



BOUTIQUE DES SCIENCES

Université de Lyon



L'Élodée de Nuttall : Plante invasive des Gorges de l'Ain Causes, Conséquences & Mesures de gestion

Alexandre Lainé
Saison 2017

PRÉAMBULE

Les boutiques des sciences apportent un soutien scientifique et participatif en réponse à des besoins exprimés par la société civile. Apparues aux Pays-Bas dès la fin des années 1960, ces dispositifs reposent sur un principe simple : les demandes « brutes » que leur adressent des associations, conseils de quartier, groupes de parents d'élèves, ou encore coopératives, sont reformulées avec des scientifiques afin de constituer de véritables « sujets de recherche ». Ces derniers sont alors proposés à des étudiants qui s'y impliquent dans le cadre de leur cursus.

C'est sur la base des expériences menées dans certaines universités européennes depuis plusieurs décennies et regroupées dans le réseau international *Living Knowledge*¹ que la **Direction Culture, Sciences et Société de l'Université de Lyon** a développé son propre modèle de recherche collaborative adapté à son territoire, élargissant ainsi sa gamme d'activités de médiation scientifique. Depuis 2014, la **Boutique des sciences de l'Université de Lyon** coordonne chaque année une dizaine de projets dans les thématiques prioritaires de l'environnement, de la santé et des questions sociales.

Grâce à la Boutique des sciences, des étudiants de niveau Master collaborent durant un stage de quatre à six mois avec des collectifs de citoyens sur des problématiques d'intérêt général, tout en bénéficiant à la fois de l'expertise scientifique d'enseignants-chercheurs et d'un accompagnement par des médiateurs scientifiques professionnels.

En mettant ainsi en relation des groupes issus de milieux parfois éloignés, la Boutique des sciences de l'Université de Lyon favorise l'émergence d'une communauté partageant des objectifs et des valeurs, et contribue à l'ancrage durable de l'Université dans son territoire.

Ce document présente de façon synthétique les résultats d'un projet. Sauf avis contraire exprimé, le rapport de stage complet est téléchargeable sur le site de la *Boutique des sciences de l'Université de Lyon*.

(¹ : <http://www.livingknowledge.org/livingknowledge/perares>)

DÉPÔT LÉGAL

Mots clés : prolifération, plante invasive, élodée • **Structure demandeuse** : Association de Gestion des Espaces Karstiques • **Coordination du projet** : Pauline Bryère, Chargée de projet Boutique des sciences • **Mise en œuvre du projet** : Alexandre Lainé, Master Biodiversité, Ecologie, Evolution - Spécialité Préservation et Gestion conservatoire des Systèmes Ecologiques, Université Paris-Saclay • **Direction scientifique** : Sara Puijalon, Chargée de recherche CNRS, Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés • **Crédits photographiques** : Emmanuelle N'Diaye, Alexandre Lainé, Base de loisirs Chambod-Merpuis, Régis Krieg-Jacquier • **Référence** : Alexandre Lainé, *L'Élodée de Nuttall : plante invasive des Gorges de l'Ain* - Rapport de synthèse Boutique des sciences de l'Université de Lyon, 2017, 18p. • **Financement** : Programme Avenir Lyon Saint-Etienne (PALSE) et IDEX

L'ÉLODÉE DE NUTTALL : PLANTE INVASIVE DES GORGES DE L'AIN CAUSES, CONSÉQUENCES & MESURES DE GESTION



RÉALISATION ET ACCOMPAGNEMENT DE L'ÉTUDE

Ce rapport de synthèse a été réalisé dans le cadre d'un projet Boutique des sciences, en réponse à l'offre BdS-UdL-2017-04

- **Etudiant stagiaire :**

Alexandre LAINÉ, Master Biodiversité, Ecologie, Evolution
- Spécialité Préservation et Gestion conservatoire
des Systèmes Ecologiques, Université Paris-Saclay

- **Référent société civile :**

Emmanuel HYVERNAT, Coordinateur des projets de
l'Association de Gestion des Espaces Karstiques

- **Supervision scientifique :**

Sara PUIJALON, Chargée de recherche CNRS, Laboratoire
d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés

- **Médiation scientifique :**

Pauline BRYÈRE, Chargée de projet Boutique des science



DEMANDE SOCIALE ET PROJET DE RECHERCHE

Structure demandeuse :

Association de Gestion des Espaces Karstiques.

• Reformulation de la demande sociale en projet de recherche :

« Compilation des données et mise en place d'une recherche ciblée sur les plantes invasives dans la basse-vallée de l'Ain »

Dans les gorges de l'Ain, la base de loisirs de l'île Chambod se trouve confrontée depuis plusieurs années à une espèce envahissante : l'Elodée du Nuttall (*Elodea nuttallii*). Introduite au milieu du XXe siècle en France, cette plante aquatique originaire d'Amérique du Nord a fait l'objet de nombreuses études de par le monde, notamment pour en déterminer les facteurs de développement, les impacts et les solutions possibles.

En se basant sur une revue de littérature scientifique complétée par l'étude des projets menés sur la problématique végétale sur la rivière Ain, l'étudiant-e devra proposer une recherche terrain originale et réalisable, en élargissant sa perspective aux plantes invasives.

Par une attention particulière aux aspects anticipation et prévention, l'étudiant-e cherchera ce-faisant à enrichir la connaissance et les moyens d'action sur la composante végétale de la rivière, afin de mieux outiller les multiples parties-prenantes impactées par les phénomènes invasifs (Syndicat de rivière de la Basse-Vallée de l'Ain, professionnels de la base nautique, gestionnaires du barrage EDF en aval, touristes et plaisanciers fréquentant les lieux en période estivale, naturalistes...).

INTRODUCTION

Dans les gorges de l'Ain, la base de loisirs de l'île Chambod se trouve confrontée depuis plusieurs années à une espèce exotique envahissante : l'Élodée de Nuttall (*Elodea nuttallii*), qui occasionne des gênes régulières pour les activités nautiques en période estivale. Le Syndicat Mixte pour l'Équipement et l'Aménagement de l'île Chambod (SMEA) a tenté à plusieurs reprises de se débarrasser de ces herbiers denses, mais une fois l'été venu, ils refont toujours leur apparition !

