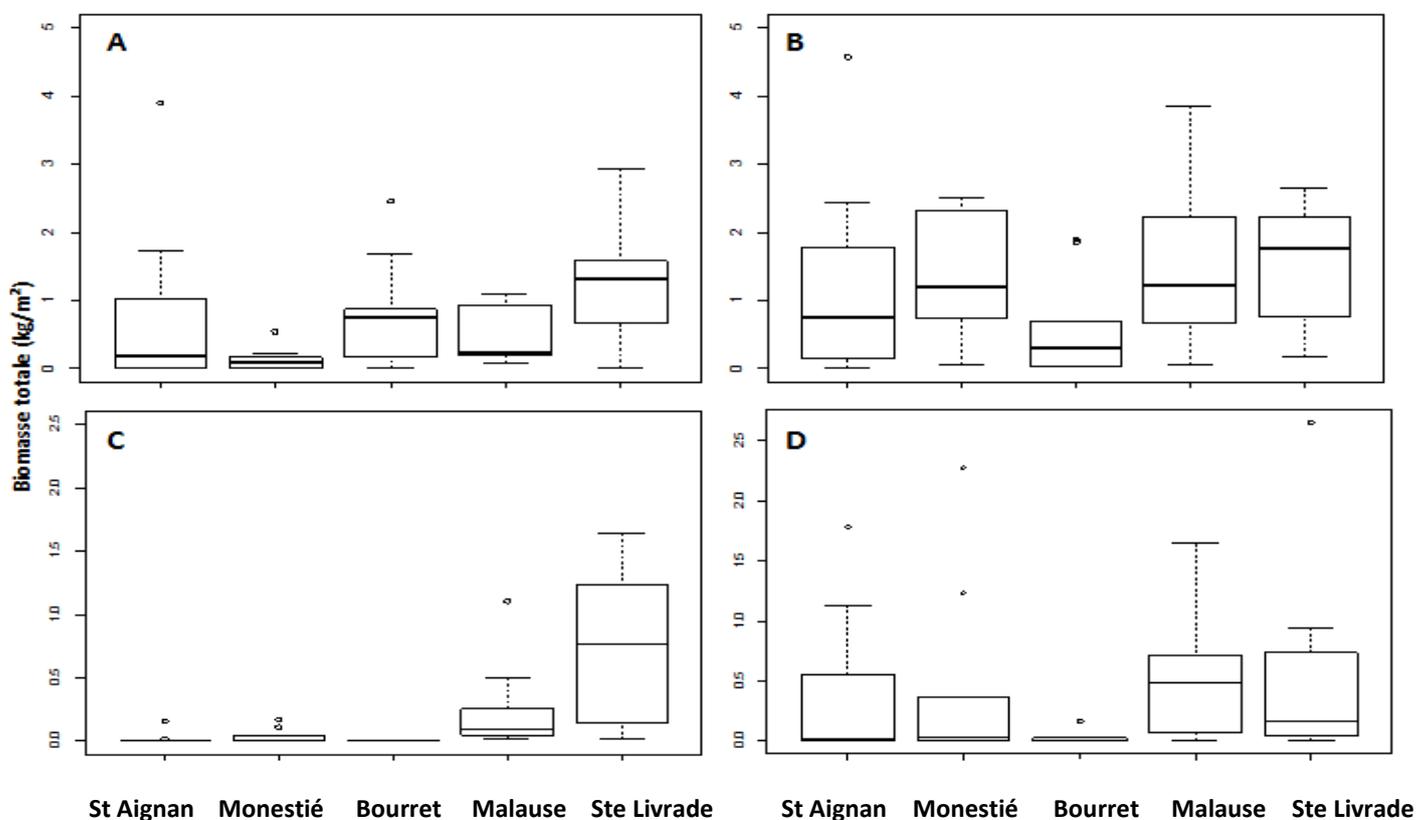
Hormis pour *Fontinalis antipyretica* et *Elodea canadensis*, la fréquence d'occurrence au sein des transects augmente pour toutes les espèces entre juillet et septembre.

## 3.2. Biomasse des herbiers

### 3.2.1. A l'échelle de la placette

Les données complètes de biomasse des herbiers figurent en annexe, sous format électronique (Annexe 3).

La biomasse moyenne par m<sup>2</sup> ( $\pm$  erreur standard) mesurée au niveau des herbiers en juillet 2014 varie entre  $0,136 \pm 0,156$  kg à Monestié et  $1,277 \pm 0,755$  kg à Sainte Livrade (Fig. 6A). En septembre 2014, celle-ci varie entre  $0,599 \pm 0,683$  kg à Bourret et  $1,592 \pm 0,796$  kg à Sainte Livrade (Fig. 6B)



**Figure 6.** Biomasse totale, en haut (A pour juillet 2014, B pour septembre 2014), et biomasse de *Myriophyllum spicatum*, en bas (C pour juillet 2014, D pour septembre 2014), sur les 5 stations étudiées (médianes et espaces interquartiles).

Les valeurs maximales de biomasse mesurées sur les placettes en juillet et septembre 2014 s'élèvent respectivement à 3,901 kg et 4,577 kg (dans les deux cas, il s'agit de la placette n° 3 à Saint-Aignan, colonisée exclusivement par *Ranunculus fluitans*).

Les figures 6C et 6D illustrent l'évolution de la biomasse de *Myriophyllum spicatum* (l'espèce la plus fréquente toutes stations confondues) entre juillet et septembre 2014. A l'exception de Sainte-Livrade, où l'on observe une diminution de la biomasse de cette espèce entre juillet et septembre 2014 (corrélativement à sa sénescence sur cette station), la biomasse de *M. spicatum* augmente assez fortement entre juillet et septembre 2014.

### 3.2.2. Estimations à l'échelle de la station

Le calcul de la biomasse totale par station en juillet 2014 (Tableau II) conduit à des valeurs comprises entre 0,2 tonne (Monestié) et 86,8 tonnes (Malause). Sur le Tarn, la station de Sainte Livrade (26,4 tonnes) présente une biomasse intermédiaire entre les deux valeurs extrêmes mesurées sur la Garonne.

En termes de biomasse par unité de surface en juillet 2014, Sainte Livrade se place en tête (2,79 tonnes/ha), ce qui s'explique par les relativement fortes valeurs de biomasse par m<sup>2</sup> au niveau des herbiers, qui viennent compenser la faible surface relative des herbiers au sein de cette station.

Le calcul de la biomasse totale par station en septembre 2014 (Tableau II suite) conduit à des valeurs comprises entre 0,87 tonne (Bourret) et 612,93 tonnes (Malause). La station de Sainte Livrade (36,4 tonnes) présente encore une biomasse intermédiaire entre ces deux valeurs.

En termes de biomasse par unité de surface en septembre 2014, Malause se place en tête (4,14 tonnes/ha).

On observe une diminution de la biomasse pour la station de Bourret entre juillet et septembre 2014, mais à l'inverse une forte augmentation pour les stations de Monestié (qui passe de 0,2 à 8,01 tonnes) et de Malause (qui passe de 86,8 à 612,93 tonnes).

Le calcul d'une biomasse par espèce à l'échelle de la station implique de pondérer la biomasse totale par l'abondance relative des différentes espèces (« Méthode 2 adaptée », cf. § 2.4.3). Cela peut se faire en utilisant les recouvrements mesurés sur les transects et/ou les biomasses mesurées au niveau des placettes (Tableau III).

**Tableau II.** Biomasses par station, exprimées en tonnes (entre parenthèses la contribution de la classe I de densité des herbiers) et en tonnes par hectare en juillet 2014. Les résultats des différentes méthodes de calcul sont présentées (*i.e.* en utilisant la biomasse moyenne par m<sup>2</sup> mesurée au niveau des placettes, étendue à l'ensemble des classes de densité II à IV des herbiers, ou en considérant la totalité de la surface des stations et en pondérant la biomasse par le recouvrement des différentes classes de densité des herbiers – donc pour les classes I à IV ; les valeurs indiquées correspondent aux biomasses calculées en utilisant le recouvrement médian des différentes classes, suivies entre parenthèses de l'intervalle calculé en utilisant les bornes inférieures et supérieures de ces classes).

Juillet	Biomasse moyenne par m <sup>2</sup>	Avec pondération par catégories de densité	
		100% = 3ème quartile	100% = 4ème quartile
<b>Bourret</b>	2,1 tonnes (0,0 %)	3,8 tonnes (74 %)	10,6 tonnes (74 %)
	0,162 tonnes/ha	(0,49 - 7,1)	(1,4 - 20)
		0,29 tonnes/ha (0,04 - 0,54)	0,81 tonnes/ha (0,1 - 1,52)
<b>Saint-Aignan</b>	0,9 tonnes (0,0 %)	3,4 tonnes (88 %)	14,8 tonnes (88 %)
	0,07 tonnes/ha	(0,25 - 6,5)	(1,1 - 28)
		0,25 tonnes/ha (0,02 - 0,49)	1,1 tonnes/ha (0,08 - 2,13)
<b>Monestié</b>	0,2 tonnes (0,0 %)	1 tonne (93 %)	3,2 tonnes (93 %)
	0,007 tonnes/ha	(0,38 - 1,9)	(0,1 - 6)
		0,04 tonnes/ha (0,02 - 0,09)	0,15 tonnes/ha (0,01 - 0,29)
<b>Malause</b>	86,8 tonnes (0,0 %)	65,8 tonnes (40%)	88,3 tonnes (40 %)
	0,59 tonnes/ha	(17 - 114,6)	(22,8 - 154)
		0,45 tonnes/ha (0,12 - 0,78)	0,6 tonnes/ha (0,15 - 1,04)
<b>Sainte-Livrade</b>	26,4 tonnes (0,0 %)	22,2 tonnes (13 %)	41,7 tonnes (13%)
	2,79 tonnes/ha	(14,12 - 30,3)	(26,5 - 57)
		2,35 tonnes/ha (1,45 - 3,2)	4,4 tonnes/ha (2,8 - 6,01)

**Tableau II (suite).** Biomasses par station, exprimées en tonnes (entre parenthèses la contribution de la classe I de densité des herbiers) et en tonnes par hectare en septembre 2014. Les résultats des différentes méthodes de calcul sont présentées (i.e. en utilisant la biomasse moyenne par m<sup>2</sup> mesurée au niveau des placettes, étendue à l'ensemble des classes de densité II à IV des herbiers, ou en considérant la totalité de la surface des stations et en pondérant la biomasse par le recouvrement des différentes classes de densité des herbiers – donc pour les classes I à IV ; les valeurs indiquées correspondent aux biomasses calculées en utilisant le recouvrement médian des différentes classes, suivies entre parenthèses de l'intervalle calculé en utilisant les bornes inférieures et supérieures de ces classes).

