



**BASSIN D'ARCACHON**  
SYNDICAT INTERCOMMUNAL

## Guide de bonnes pratiques pour la maîtrise de *Spartina anglica* sur le Bassin d'Arcachon

Novembre 2016

 i-Sea  
 **SEANEO**

## Guide de bonnes pratiques pour la maîtrise de *Spartina anglica* sur le Bassin d’Arcachon

Novembre 2016

**SEANEO**  
**Agence Atlantique – Siège social**  
65 Rue du Lieutenant Lumo  
40000 MONT DE MARSAN  
France  
Tél. / Fax : (00 33) 04 67 65 11 05  
Mobile : (00 33) 06 76 09 03 95  
Courriel : thomas.scourzic@seaneo.com  
www.seaneo.com



**Réalisation de l’étude** : Cécile Curti, Virginie Lafon, Julia Martin, Lucie Pagès, Olivier Regniers et Thomas Scourzic

**Rédaction du rapport** : Lucie Pages

**Crédits photographiques** : Lucie Pages, SIBA, Ville d’Andernos-les-bains

**Avertissement** : Les documents rendus par SEANEO dans le cadre de cette étude, engagent sa responsabilité et sa crédibilité scientifique. Ils ne peuvent, pour cette raison, être modifiés sans son accord.

**Ce document doit être cité sous la forme suivante** : Pages, L., Scourzic, T. (2016). Guide de bonnes pratiques pour la maîtrise de *Spartina anglica* sur le Bassin d’Arcachon. Contrat SIBA – SEANEO / I-SEA.

Rédacteur		Vérificateur		Approbateur	
Date	Nom/Visa	Date	Nom/Visa	Date	Nom/Visa
12/12/2016	Pages	13/01/2017	Scourzic	13/01/2017	Scourzic
REVISIONS					
Date	Nature de la modification		Auteurs de la modification		Approbateur

## TABLE DES MATIERES

<b>Liste des figures</b> .....	2
<b>Introduction</b> .....	3
<b>Spartine anglaise</b> .....	5
1. Présentation de la spartine anglaise .....	5
2. Expansion et répartition dans le monde .....	6
3. Impacts de la spartine anglaise.....	7
3.1. Sur l’environnement.....	7
3.2. Sur l’économie et les activités humaines .....	9
4. Gestion de l’espèce.....	9
4.1. Moyens de gestion existant dans le monde .....	10
4.2. Exemples de gestion de <i>Spartina anglica</i> dans le Bassin d’Arcachon.....	15
<b>Bassin d’arcachon : une gestion concertée nécessaire</b> .....	19
1. Le Bassin d’Arcachon : un milieu fragile en constante évolution.....	19
2. État des lieux de <i>Spartina anglica</i> dans le Bassin d’Arcachon .....	21
3. En quoi consistent les « Bonnes pratiques » pour le Bassin d’Arcachon ? .....	22
<b>Guide méthodologique pour la maîtrise de <i>Spartina anglica</i></b> .....	24
1. Repérage et inventaire avant travaux.....	24
1.1. Définition des objectifs.....	24
1.2. Enjeux des travaux .....	25
1.3. Contraintes et impacts .....	25
2. Choix de la méthode de gestion .....	26
3. Fiches méthodologiques .....	29
4. Procédure administrative et aspects juridiques pour une action dans les prés salés 38	
4.1. Présence d’espèces protégées sur la zone .....	38
4.2. Intervention sur le DPM à l’aide d’un engin mécanique .....	40
5. Suivi de <i>Spartina anglica</i> et proposition d’indicateurs après travaux.....	41
5.1. Suivi cartographique à l’échelle du Bassin d’Arcachon.....	42
5.2. Suivi d’indicateurs <i>in situ</i> après travaux.....	49
<b>Conclusion</b> .....	54
<b>Bibliographie</b> .....	56