L'île Chambod est une île artificielle de 20 hectares qui a été formée en 1960 après la mise en eau du barrage d'Allement qui a fait monter localement le niveau de la rivière d'Ain de 20 mètres (Naturama). Elle se situe à environ 13,5 km en aval du barrage hydro-électrique de Cize-Bolozon et environ 1,7 km en amont de celui d'Allement (Géoportail). La retenue d'Allement, sur laquelle se situe l'île Chambod, est classée « masse d'eau fortement modifiée » (GREBE, 2014).

La montée des eaux, à l'origine de la formation de l'île, a séparé le lit de la rivière d'Ain en deux, formant un bras secondaire qu'on appelle couramment lône dans la région. La lône, très appréciée des pêcheurs en temps normal, constitue une frayère naturelle. En effet, les femelles de poissons et d'amphibiens viennent y pondre leurs œufs de manière préférentielle puisque la profondeur y est plus faible, il y fait donc plus chaud et les macrophytes (plantes aquatiques visibles à l'œil nu) s'y développent mieux, ce qui constitue autant de cachettes pour se prémunir de la prédation (Haury & Baglinière, 1996).

Or, peu de temps après la mise en eau de l'île, vers les

années 1970, un passage en terre a été construit afin de relier la berge de la commune de Chambod à celle de l'île, dans le but d'acheminer des véhicules et des matériaux pour effectuer des travaux sur l'île. Ce devait être un passage temporaire mais le fait est qu'aujourd'hui encore ce passage existe et semble poser plusieurs problèmes, principalement concernant le mauvais écoulement de l'eau dans la lône et le développement massif de macrophytes.

Aujourd'hui, l'île Chambod sert de lieu de pêche et de promenade à l'année, ou bien de base de loisirs en période estivale avec une zone de baignade surveillée ainsi que de nombreuses activités nautiques (canoë-kayak, aviron, ski nautique, etc.) proposées par les différents clubs basés sur l'île.

Cependant, à cause de cette plante aquatique, ces activités sont menacées depuis le début des années 2000, en particulier les années de forte chaleur comme lors de la canicule de 2003.

Par le passé, l'Association de Gestion des Espaces Karstiques (AGEK) avait été sollicité par le SMEA afin d'agir concernant la gestion de l'élodée, et Emmanuel Hyvernât (coordinateur des projets de l'AGEK) a fait parvenir une demande sociale à la Boutique des Sciences de l'Université de Lyon, dénonçant les problèmes posés par cette espèce. Et c'est ainsi que j'ai rejoint les rangs de l'AGEK dans le but de recueillir un maximum d'informations sur ce végétal aquatique afin d'être en mesure de proposer des méthodes de suivi et de gestion permettant de lutter contre sa prolifération aux abords de l'île Chambod.



Figure 1 : Île Chambod. Crédits : Base de loisirs Chambod-Merpuis.

CONTEXTE ET OBJECTIFS

L'introduction d'espèces exotiques envahissantes est l'une des quatre causes majeures de l'érosion de la biodiversité actuelle, les trois autres étant la destruction et la pollution des habitats, la surexploitation des ressources naturelles et le changement climatique. Ainsi, au XX^{ème} siècle, le taux d'extinction des espèces est estimé comme étant 50 fois supérieur au taux moyen pour les plantes, 260 fois supérieur au taux moyen pour les vertébrés et 560 fois supérieur au taux moyen pour les mammifères (Teysseire, 2004).

La France métropolitaine comprend plus de 6 000 espèces végétales qui se répartissent approximativement en 4 900 espèces indigènes et au moins 1 300 espèces exotiques introduites par l'Homme à partir d'une autre région du monde (Fried, 2012).



Figure 2 : Échantillon élodée. Crédits : Alexandre Lainé.

En effet, la mondialisation a connecté des régions du globe initialement très isolées, et les échanges de diverses marchandises ont conduit et conduisent à importer tous types d'organismes vivants (animaux, plantes, champignons, bactéries, etc.), accidentellement (pontes d'insectes, semences de plantes, spores de champignons,

etc.) ou de manière volontaire (plantes ornementales, mellifères, fourragères, nouveaux animaux de compagnie, etc.) (Muller, 2004 ; Fried, 2012).

La majeure partie des plantes exotiques introduites au sein de notre écosystème sont présentes de manière éphémère : soit parce qu'elles n'ont pas été introduites en nombre suffisant, soit parce qu'elles sont mal adaptées à leurs nouvelles conditions environnementales. Après 25 ans de présence, les plantes introduites qui parviennent à se reproduire de façon autonome et à maintenir une population viable sans intervention humaine sont considérées par les botanistes comme étant naturalisées. Parmi ces plantes naturalisées, celles qui sont capables d'étendre rapidement leur aire de distribution dans le territoire où elles sont introduites sont considérées comme étant des plantes invasives (Fried, 2012).

Cette extension se manifeste souvent par des populations de taille importante, qui s'accompagne généralement d'impacts environnementaux et/ou économiques et/ou sanitaires, et résultent en des changements significatifs de composition, de structure et de fonctionnement des écosystèmes (Cronk & Fuller, 2001 ; Fried, 2012).

De nombreuses caractéristiques biologiques ont été étudiées afin de déterminer les facteurs principaux favorisant les invasions. Deux aspects fondamentaux ont été retenus :

- la capacité de dispersion : production importante de graines, adaptations pour la dispersion à longue distance ou capacité de produire de nouveaux individus à partir de petits fragments (rhizomes, boutures de tiges).
- la capacité de former des populations denses monospécifiques* : principe selon lequel les plantes exotiques envahissantes sont généralement plus compétitives que les plantes indigènes du milieu envahi. Cela peut se traduire, entre autres, par une plus grande taille, une surface foliaire totale plus élevée ou encore une meilleure capacité d'utilisation de l'eau et des éléments nutritifs du milieu (Muller 2004 ; Fried, 2012).

De nos jours, un des enjeux majeurs de la biologie des invasions est d'être capable de prédire correctement quelles espèces introduites, ou en voie d'introduction, risquent de devenir invasives et de causer des impacts non négligeables sur l'écosystème et les activités humaines.

* D'une seule et même espèce

CONTEXTE ET OBJECTIFS

Cela permettra de mettre en place, à temps, des mesures afin de contrôler leur commerce, leur transport et limiter leur propagation avant qu'il ne soit trop tard (Muller, 2004 ; Fried, 2012).