Septembre	Biomasse moyenne par m <sup>2</sup>	Avec pondération par catégories de densité	
		100% = 3ème quartile	100% = 4ème quartile
<b>Bourret</b>	0,87 tonnes (0,0 %) 0,07 tonnes/ha	2,5 tonnes (82 %) (0,26-4,8) 0,21 tonnes/ha (0,02-0,4)	6,8 tonnes (82 %) (0,7-13) 0,57 tonnes/ha (0,06-1,09)
<b>Saint-Aignan</b>	0,97 tonnes (0,0 %) 0,07 tonnes / ha	5,7 tonnes (93 %) (0,19-11,2) 0,43 tonnes / ha (0,01-0,85)	16 tonnes (93 %) (0,5-32) 1,22 tonnes / ha (0,04-2,40)
<b>Monestié</b>	8,01 tonnes (0,0 %) 0,37 tonnes / ha	16,4 tonnes (75 %) (2,42-30,7) 0,75 tonnes / ha (0,11-1,41)	17,9 tonnes (75%) (2,4-33) 0,82 tonnes / ha (0,11-1,53)
<b>Malause</b>	612,93 tonnes (0,0 %) 4,14 tonnes/ha	299,7 tonnes (19 %) (119,95-479,5) 2,02 tonnes / ha (0,81-3,24)	551,4 tonnes (19 %) (220,7-882) 3,72 tonnes / ha (1,49-5,96)
<b>Sainte-Livrade</b>	36,40 tonnes (0,0 %) 3,74 tonnes/ha	34,4 tonnes (12%) (21,46-47,3) 3,53 tonnes / ha (2,21-4,86)	41,5 tonnes (12 %) (25,9-57) 4,26 tonnes / ha (2,66-5,86)

**Tableau III.** Contribution des différentes espèces aux herbiers de macrophytes dans les 5 stations étudiées lors des campagnes de juillet et septembre 2014, sur la base de leur biomasse (au niveau des placettes) et de leur recouvrement (au niveau des transects).

Station	Espèce	Contribution relative aux herbiers			
		Biomasse (placettes)		Recouvrement (transects)	
		Juillet	Septembre	Juillet	Septembre
Saint Aignan	<i>Myriophyllum spicatum</i>	2,33%	30,74%	6,06%	33,70%
	<i>Ranunculus fluitans</i>	97,33%	65,03%	88,95%	36,47%
	<i>Potamogeton nodosus</i>	0,05%	2,93%	1,01%	10,82%
	<i>Fontinalis antipyretica</i>	0,18%	1,26%	1,27%	14,10%
Monestié	<i>Myriophyllum spicatum</i>	26,18%	28,02%	54,49%	59,24%
	<i>Ranunculus fluitans</i>	17,35%	18,26%	20,01%	4,37%
	<i>Potamogeton nodosus</i>	9,71%	31,19%	5,47%	23,36%
	<i>Elodea nuttallii</i>	0,07%	15,68%	0,00%	0,26%
	<i>Potamogeton pectinatus</i>	45,74%	6,40%	19,90%	10,02%
Bourret	<i>Ranunculus fluitans</i>	86,72%	71,84%	26,65%	50,28%
	<i>Potamogeton nodosus</i>	13,23%	19,50%	61,72%	35,30%
Malause	<i>Myriophyllum spicatum</i>	53,51%	33,40%	74,74%	33,49%
	<i>Vallisneria spiralis</i>	42,76%	45,56%	21,46%	29,85%
	<i>Najas marina</i>	0,26%	15,99%	0,63%	21,58%
Sainte Livrade	<i>Myriophyllum spicatum</i>	59,00%	31,60%	65,91%	67,58%
	<i>Vallisneria spiralis</i>	30,17%	31,97%	30,76%	17,54%
	<i>Ceratophyllum demersum</i>	4,92%	9,58%	1,73%	1,82%
	<i>Najas marina</i>	0,27%	26,56%	0,63%	11,14%

Les données issues des transects sont plus représentatives de la station (surface échantillonnée supérieure) et prennent mieux en compte les espèces à faible développement. En revanche, l'abondance relative en termes de recouvrement n'est pas strictement équivalente à une abondance relative en termes de biomasse (une espèce pouvant occuper une surface plus ou moins importante pour une biomasse donnée). A ce titre, l'estimation de l'abondance relative sur la base d'une biomasse est plus fiable (à surface échantillonnée équivalente).

Nous avons choisi de calculer la contribution moyenne donnée par les deux mesures et d'utiliser cette valeur moyenne pour calculer la biomasse de chacune de ces espèces sur les différentes stations (Tableau IV).

**Tableau IV.** Biomasses des espèces dominantes dans chaque station en juillet et septembre 2014 (basées sur les valeurs de biomasse totale de macrophytes calculées présentées dans le tableau II, et sur les contributions moyennes par espèces présentées dans le tableau III). Seules les espèces dont la contribution dépasse 10% pour l'une de ces deux mesures ont été incluses dans le tableau.

Station	Espèce	Biomasse totale en t		Biomasse par unité de surface en t.ha <sup>-1</sup>	
		Juillet	Septembre	Juillet	Septembre
<b>Saint Aignan</b>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,10 - 0,45	1,84 - 5,18	0,01 - 0,03	0,14 - 0,39
	<i>Ranunculus fluitans</i>	3,16 - 13,8	2,89 - 8,12	0,23 - 1,02	0,22 - 0,62
	<i>Potamogeton nodosus</i>	0,02 - 0,08	0,39 - 1,11	0 - 0,01	0,03 - 0,08
	<i>Fontinalis antipyretica</i>	0,02 - 0,09	0,43 - 1,21	0 - 0,01	0,03 - 0,09
<b>Monestié</b>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,40 - 1,29	7,15 - 7,81	0,02 - 0,06	0,33 - 0,36
	<i>Ranunculus fluitans</i>	0,19 - 0,6	1,83 - 2,00	0,01 - 0,03	0,08 - 0,09
	<i>Potamogeton nodosus</i>	0,08 - 0,25	4,46 - 4,87	0,00 - 0,01	0,20 - 0,22
	<i>Potamogeton pectinatus</i>	0,33 - 1,05	1,31 - 1,43	0,01 - 0,05	0,06 - 0,07
	<i>Elodea nuttallii</i>	0	1,33 - 1,46	0	0,06 - 0,07
<b>Bourret</b>	<i>Ranunculus fluitans</i>	2,16 - 6,02	1,53 - 4,16	0,16 - 0,46	0,13 - 0,35
	<i>Potamogeton nodosus</i>	1,42 - 3,96	0,68 - 1,85	0,11 - 0,3	0,06 - 0,15
<b>Malause</b>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	42,3 - 56,7	99,64 - 183,31	0,29 - 0,39	0,67 - 1,24
	<i>Vallisneria spiralis</i>	21,3 - 28,6	113,66 - 209,12	0,15 - 0,19	0,77 - 1,41
	<i>Najas marina</i>	0,65 - 0,87	56,31 - 103,61	0 - 0,01	0,38 - 0,70
<b>Sainte Livrade</b>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	14,3 - 26,3	17,13 - 20,66	1,48 - 2,77	1,76 - 2,12
	<i>Vallisneria spiralis</i>	6,77 - 12,7	8,52 - 10,28	0,72 - 1,34	0,87 - 1,06
	<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,20 - 0,37	2,03 - 2,45	0,02 - 0,04	0,21 - 0,25
	<i>Najas marina</i>	0,07 - 0,13	6,56 - 7,91	0,01 - 0,01	0,67 - 0,81

### 3.2.3. Extrapolation à l'échelle du linéaire global

L'extrapolation à l'échelle du linéaire global (Tableau V) conduit, selon la méthode utilisée, à des biomasses allant de 275,5 tonnes à 1141,3 tonnes en juillet (0,35 t ha<sup>-1</sup> à 1,44 t ha<sup>-1</sup>) et 910,0 tonnes à 2045,9 tonnes en septembre 2014 (1,15 t ha<sup>-1</sup> à 2,58 t ha<sup>-1</sup>).

**Tableau V.** Biomasses de macrophytes, pour la totalité du linéaire étudié en juillet et septembre 2014, exprimées en tonnes (entre parenthèses la contribution de la classe I de densité des herbiers) et en tonnes par hectare. Les résultats des différentes méthodes de calcul sont présentées (*i.e.* en utilisant la biomasse moyenne par m<sup>2</sup> mesurée au niveau des placettes, étendue à l'ensemble des classes de densité II à IV des herbiers, ou en considérant la totalité de la surface des stations et en pondérant la biomasse par le recouvrement des différentes classes de densité des herbiers – donc pour les classes I à IV ; les valeurs indiquées correspondent aux biomasses calculées en utilisant le recouvrement médian des différentes classes, suivies entre parenthèses de l'intervalle calculé en utilisant les bornes inférieures et supérieures de ces classes).