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Plants de <i>Spartina anglica</i> isolés (a) et en forme d’ilot (b). .....	5
Figure 2 : Progression de la spartine anglaise le long des côtes françaises depuis son introduction en 1906 dans la Baie des Veys (Lefeuvre et Rauss, 2014). .....	7
Figure 4: Profils de zones intertidales avec vasière et végétation indigène (en haut) et après un envahissement par <i>Spartina anglica</i> (en bas). EHHW= Hauteur maximale d'eau (Dethier et Hacker, 2004). .....	8
Figure 5 : Pelleteuse avec godet à griffes utilisée par HPL Environnement sur la plage de Claouey, en février 2015 (Thevand, 2015). .....	16
Figure 6 : Arrachage manuel de spartine anglaise sur la plage d’Andernos-les-bains le 12 septembre 2015 (Photo : B.Viry, comm.pers.). .....	17
Figure 6 : Communes limitrophes du Bassin d’Arcachon. ....	21
Figure 7 : Schéma pour le choix de la méthode de maîtrise à appliquer. ....	28

## INTRODUCTION

La spartine anglaise (*Spartina anglica*) figure parmi les 100 espèces végétales désignées par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature comme les plus dangereuses pour l'environnement (Lowe et al., 2000). En effet, la spartine anglaise est une espèce envahissante. Une espèce envahissante est définie comme une espèce exotique dont l'introduction (par l'Humain de façon volontaire ou fortuite), l'implantation et la propagation menacent les écosystèmes, les habitats ou les espèces indigènes avec des conséquences écologiques, économiques ou sanitaires négatives (McNeely, 2001).

*Spartina anglica* est une espèce « récente ». Historiquement, l'espèce américaine *Spartina alterniflora* a été accidentellement introduite à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle en Baie de Southampton en Angleterre. Elle s'est alors hybridée avec *Spartina maritima* engendrant un hybride stérile *Spartina x. townsendii*. Une spéciation sympatrique allopolyploïdique (processus évolutif entre des espèces proches) a donné naissance à l'espèce fertile envahissante *Spartina anglica*.

Parmi toutes les espèces de spartines présentes dans le monde, une seule est originaire d'Europe : *Spartina maritima*. Cette dernière est aujourd'hui menacée car elle entre notamment en compétition avec deux espèces envahissantes en France et en Europe : *Spartina alterniflora* et *Spartina anglica*.

La dangerosité de *Spartina anglica* pour l'environnement intertidal a conduit les autorités de nombreux pays à prendre des mesures de contrôle, voire d'éradication, après avoir, pour certains d'entre eux, permis son utilisation dans le but de stabiliser l'estran (Triplet, 2012).

Cette synthèse résume les connaissances acquises sur l'espèce, ses impacts sur les écosystèmes estuariens et littoraux, ainsi que sur les moyens de lutte mis en place dans le monde. Son objectif est de proposer des moyens de lutte concrets au niveau du Bassin d'Arcachon.

Au niveau local, cinq espèces de spartines sont présentes. Parmi elles, *Spartina anglica* est la seule qui présente un caractère envahissant sur le Bassin d'Arcachon. Les populations de spartines anglaises se sont en effet très largement développées ces deux dernières décennies, réduisant la biodiversité du bas schorre et entravant certains usages, en particulier le tourisme balnéaire et la navigation.

Des chantiers participatifs de lutte contre la spartine anglaise sont organisés depuis une vingtaine d’années sur la plupart des communes colonisées par cette espèce. Ceux-ci ont jusqu’alors été basés sur des initiatives personnelles, associatives ou communales. Ce guide illustre la volonté des élus, soutenus par le Syndicat Intercommunal du Bassin d’Arcachon (SIBA) de mettre en place un plan d’action cohérent à l’échelle du Bassin.

## SPARTINE ANGLAISE

### 1. Présentation de la spartine anglaise

---

La spartine anglaise est une plante herbacée vivace d'environ 50 cm de hauteur (Figure 1). Elle possède des feuilles vert clair longues de 12 à 37 cm, larges de 4 à 15 mm et une ligule formée d'une rangée de poils longs de 1 à 2 mm. L'inflorescence est composée de 4 à 8 épis atteignant 25 cm de longueur, composés d'épillets longs de 13 à 19 mm. Elles forment des colonies étendues qui, lorsqu'elles sont isolées, ont une forme circulaire typique (Levy *et al.*, 2015). Dans les conditions optimales de développement, une spartinaie élevée de 50 à 130 cm et très dense, de 80 à 100 % de recouvrement peut se développer (Géhu, 2008).