En effet, il est généralement trop tard pour éradiquer totalement une espèce exotique d'un milieu qu'elle a envahi.

Cependant, des moyens peuvent être mis en œuvre afin de limiter sa prolifération et ainsi réduire les dégâts causés. C'est dans cette optique que s'inscrit mon étude : comprendre les causes de l'installation d'une plante aquatique exotique hors de son aire d'origine et proposer des solutions afin de limiter son abondance.

Mes recherches se sont donc orientées autour des questions suivantes :

- Comment cette espèce végétale s'est-

elle introduite sur notre territoire ?

- Quels sont ses méthodes de reproduction et de propagation dans le milieu aquatique ?
- Comment expliquer sa prolifération en dehors de son aire d'origine ?
- Quels sont les paramètres qui conditionnent le lieu d'installation et favorisent le développement de l'Élodée de Nuttall aux abords de l'île Chambod ?
- Quels impacts cause-t-elle à Chambod ?
- Quelles sont les méthodes existantes permettant de mettre un place un suivi des herbiers d'élodées ?
- Quelles méthodes de gestion sont les plus adaptées à mettre en œuvre aux abords de l'île Chambod les années de forte prolifération des herbiers d'élodées ?

PRÉSENTATION DE L'ESPÈCE

L'Élodée de Nuttall est une plante aquatique originaire d'Amérique du Nord qui a été observée pour la première fois en France dans les années 1950 dans la région Alsace (Geissert et al., 1985). Plusieurs hypothèses peuvent expliquer son introduction et sa propagation sur notre territoire :

- introduction par l'intermédiaire du transport maritime (Mériaux, 1979) ;
- intervention directe des mammifères migrateurs, ou de la faune aviaire, dans le transport de la plante (Felzines & Bonnot, 1981) ;
- introduction dans le milieu naturel via le commerce des plantes ornementales d'aquarium (rejets d'eau contenant des fragments de plante) (Di Nino et al., 2005).

L'Élodée de Nuttall est une plante vivace (peut survivre plusieurs années) entièrement submergée pouvant mesurer jusqu'à 1 mètre de long. Les feuilles, de couleur vert-pâle, sont réparties de manière régulière autour de la tige en verticilles* de 3. Elles sont généralement arquées vers le bas, pliées le long de la nervure centrale et pointues au sommet.

C'est une plante dioïque (pieds à fleurs mâles et pieds à fleurs femelles) à floraison estivale (juin-septembre). Très peu de pieds mâles ont été introduits dans nos régions c'est pourquoi la reproduction sexuée reste très rare à observer (Di Nino et al., 2005). La plante va opter pour la reproduction asexuée via le bouturage de ses tiges qui peuvent se casser de plusieurs façons (fort courant, activités humaines, herbivorie, etc.) (Terrain, 2011). Ces portions brisées peuvent produire de nouvelles racines et de nouvelles pousses dès que l'eau atteint 10°C (reprise de la croissance de la tige principale dès 4°C) (Kunii, 1981 ; Kunii, 1984).

Lorsque l'Élodée de Nuttall est introduite dans un nouveau territoire, elle n'est généralement plus en présence de ses prédateurs naturels (herbivores, champignons, virus, ...) qui limitent son abondance dans son milieu d'origine (Fried, 2012). Ce phénomène combiné à sa très bonne capacité de régénération lui assurent un avantage compétitif par rapport aux espèces indigènes et conduisent à la formation de peuplements denses monospécifiques ayant souvent des impacts négatifs sur l'écosystème envahi.

* Les organes d'une plante sont dits en verticille lorsqu'ils sont insérés au même niveau, par groupe de trois unités au minimum, en cercle autour d'un axe (tige)

MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS

I. INSTALLATION, PROLIFÉRATION ET IMPACTS DES HERBIERS D'ÉLODÉES DE NUTTALL

Tout d'abord, avant de définir des mesures de gestion face à l'arrivée d'un nouvel envahisseur dans une région, il est nécessaire de comprendre les raisons qui font que cette espèce ait réussi à s'établir et à se maintenir dans son nouvel environnement. Pour cela, il est nécessaire d'effectuer une recherche bibliographique :

- Il faut d'abord recenser les facteurs principaux qui conditionnent le lieu d'installation et favorisent la dynamique de croissance des herbiers d'Élodées de Nuttall de manière générale ;
- Ensuite il faut pouvoir relier ces facteurs aux données disponibles sur la retenue d'Allement afin de trouver des liens de cause à effet pouvant expliquer l'abondance de la plante aux abords de l'île.

Des études poussées menées par Dutartre et al. (1994) et par Breugnot (2007) ont démontré que les facteurs principaux qui conditionnent le lieu de croissance des macrophytes en grand cours d'eau ne sont autres que la profondeur, la nature des sédiments ainsi que les chroniques d'écoulement (vitesses du courant maximales et moyennes).

A Chambod, les conditions sont propices à l'installation des pieds d'Élodées de Nuttall car en bord de berge la profondeur est inférieure ou égale à 3 mètres (limite de croissance des élodées) et les sédiments sont composés à 70% de limons fins et/ou d'argiles (GREBE, 2014), ce qui constitue un substrat privilégié pour l'ancrage des racines superficielles des pieds d'élodées. De plus, les barrages de la rivière d'Ain semblent jouer un rôle bénéfique dans le maintien des peuplements d'Élodées de Nuttall, par leur rôle de soutien d'étiage et d'écrêteurs de crues. Dans un premier temps, ils assurent un débit minimal en période de saison sèche et permettent le renouvellement des eaux stockées dans la retenue, ce qui est nécessaire au bon développement des plantes aquatiques. Dans un second temps, ils limitent les débits maximaux du cours d'eau qui peuvent être obtenus en période de forte pluie, améliorant la stabilité des sédiments et favorisant de ce fait le maintien des pieds d'élodées d'une année sur l'autre (Codhant et al., 1991).

Afin d'expliquer les fortes dynamiques de croissance des herbiers d'élodées, il convient de s'intéresser aux paramètres physico-chimiques du cours d'eau. La retenue

d'Allement, qui constitue la dernière retenue d'eau de la rivière d'Ain, a tendance à accumuler beaucoup de matière organique et donc, de minéraux et de nutriments (azote, phosphore) nécessaires à la croissance de l'Élodée. Or il a été démontré qu'une eau plus chaude (25°C max) et riche en azote et phosphore optimise le développement de l'Élodée et la rend plus compétitive que les espèces autochtones (Ozimek et al., 1993 ; Barrat-Segretain, 2004 ; Thiébaud, 2005).