	Avec biomasses moyennes par m2	Avec pondération par catégories de densité	
		100% = 3ème quartile	100% = 4ème quartile
<b>Juillet</b>	278,2 tonnes (0,0 %) 0,35 tonnes/ha	275,5 tonnes (64 %) (48,7 - 504,3) 0,35 tonne/ha (0,06 - 0,64)	1141,3 tonnes (64 %) (201,9 - 2089) 1,44 tonne/ha (0,25 - 2,63)
<b>Septembre</b>	910,0 tonnes (0,0%) 1,15 tonne/ha	935,5 tonnes (40%) (326,8 - 1563,6) 1,18 tonne/an (0,41 - 1,97)	2045,9 tonnes (40%) (714,7 - 3420) 2,58 tonnes/ha (0,9 - 4,31)

La biomasse à l'échelle du linéaire global des 7 espèces les plus abondantes, calculée en utilisant leur contribution moyenne sur l'ensemble des stations, est indiquée dans le tableau VI. Ces espèces représentent environ 50% de la biomasse totale. Avec une biomasse atteignant (au maximum) 232 tonnes en juillet et 414 tonnes en septembre 2014, *Myriophyllum spicatum* représente à lui seul environ 20 % de la biomasse totale (tableau VI).

**Tableau VI.** Biomasses des espèces dominantes, sur l'ensemble du linéaire étudié, en juillet et en septembre 2014 (basées sur la valeur de biomasse totale de macrophytes calculées en utilisant le recouvrement médian des différentes classes de densité des herbiers, présentées dans le tableau V, et sur les contributions moyennes par espèce présentées dans le tableau III).

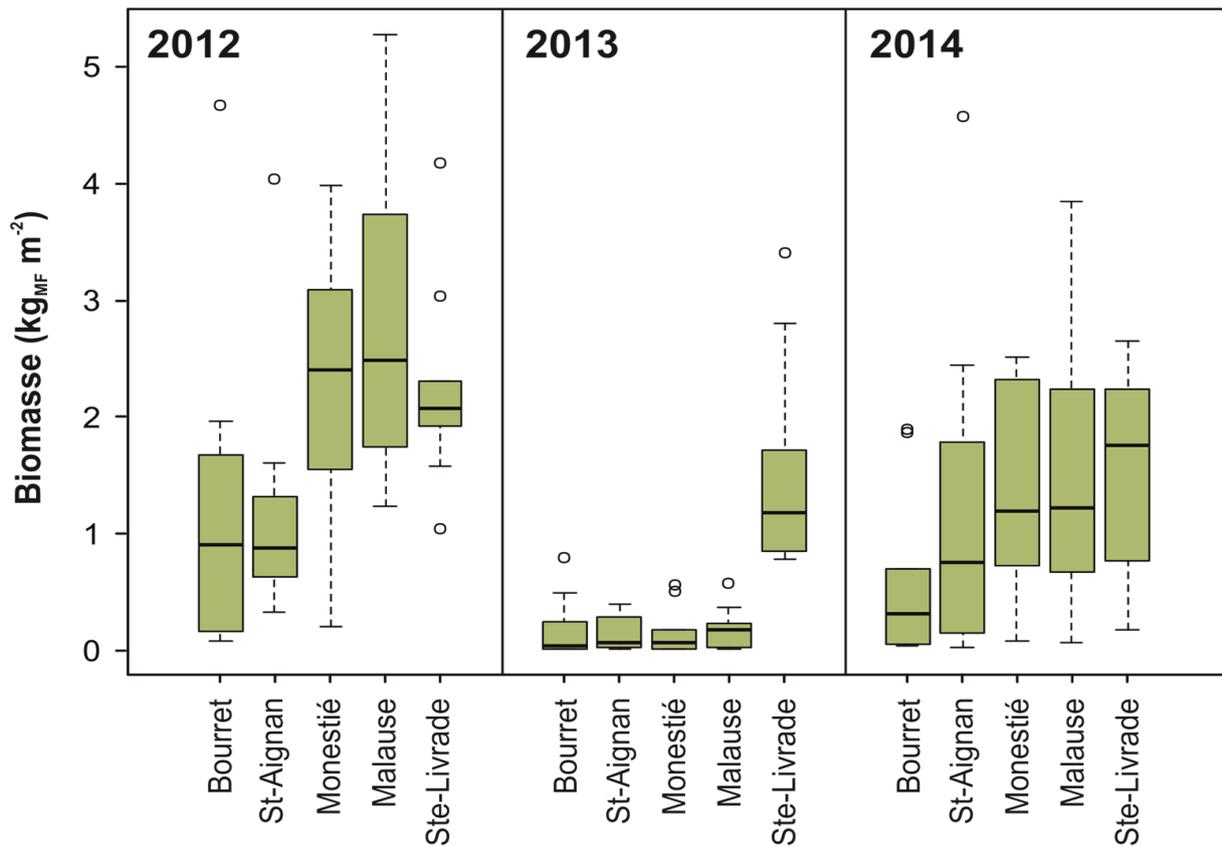
Espèce	Biomasse totale en t		Biomasse par unité de surface en t.ha-1	
	Juillet	Septembre	Juillet	Septembre
<i>Myriophyllum spicatum</i>	56,1 - 232	189,4 - 414,2	0,07 - 0,29	0,24 - 0,52
<i>Ranunculus fluitans</i>	38 - 157	86,7 - 189,7	0,05 - 0,2	0,11 - 0,24
<i>Potamogeton nodosus</i>	19,1 - 79	66,3 - 145,0	0,02 - 0,1	0,08 - 0,18
<i>Potamogeton pectinatus</i>	7,9 - 32,9	19,3 - 42,1	0,01 - 0,04	0,02 - 0,05
<i>Vallisneria spiralis</i>	14,6 - 60,4	45,1 - 98,6	0,02 - 0,08	0,06 - 0,12
<i>Najas marina</i>	0,72 - 2,97	32,0 - 70,0	0	0,04 - 0,09
<i>Elodea nuttallii</i>	0,1 - 0,4	1,5 - 3,2	0	0,002 - 0,004

### 3.3. Mise en relation des variations de biomasse avec l'hydrologie

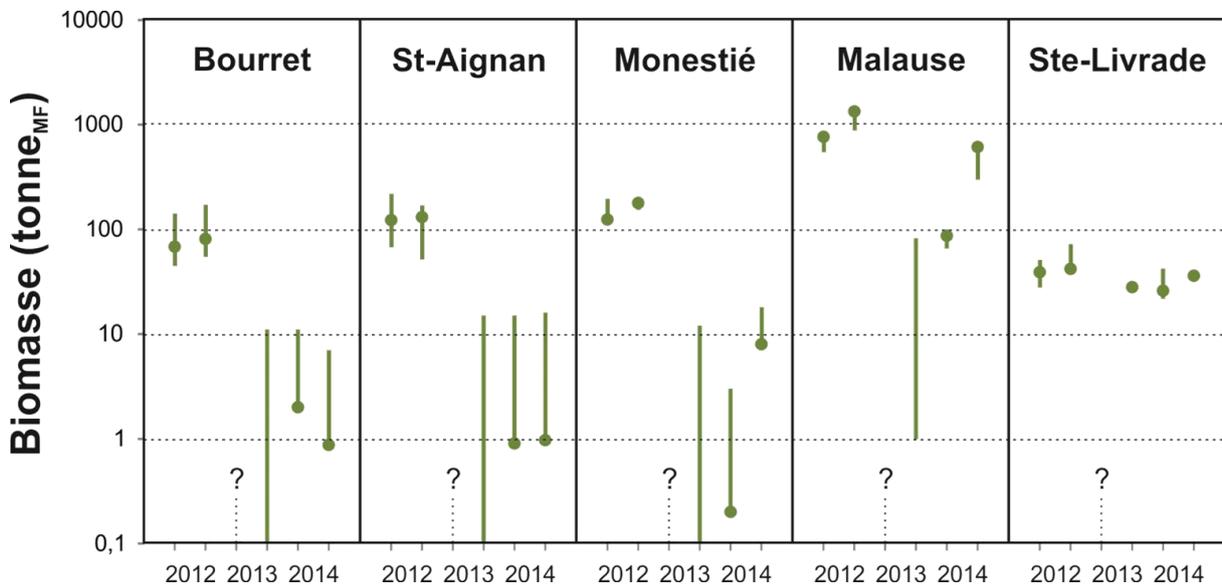
Les résultats obtenus lors de cette troisième année d'étude, montrent encore un relativement faible recouvrement des herbiers de macrophytes sur la Garonne à l'amont du CNPE de Golfech si l'on compare aux valeurs de 2012 (Figs 9 et 10).

Si en septembre 2014 les écarts avec 2012 tendent à s'estomper à l'échelle des placettes échantillonnées (Fig. 9), particulièrement pour Bourret et Saint-Aignan, l'écart demeure important à l'échelle des stations dans leur globalité (Fig. 10), du fait d'une moindre extension spatiale des herbiers.

Néanmoins, les valeurs de biomasse au niveau des placettes en septembre 2014 sont nettement supérieures à celles de septembre 2013 pour l'ensemble des stations de la Garonne (Fig. 9), indiquant une recolonisation en cours suite à la crue du printemps et du début d'été 2013, et ceci malgré des débits à nouveau importants entre janvier et juillet 2014 – mais n'atteignant toutefois pas les valeurs de 2013 (Fig. 11).