b)

**Figure 1 : Plants de *Spartina anglica* isolés (a) et en forme d'îlot (b).**

La plante produit de longs rhizomes qui lui permettent de s'étendre rapidement de façon clonale. Elle forme ainsi, après plusieurs années, des anneaux circulaires s'étant développés à partir d'un unique individu dont la partie centrale a dépéri. À terme, les colonies confluent et forment de denses prairies si les conditions écologiques sont favorables. La spartine est également capable de se reproduire de façon sexuée et produit des graines, qui seront dispersées durant les marées. La floraison et la fructification sont tardives, en fin d'été et début d'hiver. Ces deux types de reproduction permettent à la plante de se propager très rapidement (Levy *et al.*, 2015).

Plante pionnière, elle colonise la partie supérieure des estrans vaseux (la haute slikke) et la base ou les dépressions des prés salés (schorre). Elle se développe en milieu euhalin à mésohalin et peut supporter sporadiquement des périodes de submersion d'un peu plus de 4 heures. Acceptant parfois un sol fortement anaérobie, elle ne tolère pas la stagnation de l'eau. Elle peut également croître dans le sable des plages plates, mais alors sa vigueur est nettement moindre que dans les vases. Dans certains cas, le stade îlot disjoint peut ne pas être dépassé (Géhu, 2008).

Les végétaux associés sont rares, généralement clairsemés et de vitalité réduite. Toutefois, dans les formes de luxuriance atténuée, quelques espèces comme *Salicornia fragilis*, *Sarcocornia perennis*, *Scirpus compactus*, *Aster tripolium*, *Puccinellia maritima*, *Atriplex prostrata* peuvent pénétrer suffisamment le *Spartinetum anglicae* pour y définir des sous-associations (Géhu, 2008).

## 2. Expansion et répartition dans le monde

---

*Spartina anglica* est apparue en Angleterre et a progressivement colonisé toutes les parties du globe.

Dans de nombreux cas, *Spartina anglica* a initialement été introduite volontairement pour ses capacités à fixer le sédiment, et de fait le trait de côte. Elle a, par exemple, été introduite sur de nombreux sites de la Baie de San Francisco (Californie, USA) où elle a des effets importants mais géographiquement limités (Ort *et al.*, 2014). Aux États-Unis, *Spartina alterniflora* est plus problématique et plus agressive que *Spartina anglica*. A l'inverse, en Europe, *Spartina anglica* semble plus envahissante que *Spartina alterniflora*, même si cette dernière pose également des problèmes localement. *Spartina anglica* a également été introduite dans le détroit de Puget (État de Washington, USA) en 1961 en tant que stabilisateur de digues, matériel d'emballage pour les huîtres et fourrage pour bovins, mais elle s'est rapidement propagée dans la nature.

En 2003, elle a été découverte en Colombie-Britannique à Roberts Bank dans l'estuaire du fleuve Fraser, près de Vancouver (Triplet *et al.* 2008). Il existe 3 hypothèses qui pourraient expliquer son arrivée dans cette zone : le transport par des courants océaniques, la propagation par des oiseaux ou la dispersion par les eaux de ballast d'un navire.

En Australie, *Spartina anglica* se révèle envahissante dans les états du Sud (Victoria et Tasmanie) où elle a été introduite dans les années 1930 pour ses qualités en ingénierie côtière et en agriculture (Kriwoken et Hedge, 2000).

En Europe, la spartine anglaise est présente le long de la plupart des côtes Atlantiques et de la Manche (Angleterre, Irlande, Danemark, Espagne, Belgique, Pays-Bas, Allemagne, Irlande et France).

Elle a été introduite en France en 1906 dans la Baie des Veys en Normandie et a envahi la plupart des prés salés situés proches des estuaires de 4 rivières qui y débouchent. Cent ans plus tard, dans la Baie des Veys, elle couvre 200 hectares sur les 325 hectares de prés salés, mais n'est dominante que sur 54 hectares (Lefevre et Rauss, 2014). Elle s'est propagée ensuite jusque dans les estuaires picards. La spartine anglaise a également été introduite en 1924 à Talais dans l'estuaire de la Gironde. Les plants introduits dans l'estuaire de la Gironde contaminaient la façade atlantique vers le Nord mais également vers le Sud et le Bassin d'Arcachon (Rauss *et al.* 2008) (Figure 2).