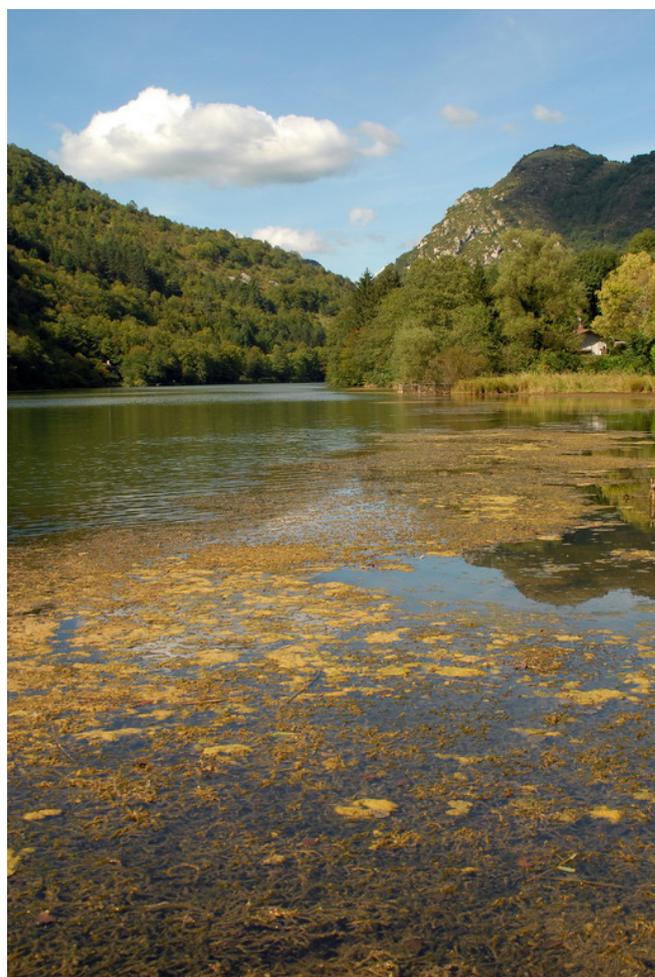


Figure 3 : La rivière d'Ain à Serrières, prolifération d'élodée, septembre 2010. Crédits : Régis Krieg-Jacquier.

Or, il s'avère que les témoignages que j'ai pu recueillir confirment que les années de forte chaleur estivale correspondent aux années à forte dynamique de croissance des herbiers d'élodées. L'année 2013 fut une année de forte prolifération des herbiers d'élodées et les résultats des investigations menées sur la retenue d'Allement cette année-là indiquent une température avoisinant les 5°C au début du mois de mars et aux

MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS

alentours de 23,7°C fin juillet à 3 mètres de profondeur. De plus, les résultats révèlent un taux moyen de phosphore et un taux élevé d'azote contenus dans les sédiments (GREBE, 2014). Dans ces conditions, on peut supposer que les élodées ont repris leur croissance dès le début du mois de mars, créant ainsi des zones d'ombrage pour les espèces autochtones sous-jacentes, les empêchant alors de croître vers la surface et permettant ainsi aux herbiers d'élodées de proliférer. Ce phénomène de compétition pour la lumière peut conduire, à terme, à une diminution de la diversité floristique et biologique du cours d'eau.

Pour ce qui est de la lône, le constat est encore plus alarmant : le débit qui est très faible à cause du passage en terre accélère la sédimentation de la matière organique et favorise le réchauffement de la masse d'eau qui permet le développement précoce des pieds d'élodées. La création d'herbiers d'élodées contribue à diminuer le courant circulant dans la lône, ce qui tend à en augmenter la sédimentation et à accélérer son réchauffement, conduisant une nouvelle fois à favoriser le développement des herbiers d'élodées, et ainsi de suite.

Le problème majeur qui est alors constaté dans la lône est son envasement ! De plus, en fin de période estivale, les pieds d'élodées qui meurent se décomposent au fond de la lône sans avoir été transporté en amont puisque le courant y est trop faible. Ce processus de sédimentation accéléré conduit petit à petit à son envasement et finira, à terme, par combler cette partie du cours d'eau, pourtant nécessaire pour les populations piscicoles, entre autres.

Outre ces impacts à l'écosystème, la création de ces herbiers denses provoque des gênes pour les activités humaines, telles que la pratique des sports nautiques, la baignade ou encore la circulation des bateaux de tourisme.

Il convient alors de mettre en place un suivi du développement de ces herbiers, de définir des zones d'action prioritaires et d'appliquer des mesures de gestion lorsqu'il est jugé nécessaire d'agir.

II. ÉCHANTILLONNAGE ET MESURES DE GESTION

Afin d'envisager les mesures de gestion adéquates à mettre en œuvre pour lutter contre la prolifération de l'Élodée de Nuttall au niveau de l'île Chambod, j'ai effectué un échantillonnage des espèces végétales aquatiques présentes au sein de la lône. J'ai mis en place

la méthode des points-contacts qui consiste à effectuer des prélèvements réguliers de macrophytes à l'aide d'un râteau à manche télescopique pouvant atteindre 3 mètres de profondeur. A chaque point-contact, on pose la tête du râteau au fond de la rivière et on effectue une rotation d'au moins un tour afin d'arracher les végétaux. Les macrophytes prélevés correspondent à la végétation sur la surface de substrat ratisée ainsi que dans la colonne d'eau. On réalise ainsi 100 à 200 points-contacts à chaque campagne d'observation. Le premier point-contact de chaque profil est placé de manière aléatoire et l'écartement entre deux points-contacts est de 2,5 mètres afin que deux relevés successifs soient jugés indépendants l'un de l'autre (Breugnot, 2007). A chaque prélèvement, on attribue à chaque espèce présente dans l'échantillon un indice d'abondance de 1 (espèce très peu présente) à 5 (espèce très présente). Cet échantillonnage permet d'obtenir des indications concernant la présence/absence et l'abondance d'une ou plusieurs espèces au niveau de la station d'étude.