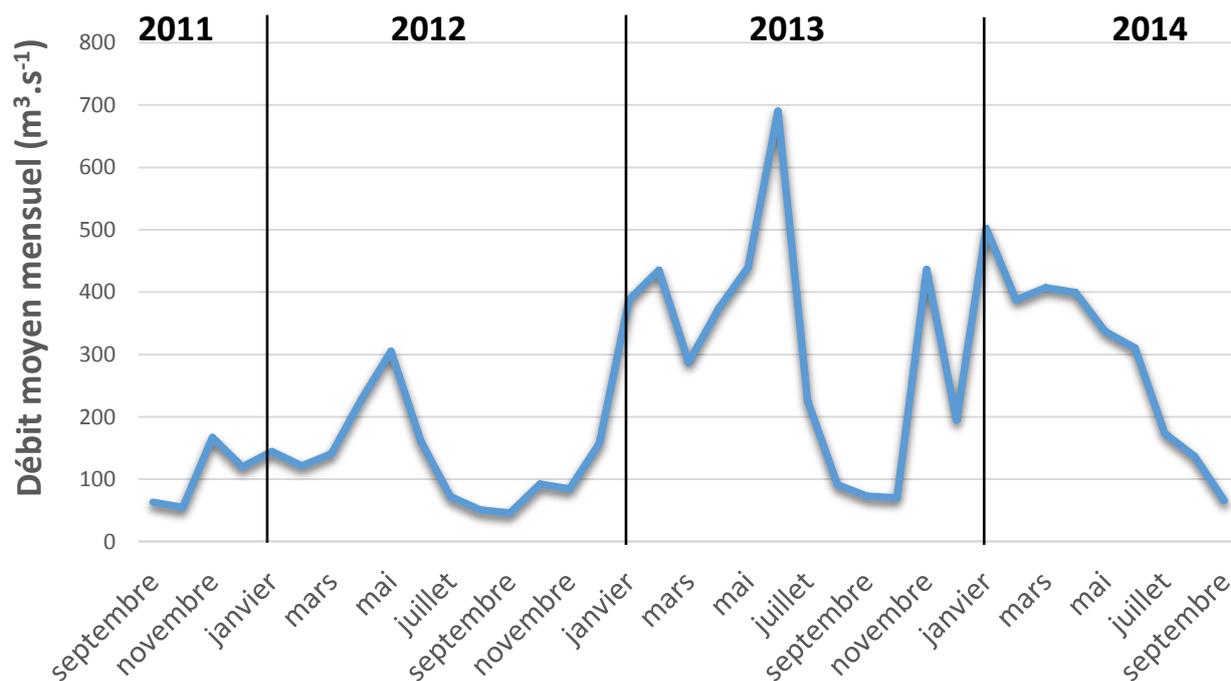


**Figure 9.** Biomasses au niveau des placettes échantillonnées sur les stations de la Garonne et du Tarn au mois de septembre entre 2012 et 2014 (médiane et espaces interquartiles).



**Figure 10.** Evolution des biomasses totale sur les stations de la Garonne et du Tarn entre juillet 2012 et septembre 2014. Les barres verticales indiquent la gamme de variation entre les valeurs estimées avec les différentes méthodes de calcul de biomasse (sauf en septembre 2013, où l'absence de photos aériennes nous avait conduit à adopter une méthode plus approximative – cf. rapport correspondant). Les points indiquent la valeur de biomasse obtenue avec la méthode 1 d'EDF-DTG (i.e. extrapolation des biomasses moyennes par placettes à l'ensemble des surfaces d'herbiers).

La station étudiée sur le Tarn (Sainte-Livrade) se démarque des stations de la Garonne par une relative stabilité de la biomasse des herbiers de 2012 à 2014 (Figs 9 et 10). Ceci s'explique vraisemblablement par un impact moindre des crues hivernales et printanières sur le Tarn, à mettre en relation avec le régime hydrologique de ce cours d'eau, caractérisé plutôt par des crues d'automne (Fig. 1).



**Figure 11.** Débit moyen mensuel sur la Garonne à la station de Verdun-sur-Garonne entre septembre 2011 et septembre 2014.

(Source : <http://www.hydro.eaufrance.fr>)

## 4. Annexes

**Annexe 1 :** cartographie des espèces de macrophytes sur les stations étudiées lors des campagnes de juillet et septembre 2014.

**Annexe 2 :** méthodes de calcul de la biomasse des herbiers préconisées par EDF-DTG.

**Annexe 3 (format électronique) :** données collectées sur le terrain lors des campagnes de juillet et septembre 2014 (recouvrement total des herbiers, recouvrement et biomasse des différentes espèces de macrophytes, caractéristiques des stations).

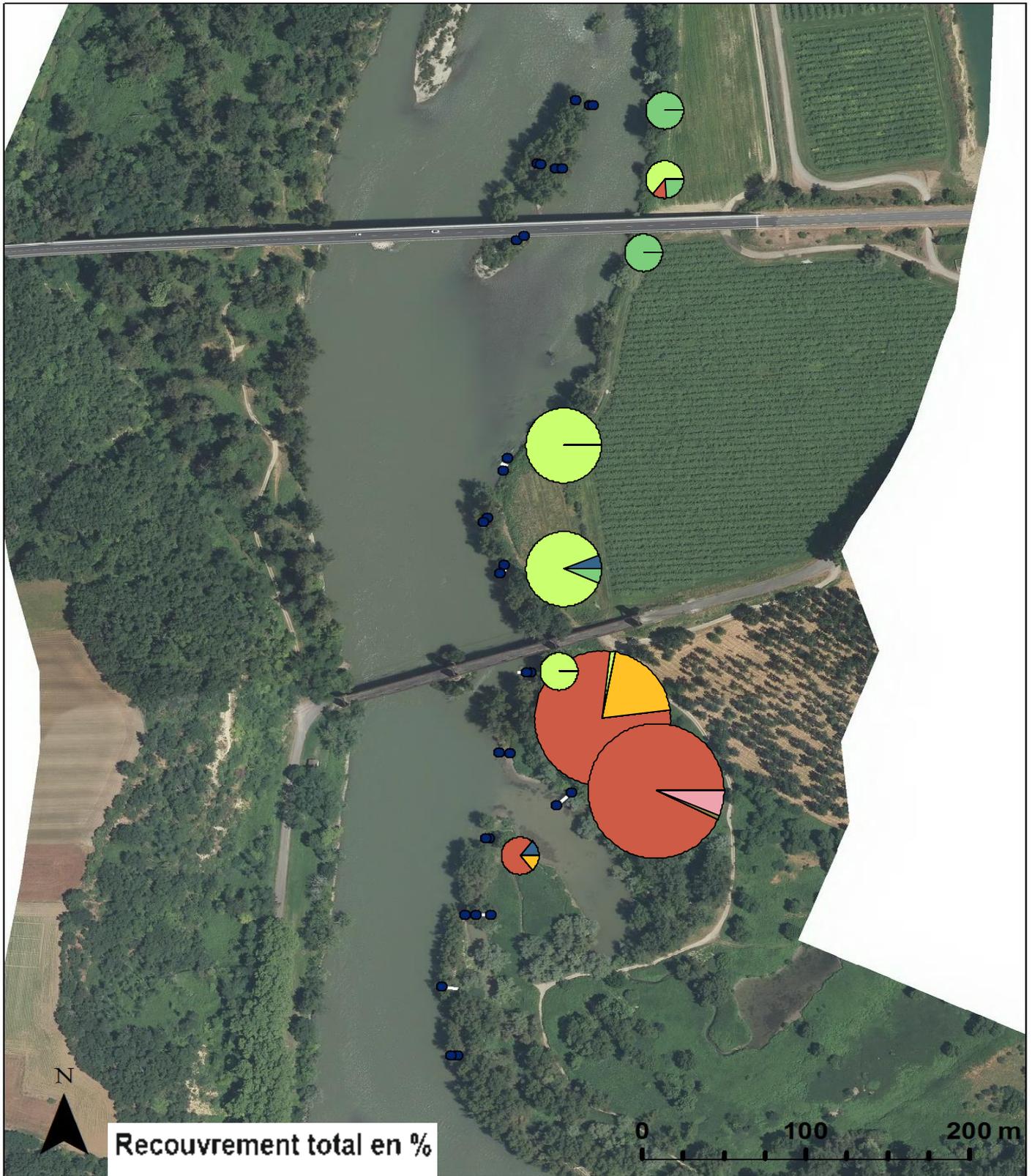
**Annexe 4 (format électronique) :** calcul des biomasses de macrophytes lors des campagnes de juillet et septembre 2014, station par station.

**Annexe 5 (format électronique) :** calcul des biomasses de macrophytes lors des campagnes de juillet et septembre 2014, pour la totalité du linéaire étudié.

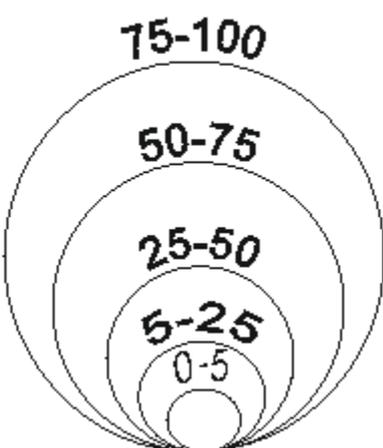
## Annexe 1

Cartographie des espèces de macrophytes sur les stations étudiées lors de la campagne de juillet et septembre 2014.