Figure 4 : La rivière d'Ain à Serrières, prolifération d'élodée, septembre 2010. Crédits : Régis Krieg-Jacquier.

Le résultat de mon échantillonnage de la lône était assez surprenant au premier abord. Il s'avère que le macrophyte dominant lors de cet été 2017 est une plante autochtone : le Myriophylle à épis (*Myriophyllum spicatum*). En termes d'abondance relative, le Myriophylle obtiendrait une note de 5 dans la lône contre une note de 3 pour l'Élodée de Nuttall. Les échantillons prélevés mesuraient généralement de 1 à 2 mètres de hauteur tandis que les pieds d'Élodées de Nuttall prélevés restaient cantonnés en profondeur sur les premières dizaines de centimètres au-dessus du substrat.

MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS

Deux hypothèses pouvant expliquer ce phénomène sont alors envisageables :

1. L'Élodée de Nuttall commence à se naturaliser dans son nouveau milieu. Les pieds d'élodées seraient donc reconnus et dévorés par certains herbivores et/ou sensibles à l'action de certains pathogènes qui auraient tendance à réguler leur dynamique de croissance et leur densité de population. Faute d'une étude approfondie sur le sujet, il est difficile de conclure quant à cette hypothèse ;
2. Des témoignages rapportent que cet hiver 2017, des éclusées successives ont été opérées en période hivernale au niveau des barrages hydro-électriques de l'Ain conduisant à de brusques augmentations du débit de la rivière. Les pieds d'élodées en reprise de croissance au mois de mars se sont donc probablement retrouvés emportés par le courant tandis que les pieds de myriophylles, qui possèdent un système racinaire mieux ancré que celui des élodées, sont restés en place. Cela a donc pu conduire à une prolifération des pieds de myriophylles, conduisant à un ombrage non négligeable sur les pieds d'élodées qui se sont simplement maintenus en profondeur durant la période estivale.

Lorsque les proliférations de macrophytes entravent les activités humaines, il est nécessaire d'intervenir rapidement, mais en appliquant les méthodes les plus efficaces et les moins perturbatrices pour l'environnement. Pour cela diverses méthodes de gestion existent :

- **La lutte physique** : elle regroupe les méthodes d'arrachage manuel ou mécanique, ainsi que le faucardage.
 - Arrachage manuel : réalisé à la main ou via des plongeurs autonomes

Avantage : méthode très sélective (arrachage uniquement des individus de l'espèce concernée par la mesure de gestion).

Inconvénient : durée de l'opération et coût de la main d'œuvre.

Conditions : eau peu profonde et transparente, herbiers d'invasifs peu développés

- Arrachage mécanique : réalisé par des engins situés en bord de berge et munis d'une pelle mécanique ou d'une griffe, ou par un bateau moissonneur qui récupère les fragments

de tiges au fur et à mesure de la coupe.

Avantage : rentabilité.

Inconvénient : méthode peu sélective pouvant causer des dommages environnementaux.

Conditions : utilisé sur sites présentant un degré d'envahissement très important.

- Faucardage : réalisé à l'aide de barres de coup adaptables sur de petites embarcations ou d'un outil de faucardage manuel.

Avantages : les coupes d'apex¹ occasionnés diminuent significativement la production de biomasse. Quand mise en œuvre avec un outil manuel, technique plus sélective et moins perturbatrice que l'arrachage mécanique.

Inconvénients : fragmentation et dispersion plus importantes en aval de la zone traitée.

- **La lutte chimique** : la lutte chimique n'est plus possible en France depuis 2006² : toute utilisation de produits phytopharmaceutiques, matières fertilisantes et autres supports de culture est interdite à moins de 5 mètres de tout point d'eau.
- **La lutte biologique** : consiste à introduire un consommateur (insectes, poissons, gastéropodes, ...) ou un parasite (champignons, bactéries) spécifique de la plante invasive afin de diminuer sa nuisance en affectant sa vigueur, sa capacité de reproduction ou sa densité (Muller, 2000 ; Fried, 2012).

Inconvénient : elle nécessite généralement l'introduction d'un nouvel organisme dans l'environnement et il est primordial d'effectuer de nombreuses recherches au préalable pour s'assurer que seule la plante envahissante sera attaquée, sans risque pour les espèces autochtones (Fried, 2012).

- **La mise en assec du cours d'eau** : Barrat-Segretain & Cellot (2007) ont testé cette méthode et affirment que la mise en assec du cours d'eau est inutile car la plante est trop résistante à la dessiccation.

À la vue de toutes ces informations recueillies sur l'Élodée de Nuttall et sur sa gestion, diverses préconisations peuvent être apportées aux gestionnaires de la base de loisirs de l'île Chambod afin d'améliorer la situation pour les années futures.

1. Extrémité de la tige principale

2. Depuis l'Arrêté interministériel du 12 septembre 2006 relatif à la mise sur le marché et à l'utilisation des produits visés à l'article L. 253-1 du code rural et de la pêche maritime (Legifrance)

PRÉCONISATIONS

MÉTHODES DE SUIVI DES MACROPHYTES

Tout d'abord, il paraît primordial de mettre en place un suivi pluriannuel des herbiers de macrophytes présents aux abords de l'île Chambod. Il convient, en premier lieu, de définir avec les gestionnaires du milieu des zones d'action prioritaire (ZAP) qui correspondent aux surfaces d'intérêt qu'il est nécessaire de contrôler (zones de port, de baignade, d'activités nautiques, lône, ...). Une fois ces ZAP prédéfinies, une mesure de leur profondeur effectuée en bateau à l'aide d'un sondeur bathymétrique est nécessaire. Cette mesure de profondeur permettra de délimiter au sein de ces ZAP les lieux potentiellement colonisables par l'Élodée de Nuttall (profondeur < 3 mètres) et de réduire les surfaces à prospecter lors des échantillonnages. Cette première mesure à l'aide du sondeur bathymétrique pourra être effectuée courant hiver-printemps (février-mars) de chaque année, lorsque le courant n'est pas trop élevé et avant que les macrophytes commencent à croître afin d'obtenir les valeurs réelles de profondeur de la rivière.



Figure 5 : Aquascope. Crédits : Alexandre Lainé.