# Bouret Juillet 2014



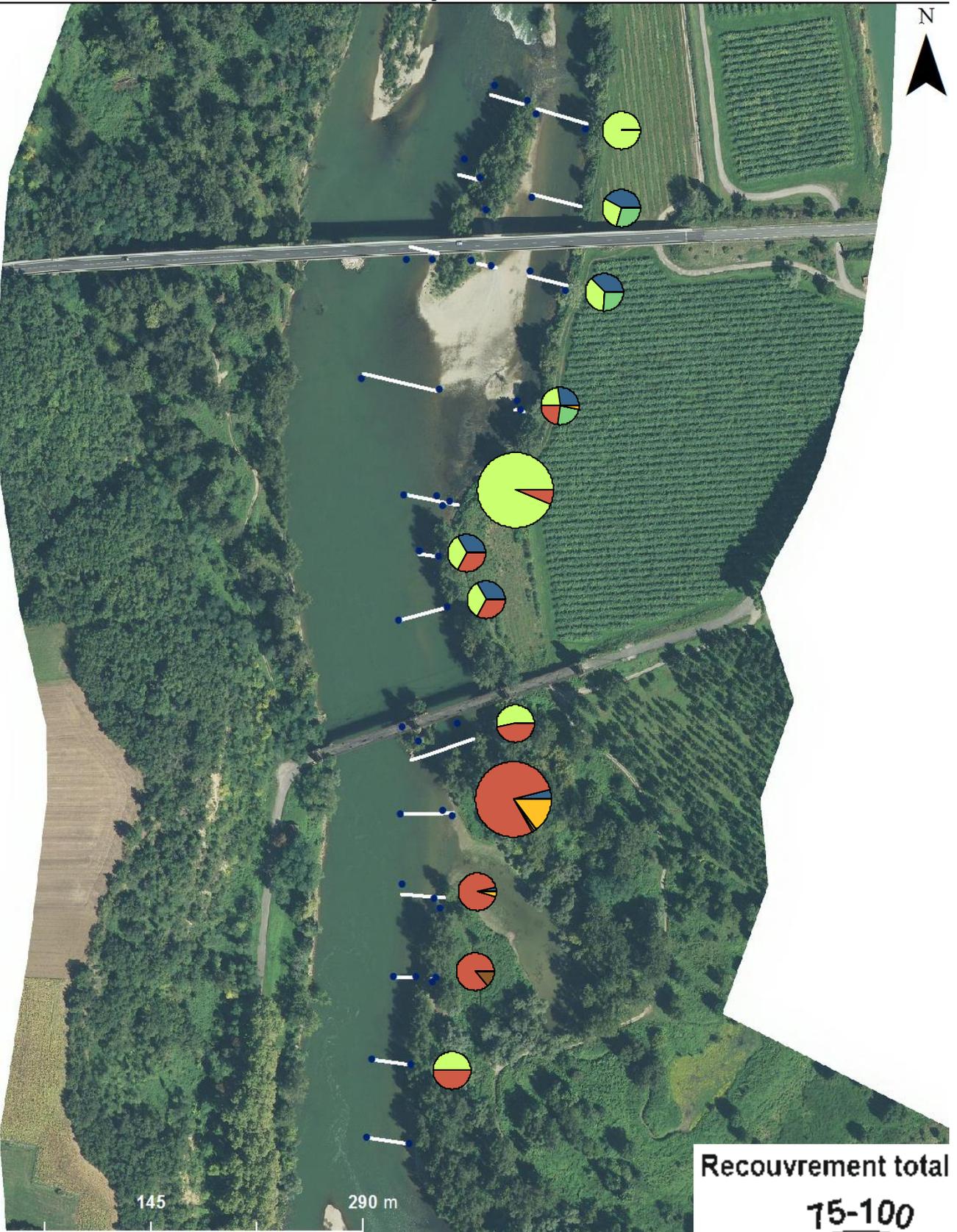
Recouvrement total en %



## Espèces

- |   |                              |   |                                |
|---|------------------------------|---|--------------------------------|
|  | <i>Myriophyllum spicatum</i> |  | <i>Fontinalis antipyretica</i> |
|  | <i>Lemna minor</i>           |  | <i>Potamogeton pectinatus</i>  |
|  | <i>Ranunculus fluitans</i>   |  | <i>Potamogeton nodosus</i>     |
|   |                              |  | <i>Ludwigia grandiflora</i>    |

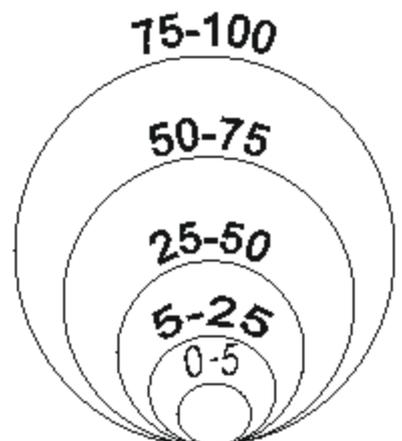
# Bourret Septembre 2014



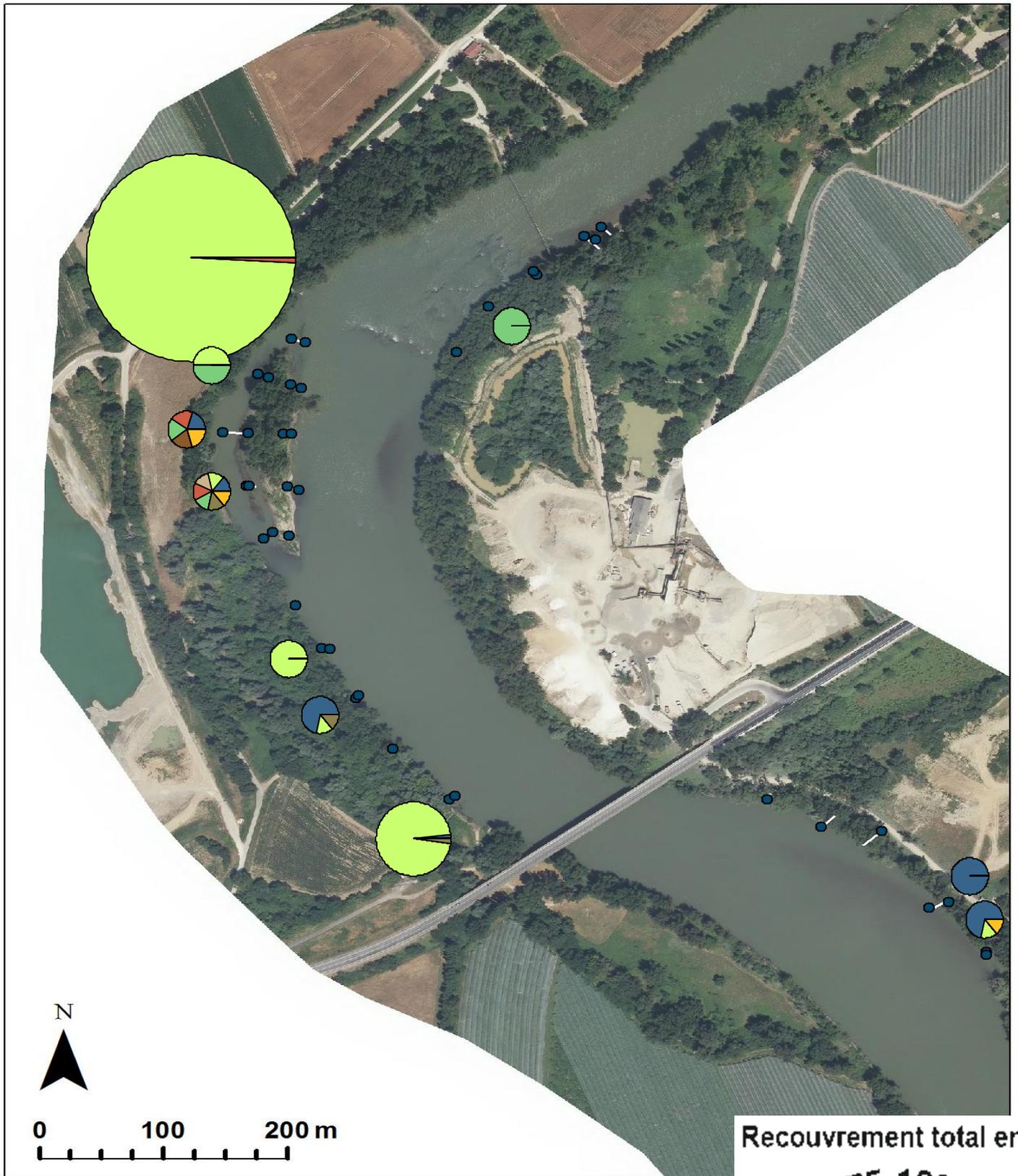
## Espèces

- |  |  |   |
|--|--|---|
|  <i>Myriophyllum spicatum</i>  |  <i>Spirodela polyrhiza</i>     |  <i>Najas marina</i>     |
|  <i>Potamogeton pectinatus</i> |  <i>Potamogeton nodosus</i>     |  <i>Elodea nuttallii</i> |
|  <i>Ranunculus fluitans</i>    |  <i>Fontinalis antipyretica</i> |  <i>Lemna minor</i>      |

Recouvrement total en %



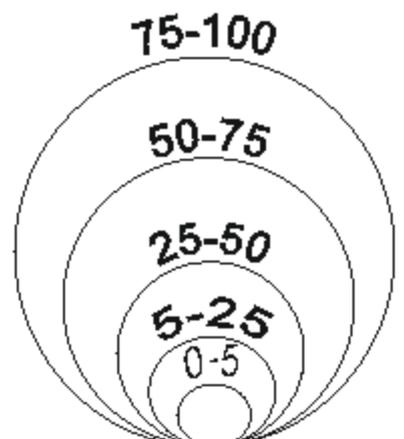
# Saint Aignan Juillet 2014



## Espèces

	<i>Myriophyllum spicatum</i>		<i>Potamogeton pectinatus</i>
	<i>Fontinalis antipyretica</i>		<i>Potamogeton nodosus</i>
	<i>Ranunculus fluitans</i>		<i>Potamogeton crispus</i>
	<i>Lemna minor</i>		<i>Elodea nuttallii</i>