Ensuite, il faudrait équiper ces ZAP de sondes de mesure multiparamètres (température, turbidité, pH, oxygène dissous, vitesse d'écoulement et débit du courant), fixées

à différentes profondeurs (0,5 mètre, 1,5 mètres et 2,5 mètres), afin d'acquérir des données et obtenir des informations sur les liens de cause à effet qui régissent la dynamique de croissance des pieds d'élodées.

L'échantillonnage à l'aide de la méthode des points-contacts est à réaliser lorsque le développement des végétaux est important et que le débit du courant est moyen à faible, c'est-à-dire depuis la fin du printemps jusqu'à la fin de la période estivale (de mai à septembre). Cet échantillonnage devra être effectué à l'aide d'un GPS afin de géoréférencer les positions de chaque point-contact et ainsi pouvoir évaluer l'abondance des macrophytes prélevés dans chaque zone prospectée. En parallèle, un relevé effectué à l'aide du sondeur bathymétrique permettra d'estimer la hauteur des herbiers en place sur chacun des points. Cette méthode de prélèvement étant légèrement perturbatrice pour le milieu (prélèvement d'espèces autochtones, remise en suspension du substrat), il serait nécessaire d'acquérir une caméra subaquatique afin d'effectuer des observations visuelles sans avoir besoin de prélever dans le milieu. En attendant, j'ai conçu un aquascope qui permet de voir sous l'eau à quelques mètres de profondeur lorsque les conditions de transparence le permettent. Cet instrument est disponible au lab'eau de l'AGEK. Le mieux serait de pouvoir acquérir un drone aquatique équipé d'un GPS, d'un sondeur bathymétrique et d'une caméra subaquatique, cependant le budget reste très élevé (supérieur à 20 000€) et son financement devrait être proposé au département ou à la région afin de pouvoir être prêté entre différents gestionnaires des milieux aquatiques.

MESURES DE GESTION ESTIVALES

Concernant les mesures de gestion, les années de faible prolifération des pieds d'élodées, comme c'est le cas en 2017, je recommande simplement le suivi des herbiers afin de s'assurer qu'ils ne viendront pas perturber les activités des usagers de l'île lors de la période estivale. De même, tant que les dynamiques de prolifération des espèces autochtones telles que le Myriophylle à épis ne posent aucun problème pour les activités humaines, il convient de ne pas intervenir.

Il s'avère que *Myriophyllum spicatum* et *Elodea nuttallii* sont deux excellentes plantes oxygénantes et épuratrices des milieux dans lesquels elles se trouvent. Ces macrophytes jouent un rôle direct dans l'épuration du fleuve par la consommation des nutriments nécessaires

PRÉCONISATIONS

à l'élaboration de leur propre matière vivante. En dehors des ZAP, il n'est donc pas jugé nécessaire d'agir. De plus, l'élodée étant déjà bien établie dans la région, de nouveaux fragments de plante peuvent toujours provenir des barrages en amont et son éradication totale n'est donc actuellement pas envisageable.

De manière générale, on va privilégier le mode de contrôle le plus sélectif possible et le moins perturbateur pour le milieu. C'est pourquoi, lorsque les conditions météorologiques et de transparence le permettent, je recommande les méthodes d'arrachage manuel à mettre en œuvre à bord d'une embarcation et munis d'outils tels que des râtaux, des crocs et des fourches car la profondeur ne permet généralement pas l'arrachage direct à la main. Les racines d'élodées meurent durant le mois de juin et la plante continue ensuite sa croissance sans s'alimenter par le sol, afin d'atteindre un maximum de biomasse en septembre (Fried, 2012). Il est donc recommandé d'intervenir après la mort des racines, c'est-à-dire fin juin, car la repousse sera plus lente et se fera uniquement via les fragments de tige laissés dans l'eau après l'opération. A l'aide de personnel bien formé, cette méthode s'avère être la plus efficace, même dans des zones fortement envahies mais sur de petites surfaces car elle nécessite beaucoup de main-d'œuvre. C'est pourquoi je pense qu'il serait nécessaire d'impliquer les citoyens des communes environnantes dans cette démarche de protection du milieu afin de faire fonctionner cette gestion manuelle sur un système de bénévolat qui permettrait aux gestionnaires d'économiser des fonds afin d'entreprendre d'autres actions de gestion.

Par rapport aux résultats obtenus lors du plan d'échantillonnage, lorsque le degré d'envahissement des pieds d'élodées est jugé trop important et sur une très grande surface, il est nécessaire de faire intervenir un bateau moissonneur à la fin du mois de juin.

Il est recommandé de respecter un avancement du bateau de 15-20 cm/s, soit 0,5 km/h (Hauray et al., 2010), d'effectuer l'arrachage l'après-midi et dans le sens du courant afin d'améliorer les conditions de fuite des populations piscicoles et des alevins présents au sein de ces herbiers (Dutartre et al., 2005). En complément d'une action d'arrachage mécanique, il est recommandé d'effectuer un arrachage manuel quelques semaines après la première intervention afin d'assurer une finition adéquate et un bon contrôle du travail précédemment effectué (Fried, 2012).

Dans tous les cas, que l'intervention soit manuelle ou mécanique, il est obligatoire de mettre en place un filet à mailles fines (< 1 centimètre) en aval de la zone de coupe et sur toute la largeur du cours d'eau afin de récupérer tous les fragments de tige qui se seraient dispersés lors de l'arrachage. Un double jeu permet le levage du filet colmaté sans perte de fragments. Un dispositif adapté de pose et d'ancrage est à prévoir en fonction de la charge du filet. Il est aussi généralement recommandé d'opérer la fermeture systématique des vannes de barrage en amont et en aval de la zone de coupe mais cette mesure peut s'avérer compliquée à coordonner.



Figure 6 : L'Ain en amont de l'île Chambod, belvédère d'Hautecourt-Romanèche. Crédits : Emmanuelle N'Diaye.

Une fois le matériel récolté, il est nécessaire de faire sécher les résidus de gestion loin de l'eau sur un sol sec à l'aide de bâches (pour éviter la lixiviation*), car la survie des tiges y est de très courte durée et il n'existe aucun

* Eau qui s'infiltré dans les résidus de coupe et entraîne avec elle dans le sol les matières toxiques et/ou écotoxiques qui sont contenus dans les végétaux

PRÉCONISATIONS

risque d'apparition de forme terrestre (Haury et al., 2010). Il faut aussi assurer un nettoyage minutieux des outils et machines après chaque chantier. Pour ce faire, il est possible, par exemple, de s'équiper sur site d'une pompe à eau portable.