Recouvrement total en %



# Saint-Aignan Septembre 2014



Recouvrement total en %

75-100

50-75

25-50

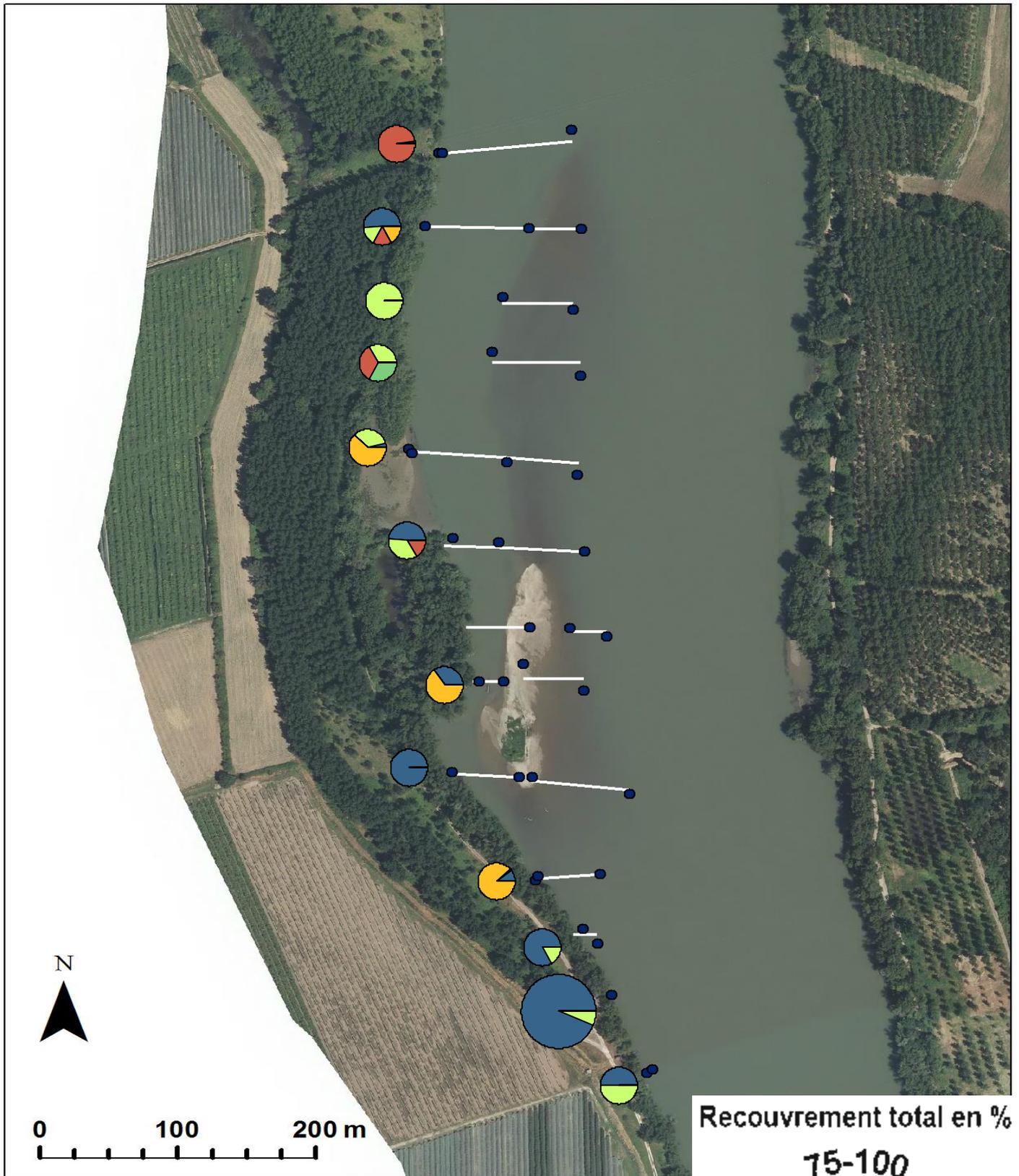
5-25

0-5

## Espèces

- |   |                               |  |                                |
|---|-------------------------------|--|--------------------------------|
|  | <i>Myriophyllum spicatum</i>  |  | <i>Egeria densa</i>            |
|  | <i>Potamogeton pectinatus</i> |  | <i>Potamogeton nodosus</i>     |
|  | <i>Ranunculus fluitans</i>    |  | <i>Fontinalis antipyretica</i> |

# Monestié Juillet 2014



Recouvrement total en %

75-100

50-75

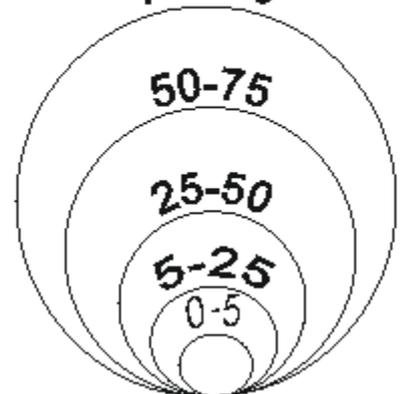
25-50

5-25

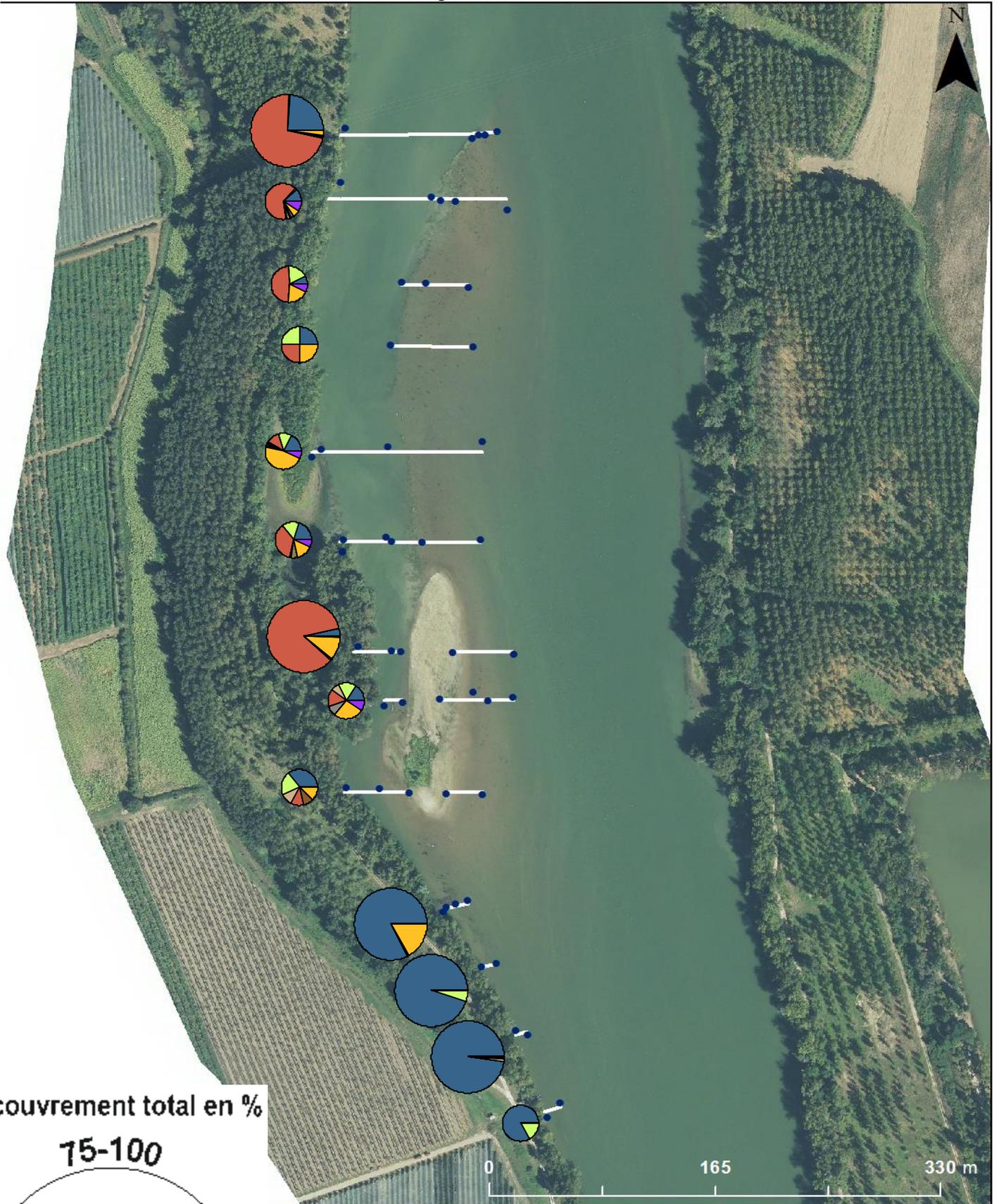
0-5

## Espèces

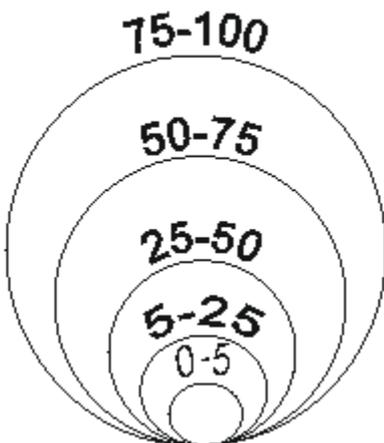
- |  |                                |   |                               |
|--|--------------------------------|---|-------------------------------|
|  | <i>Myriophyllum spicatum</i>   |  | <i>Potamogeton pectinatus</i> |
|  | <i>Fontinalis antipyretica</i> |  | <i>Potamogeton nodosus</i>    |
|  | <i>Ranunculus fluitans</i>     |  | <i>Ceratophyllum demersum</i> |