En attendant que des filières de valorisation des matières organiques extraites des macrophytes envahissants soient mises au point (compostage, épandage, méthanisation...), il convient d'incinérer les résidus de gestion après demande d'autorisation auprès des autorités compétentes.

GESTION DE LA LÔNE

Concernant la situation de la lône, il paraît primordial de trouver le financement nécessaire afin d'entamer un chantier pour rompre le passage en terre qui obstrue la circulation naturelle d'une partie du lit principal de l'Ain vers ce bras secondaire. Ce passage, qui permet l'accès aux véhicules, est régulièrement emprunté par les gestionnaires et usagers de l'île, c'est pourquoi il faudrait pouvoir créer un pont afin de conserver cette accessibilité sur l'île.

Je pense que la reconnexion du lit principal de l'Ain avec ce bras secondaire permettra dans un premier temps une augmentation du débit circulant dans la lône. Cette augmentation de débit pourra avoir diverses conséquences : un meilleur brassage des eaux circulant dans la lône, un meilleur transport des sédiments, une augmentation du niveau de l'eau et une baisse des températures, entre autres. Ces facteurs, censés diminuer l'abondance des macrophytes dans cette partie de la rivière, en particulier de l'Élodée de Nuttall, auront pour rôle principal de ralentir l'envasement de ce bras secondaire. Cette zone est d'un intérêt écologique majeur car elle offre des habitats très variés pour la faune et la flore, aquatiques et terrestres, et il convient donc de respecter son bon fonctionnement.

Par ailleurs, bien que les macrophytes aient accumulé une grande quantité de nutriments, de polluants et micropolluants au cours de leur vie, lorsqu'ils meurent et se décomposent, ils relarguent toutes ces molécules dans le cours d'eau, conduisant à une pollution secondaire (phénomène d'eutrophisation secondaire) et à une accélération de son envasement. C'est pourquoi, une action d'arrachage manuel des végétaux contenus dans la lône pourra être envisagée courant septembre-octobre afin d'en améliorer sa qualité écologique et de freiner son envasement.

AUTRE GESTION

Il est nécessaire de continuer à améliorer la qualité de l'eau de la rivière d'Ain, en s'assurant de l'usage des bonnes pratiques agricoles sur les terres bordants la rivière et en limitant les rejets d'eaux usées contenant de fortes concentration de nutriments et micropolluants.

Finalement, des études de résistance à la vitesse et au débit du courant devraient être entreprises en laboratoire concernant l'Élodée de Nuttall afin de quantifier les valeurs conduisant à son désenracinement. En fonction des résultats obtenus, une concertation avec EDF pourrait être entreprise afin d'envisager une augmentation du débit plancher de la rivière ce qui limitera les zones de faible courant, propices au développement des herbiers d'élodées.

CONCLUSION

En conclusion de cette étude, on peut affirmer qu'il n'existe à ce jour aucune solution miracle permettant de se débarrasser définitivement de l'Elodée de Nuttall lorsqu'elle est déjà bien établie au sein d'un cours d'eau. C'est en réalité le même cas pour la grande majorité des espèces invasives, qu'elles soient animales ou végétales. C'est pourquoi, la prévention reste sans nul doute le meilleur mode de lutte contre les espèces exotiques envahissantes.

En 2016, une liste de 37 espèces « préoccupantes pour l'Union Européenne » a été adoptée : 23 animaux et 14 végétaux sont interdits d'importation, de culture, de reproduction, de vente ou de remise dans le milieu

naturel au sein des états membres. Cependant, bien que la liste soit régulièrement mise à jour, 23 de ces espèces sont déjà présentes en France.

Au niveau national, il est primordial que l'on mette en place un système de surveillance des espèces exotiques envahissantes présentes dans les pays limitrophes afin de contrôler leurs possibles voies d'introduction sur notre territoire et d'être formé à leur reconnaissance. En effet, de nos jours, le seul moyen efficace pour se débarrasser d'une espèce exotique envahissante est de la repérer dès son introduction afin de pouvoir agir avant qu'il ne soit trop tard !

RAPPORT DU PROJET :

- Ce document de synthèse s'appuie sur le travail réalisé par Alexandre Lainé, Master Biodiversité, Ecologie, Evolution- Spécialité Préservation et Gestion conservatoire des Systèmes Ecologiques, Université Paris-Saclay

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- Barrat-Segretain, M. H. (2004). Growth of *Elodea canadensis* and *Elodea nuttallii* in monocultures and mixture under different light and nutrient conditions. *Archiv für Hydrobiologie* 161: 133-144.
- Barrat-Segretain, M. H. & Cellot, B. (2007). Response of invasive macrophyte species to drawdown: The case of *Elodea* sp. *Aquatic Botany* 87: 255-261.
- Breugnot, E. (2007). Déterminisme spatio-temporel des peuplements macrophytiques en grands cours d'eau: application à la Garonne et à la Dordogne. *Thèse de doctorat : Sciences du vivant, Géosciences et Sciences de l'Environnement. Université Bordeaux 1*, 322 p.
- Codhant, H., Valkman, G., Hauray, J. & Dutartre, A. (1991). Les macrophytes aquatiques bioindicateurs de la qualité des eaux courantes- Département de la Lozère. *Rapport interne CEMAGREF-I.N.R.A., Conseil Général. CEMAGREF Bordeaux, I.N.R.A. Rennes, Conseil Général de Lozère*, 146 p.
- Conseil Scientifique du Patrimoine Naturel et de la Biodiversité (CSPNB) (2012). La biodiversité à travers des exemples, services compris, tome 3. *Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie*, 184 p.
- Cronk, Q. C. B. & Fuller, J. L. (2001). Plant invaders: the threat to natural ecosystems. *People and Plants International Conservation, Routledge*, 256 p.
- Di Nino, F., Thiébaud G. & Muller, S. (2005). Response of *Elodea nuttallii* (Planch.) H. St. John to manual harvesting in the North-East of France. *Hydrobiologia* 551: 147-157.
- Dutartre, A. & Oyarzabal, J. (1993). Gestion des plantes aquatiques dans les lacs et les étangs landais. *Hydroécologie Appliquée* 5: 43-60.
- Dutartre, A., Codhant, H. & Mary, N. (1994). Les végétaux aquatiques et le transfert des nutriments dans le fleuve Charente: les macrophytes. *Symposium relations continent – zones côtières*, La Rochelle, Septembre 13-15 1994, 10 p.
- Dutartre, A., Pipet, N. & Bachelier, E. (2005). Suivi de l'impact de la moisson mécanique des plantes aquatiques sur les populations piscicoles. *Synthèses des expérimentations 2002-2003 sur le plan d'eau de Noron (Deux Sèvres)*, 33 p.
- Felzines, J. C. & Bonnot, E. J. (1981). *Elodea nuttallii* St John, espèce nouvelle pour le département de la Nièvre. *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon* 50: 119-122.
- Fried, G. (2012). Guide des plantes invasives. *Belin*, 264 p.
- Geissert, F., Simon, M. & Wolff, P. (1985). Investigations floristiques et faunistiques dans le nord de l'Alsace et quelques secteurs limitrophes. *Bulletin de l'Association Philomatique d'Alsace et de Lorraine* 21: 111-127.
- Géoportail (2017). Le portail national de la connaissance du territoire mis en œuvre par l'IGN [en ligne] (page consultée le 04/05/2017). <https://www.geoportail.gouv.fr/>
- Greulich, S., & Trémolières, M. (2006). Present distribution of the genus *Elodea* in the Alsatian Upper Rhine floodplain (France) with a special focus on the expansion of *Elodea nuttallii* St. John during recent decades. *Macrophytes in Aquatic Ecosystems: From Biology to Management. Springer Netherlands*, 249-255.
- Groupe de Recherche et d'Étude Biologie et Environnement (GREBE) eau – sol – environnement (2014). Surveillance de la Qualité des Plans d'Eau des Bassins Rhône Méditerranée Corse – Suivi 2013 – Rapport de données et d'interprétation RETENUE d'ALLEMENT (Ain) [en ligne] (page consultée le 25/04/2017). *Agence de l'eau Rhône*