# Monestié Septembre 2014



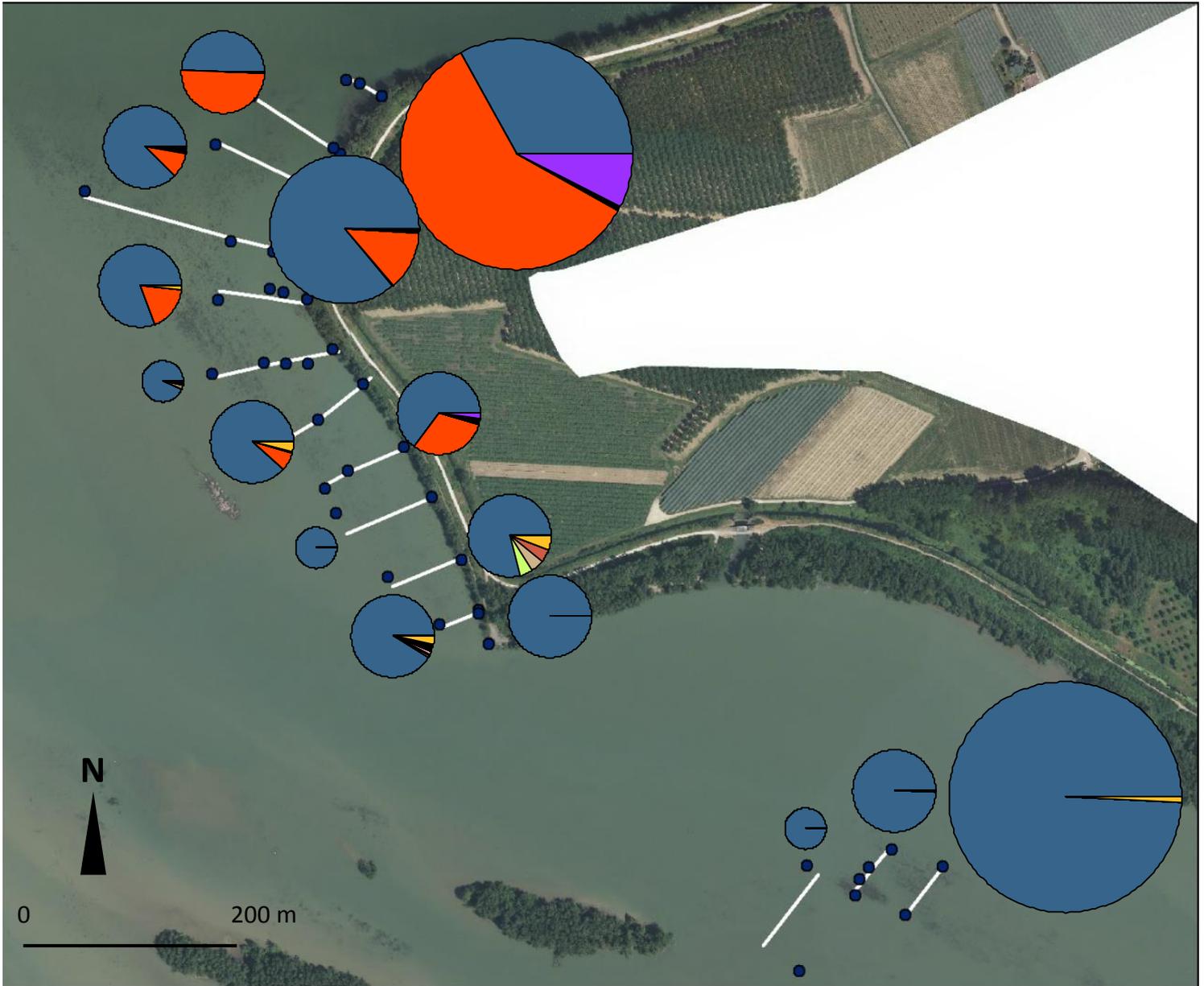
Recouvrement total en %



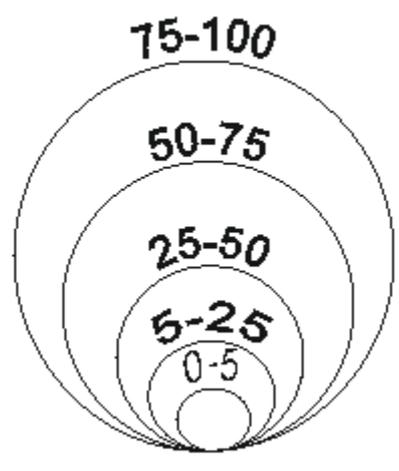
## Espèces

 <i>Azola filiculoides</i>	 <i>Myriophyllum spicatum</i>	 <i>Lemna minor</i>
 <i>Spirodela polyrhiza</i>	 <i>Potamogeton nodosus</i>	 <i>Najas marina</i>
 <i>Vallisneria spiralis</i>	 <i>Ceratophyllum demersum</i>	 <i>Egeria densa</i>
 <i>Potamogeton pectinatus</i>	 <i>Ludwigia peploides</i>	 <i>Elodea nuttallii</i>
 <i>Ranunculus fluitans</i>	 <i>Potamogeton crispus</i>	 <i>Elodea canadensis</i>

# Malause Juillet 2014



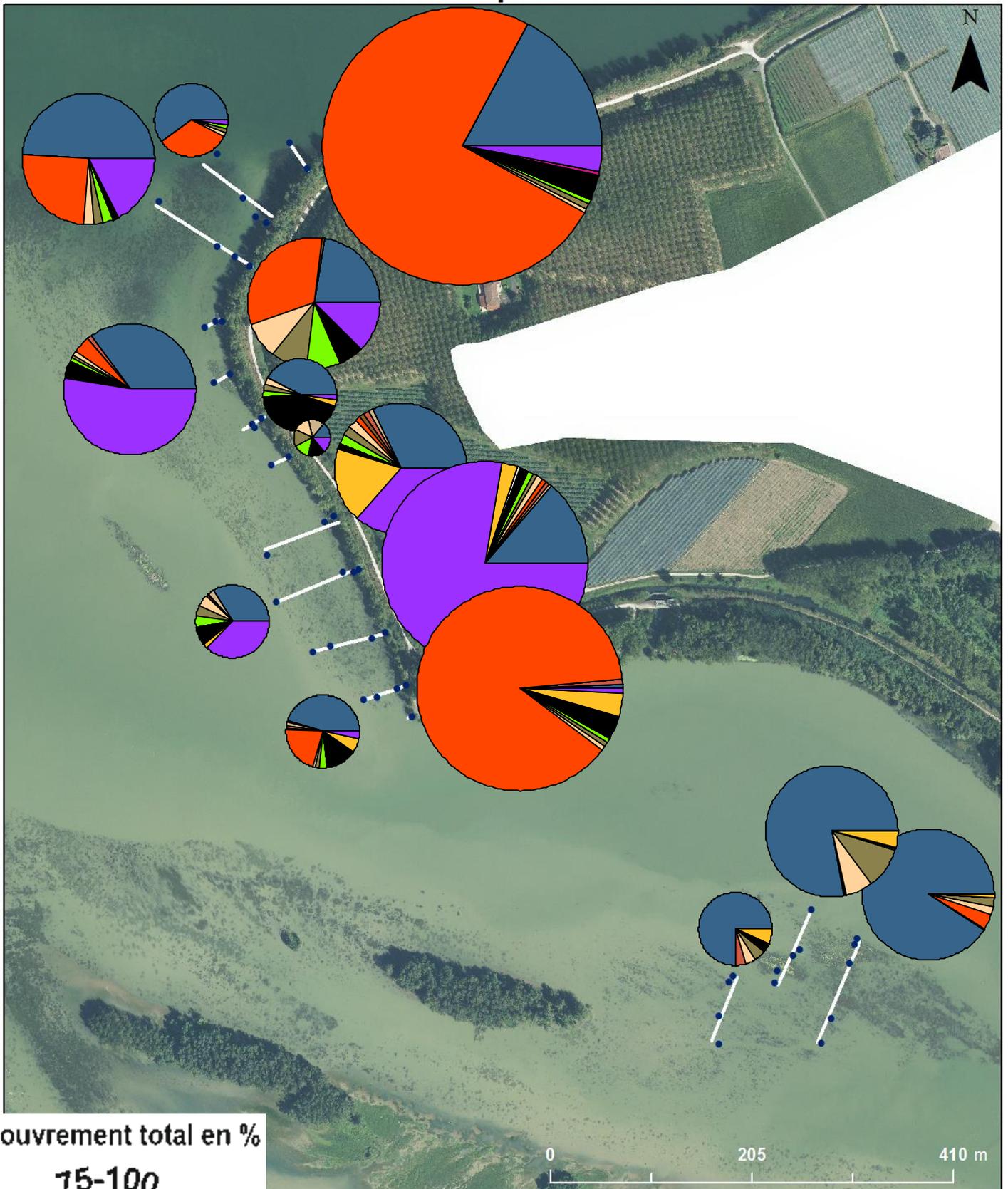
Recouvrement total en %



## Espèces

- |   |                               |   |                               |
|---|-------------------------------|---|-------------------------------|
|  | <i>Azola filiculoides</i>     |  | <i>Lemna minuscula</i>        |
|  | <i>Myriophyllum spicatum</i>  |  | <i>Lemna minor</i>            |
|  | <i>Spirodela polyrhiza</i>    |    | <i>Potamogeton nodosus</i>    |
|  | <i>Vallisneria spiralis</i>   |    | <i>Ceratophyllum demersum</i> |
|  | <i>Potamogeton pectinatus</i> |    | <i>Ludwigia peploides</i>     |
|  | <i>Ranunculus fluitans</i>    |    | <i>Potamogeton crispus</i>    |
|   |                               |  | <i>Najas marina</i>           |
|   |                               |  | <i>Ludwigia grandiflora</i>   |
|   |                               |  | <i>Elodea nuttallii</i>       |
|   |                               |  | <i>Elodea canadensis</i>      |

# Malause Septembre 2014



Recouvrement total en %

75-100

50-75

25-50

5-25

0-5

## Espèces

*Spirodela polyrhiza*

*Vallisneria spiralis*

*Potamogeton pectinatus*

*Ranunculus fluitans*

*Azola filiculoides*

*Myriophyllum spicatum*

*Potamogeton nodosus*

*Ceratophyllum demersum*

*Ludwigia peploides*

*Potamogeton crispus*

*Lemna minuscula*

*Lemna minor*

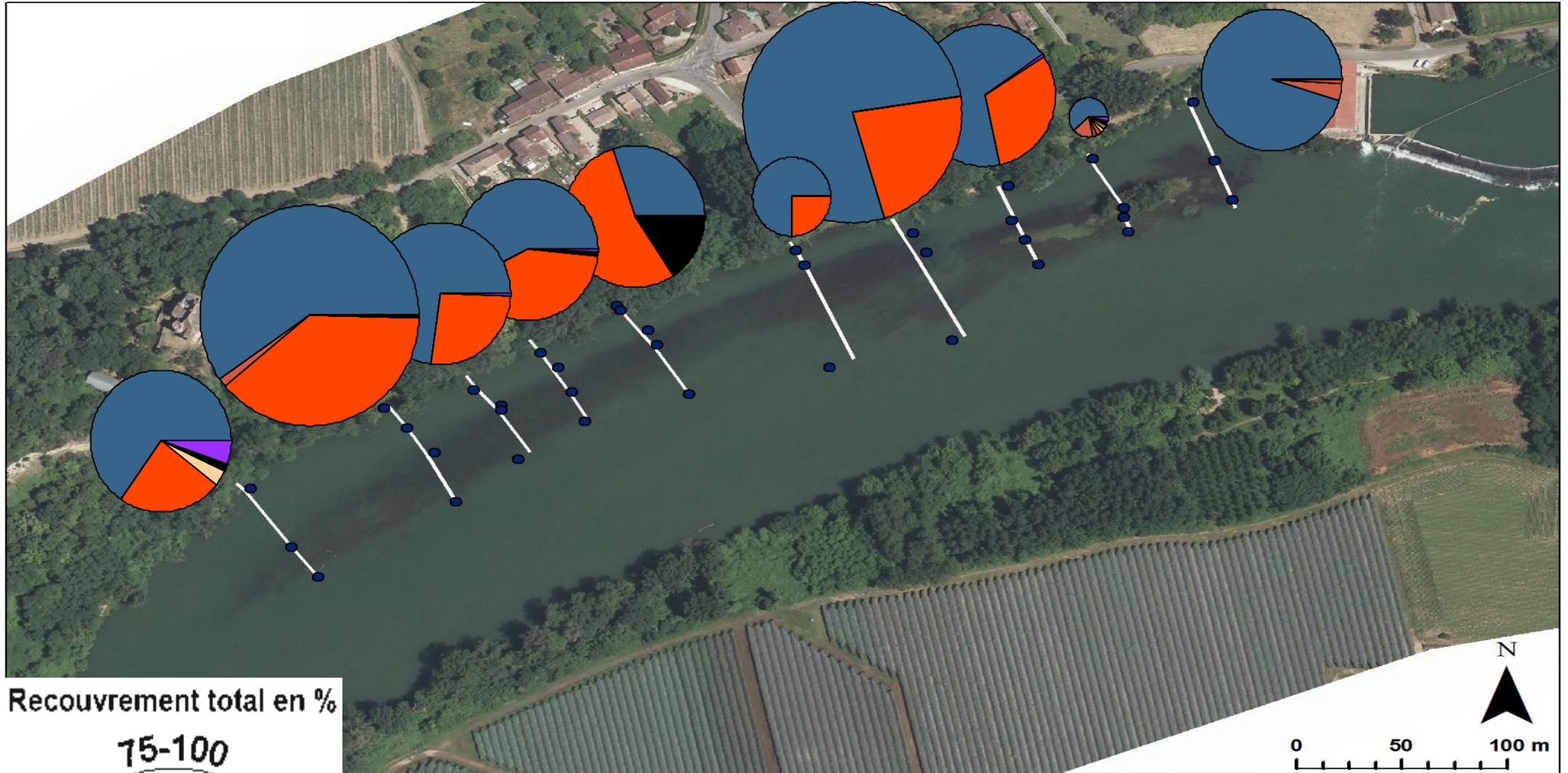
*Najas marina*

*Ludwigia grandiflora*

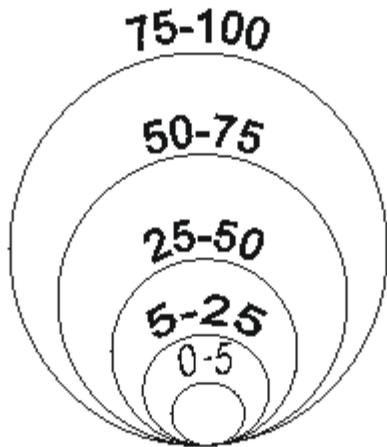
*Elodea nuttallii*

*Elodea canadensis*

# Sainte Livrade Juillet 2014



Recouvrement total en %



## Espèces

- |   |                               |   |                            |   |                         |
|---|-------------------------------|---|----------------------------|---|-------------------------|
|    | <i>Vallisneria spiralis</i>   |  | <i>Spirodela polyrhiza</i> |  | <i>Najas marina</i>     |
|    | <i>Myriophyllum spicatum</i>  |  | <i>Potamogeton nodosus</i> |  | <i>Elodea nuttallii</i> |
|  | <i>Ceratophyllum demersum</i> |  | <i>Lemna minor</i>         |   |                         |

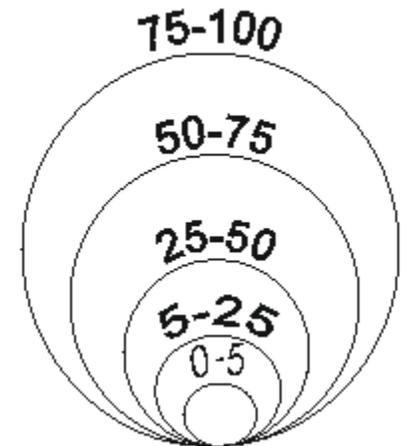
# Sainte Livrade Août 2014



## Espèces

- |   |                              |   |                               |   |                         |
|---|------------------------------|---|-------------------------------|---|-------------------------|
|  | <i>Myriophyllum spicatum</i> |  | <i>Spirodela polyrhiza</i>    |  | <i>Najas marina</i>     |
|  | <i>Vallisneria spiralis</i>  |  | <i>Potamogeton nodosus</i>    |  | <i>Elodea nuttallii</i> |
|  | <i>Azola filiculoides</i>    |  | <i>Ceratophyllum demersum</i> |  | <i>Lemna minor</i>      |

Recouvrement total en %



## Annexe 2

Méthodes de calcul de la biomasse des herbiers préconisées par EDF-DTG.

# Calcul de biomasses

## 1. Biomasse des stations échantillonnées (prestataire terrain + Avion Jaune pour les surfaces)

Méthode 1 : Calcul simplifié (sans transect) par station :

- calcul de la biomasse moyenne des placettes par station (la somme des masses de végétaux par placette / m<sup>2</sup> de placette) → résultat en kg de MF / m<sup>2</sup> (sous réserve que les placettes soient bien toutes sur des herbiers) **Biomasse moyenne représentative de la station**
- calcul de la surface des herbiers par station (via géo-référencement Avion Jaune)
- étendre cette biomasse moyenne à la surface des herbiers par station (biomasse moyenne x surface) → résultat en kg de MF **Quantité de macrophytes totale sur la station**

Interprétations :

- Comparaison des biomasses moyennes représentatives des stations (stations homogènes ?)

Méthode 1 bis : A l'issue des campagnes de terrain, voir avec le prestataire si il est possible, sur la station, d'attribuer une placette à un type d'herbier (si la station n'est pas homogène). Et donc de calculer une masse par "herbier" à l'intérieur de la station puis faire la somme. Pour garder une plus grande précision à l'intérieur de la station.

Méthode 2 : Calcul par station (prise en compte des transects et de l'abondance recouvrement sans points-contacts) :

- calcul la biomasse moyenne par espèce par station (via les placettes) → kg MF / m<sup>2</sup> / espèce
- calcul de la quantité moyenne par transect (somme de (biomasse par espèce x abondance de l'espèce sur le transect x surface du transect)) → kg MF
- calcul de la quantité totale de tous les transects (somme des quantités moyennes) → kg MF
- calcul de la surface totale de tous les transects → m<sup>2</sup>
- calcul de la moyenne des biomasses sur l'ensemble des transects représentatifs de la station (quantité totale dans les transects / surface totale des transects) → kg MF / m<sup>2</sup>
  
- calcul de la surface des herbiers par station (SIG)
- étendre cette biomasse moyenne à la surface des herbiers par station (biomasse moyenne sur l'ensemble des transects x surface des herbiers) → kg **Quantité de macrophytes totale sur la station**

NB : si une station possède plusieurs « types » d'herbiers, le calcul de biomasse devra être réalisé par « type » d'herbiers par station. **Nous avons essayé de choisir une station représentative d'un type d'herbier.**

NB : la surface des herbiers ainsi que le type d'herbiers sont délimitées sur SIG par collaboration entre les 2 prestataires

Méthode 3 : Calcul par station (prise en compte des transects et des points-contacts) :

- calcul la biomasse moyenne par espèce par station (via les placettes) → kg MF / m<sup>2</sup> / espèce

- calcul du taux de recouvrement par espèce en pondérant l'occurrence par l'abondance des points-contacts pour chaque transects (protocole IBMR)  

$$R_T = ((100(n_5 + 0,75n_4 + 0,5n_3 + 0,25n_2 + 0,05n_1) / \sum n_i)$$
*avec  $R_T$  taux de recouvrement en % de l'espèce sur le transect échantillonné,*  
 *$n_5$  à  $n_1$  nombre d'échantillons présentant des indices d'abondance respectifs de 5 à 1 pour l'espèce considéré,*  
 *$n_i$  nombre total d'échantillons observé (=nombre de points contacts réalisés).*
- calcul de la quantité moyenne par transect (somme de (biomasse par espèce x taux de recouvrement de l'espèce sur le transect x surface du transect)) → kg MF
- calcul de la quantité totale de tous les transects (somme des quantités moyennes) → kg MF
- calcul de la surface totale de tous les transects → m<sup>2</sup>
- calcul de la moyenne des biomasses sur l'ensemble des transects représentatifs de la station (quantité totale dans les transects / surface totale des transects) → kg MF / m<sup>2</sup>
- calcul de la surface des herbiers par station (SIG)
- étendre cette biomasse moyenne à la surface des herbiers par station (biomasse moyenne sur l'ensemble des transects x surface des herbiers) → kg **Quantité de macrophytes totale sur la station**

## 2. Biomasse des sous-tronçons géo-référencés et traités par l'Avion Jaune

- DTG fournit le fichier kml avec les zones à géo-référencer (zones avec herbiers)
- Calcul des surfaces de tous les herbiers présents sur les sous-tronçons
- Classer chaque herbier par « type » (couleur, ...)
- Calcul la surface de chaque type d'herbiers
- Attribuer une biomasse par type d'herbiers pour une surface d'herbiers → kg MF / m<sup>2</sup>
- Calcul de la quantité totale de toutes les zones géo-référencées en amont du CNPE (en kg de MF)