Méditerranée Corse.

http://sierm.eaurmc.fr/surveillance/plans-eau/rapports-donnees-brutes/rapport_allement_2013.pdf

- Haury, J. & Bagliniere, J. L. (1996). Les macrophytes, facteur structurant de l'habitat piscicole en rivière a salmonidae: étude de microrépartition sur un secteur végétalisé du Scorff (Bretagne-sud). *Cybiurn* 20: 111-127.
- Haury, J., Hudin, S., Matrat, R., Anras, L. et al. (2010). Manuel de gestion des plantes exotiques envahissant les milieux aquatiques et les berges du bassin Loire-Bretagne. *Fédération des conservatoires d'espaces naturels*, 136 p.
- Kunii, H. (1981). Characteristics of the winter growth of detached *Elodea nuttallii* (Planch.) St. John in Japan. *Aquatic Botany* 11: 57-66.
- Kunii, H. (1984). Seasonal growth and profile structure development of *Elodea nuttallii* (Planch.) St. John in pond Ojaga-Ike, Japan. *Aquatic botany* 18: 239-247.
- Kuznetsov, V. V. & Shevyakova, N. I. (1999). Proline under stress: biological role, metabolism, and regulation. *Russian Journal of Plant Physiology* 46: 274-287.
- Legifrance, le service public de la diffusion du droit (2017). Arrêté du 12 septembre 2006 relatif à la mise sur le marché et à l'utilisation des produits visés à l'article L. 253-1 du code rural et de la pêche maritime [en ligne] (page consultée le 03/04/2017). *Secrétariat général du gouvernement*. <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000425570>
- Mériaux, J. L. (1979). *Elodea nuttallii* (Planch.) St. John, espèce nouvelle pour le Nord de la France. *Bulletin de la Société Botanique du Nord de la France* 32: 30-32.
- Muller, S. (2000). Les espèces végétales invasives en France: bilan des connaissances et propositions d'actions. *La Terre et la Vie- Revue d'Écologie* 7: 53-69.
- Muller, S. (2004). Plantes invasives en France: état des connaissances et propositions d'actions. *Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. Collection patrimoines naturels*, 176 p.
- Naturama, la nature et ses acteurs. A la découverte de l'île Chambod [en ligne] (page consultée le 01/03/2017). *Empreinte Conseil*. <https://www.ile-chambod.com/pdf/Chambod.pdf>
- Ozimek, T., Van Donk, E. & Gulati, R. D. (1993). Growth and nutrient uptake by two species of *Elodea* in experimental conditions and their role in nutrient accumulation in a macrophyte-dominated lake. *Hydrobiologia* 251: 13-18.
- Terrain, E. (2011). Les espèces végétales exotiques envahissantes dans l'Ain: fiches de synthèse par espèce [en ligne] (page consultée le 09/02/2017). *Conservatoire Botanique National Alpin (CBNA)*, 66-69. http://www.cbn-alpin-biblio.fr/GED_CBNA/193450291163/BB_22355.PDF
- Teyssède, A. (2004). Vers une sixième grande crise d'extinctions. Biodiversité et changements globaux: enjeux de société et défis pour la recherche. *Ministère des Affaires Étrangères-ADPF, Paris*, 24-36.
- Thiébaud, G. (2005). Does competition for phosphate supply explain the invasion pattern of *Elodea species*? *Water research* 39: 3385-3393.
- Union Internationale de Conservation de la Nature (UICN) Comité français (2016). Programme Espèces [en ligne] (page consultée le 07/02/2017). <http://uicn.fr/especes/>
- Walther et al. (2009). Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in ecology & evolution* 24: 686-693.
- Wolff, P. (1980). Die Hydrilleae (Hydrocharitaceae) in Europa. *Göttinger floristische Rundbriefe* 14: 33-56.



CONTACTS :

Si vous souhaitez accéder au rapport complet de ce projet, obtenir plus d'informations sur la Boutique des sciences de l'Université de Lyon ou contacter son équipe pour proposer une demande ou toute autre question,

rendez-vous sur le site :

<http://boutiquedessciences.universite-lyon.fr/>

ou contactez nous à l'adresse :

boutiquedessciences@universite-lyon.fr



UNIVERSITÉ DE LYON

Direction Culture, Sciences & Société • Boutique des Sciences

92 rue Pasteur, 69361 Lyon Cedex 07 - France

Tél. 00 33 (0) 4 37 37 26 70

www.universite-lyon.fr