L'espèce fut enregistrée pour la première fois autour de 1925 dans la baie du Mont-Saint-Michel. Quatre ans plus tard, son expansion faisait déjà l'objet de préoccupation et fut décrite comme un « péril vert » par le Conseil Municipal du Mont-Saint-Michel (Lefevre et Rauss, 2014).



**Figure 2 : Progression de la spartine anglaise le long des côtes françaises depuis son introduction en 1906 dans la Baie des Veys (Lefevre et Rauss, 2014).**

### 3. Impacts de la spartine anglaise

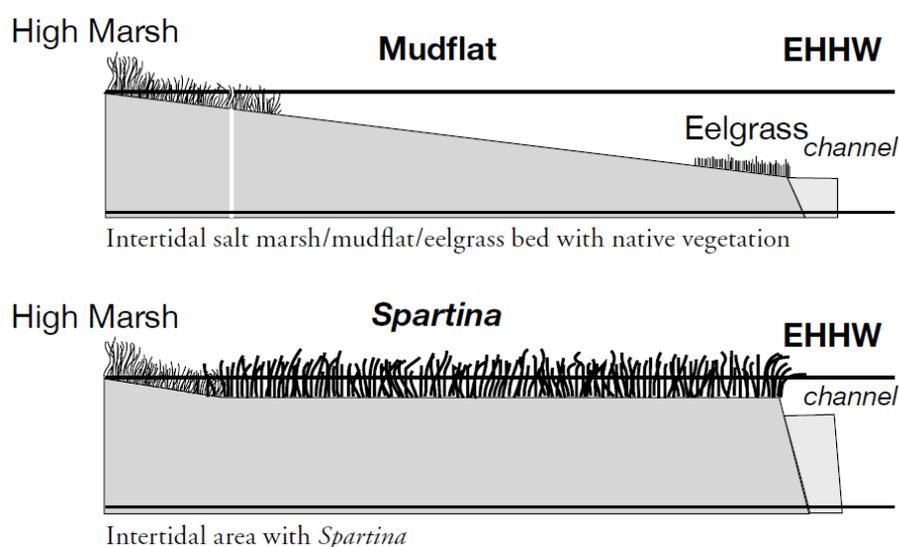
---

#### 3.1. Sur l'environnement

Les massifs de spartines contribuent à atténuer l'érosion du trait de côte en diminuant l'énergie de la houle et en stabilisant les sédiments (Triplet, 2012). Elles ont pour cela été introduites en plusieurs points du globe pour stabiliser les digues.

Les massifs de spartines ont également la propriété d'agir comme des brosses végétales qui tendent à piéger les particules en suspension dans l'eau et à accélérer ainsi la sédimentation (Triplet, 2012 ; Wu et al., 1999). Si ce phénomène d'altération de la vitesse de sédimentation est bien connu, la quantité fixée est extrêmement variable en fonction des sites étudiés (Triplet, 2012). Dans le Bassin d'Arcachon, la sédimentation peut atteindre 2 à 3 cm de hauteur par an, modifiant à terme l'hydraulique du bassin (Auly et al., 2010) et accélérant l'apparition de terres émergées (atterrissement).

Si les spartines peuvent jouer un rôle important dans la protection du littoral contre l'érosion et les risques de submersion, la spartine anglaise, de par son caractère invasif, tend à coloniser massivement la partie haute des vasières, pouvant entrer alors en concurrence avec la flore de la haute slikke et du schorre. Elle contribue ainsi à la disparition des herbiers de zostères par une élévation du profil sédimentaire (Ranwell, 1964 ; Doody, 1990) (Figure 3). Elles entrent également en compétition avec la spartine maritime, espèce indigène constituant un habitat patrimonial Natura 2000. La régression et la fragilisation des colonies de *Spartina maritima*, *Limonium humile*, *Salicornion dolichostachyo-fragilis* et d'herbiers de zostères (*Zostera noltii* et *Z. marina*) ont pu être observées sur le Bassin d'Arcachon (Cottet et al., 2007).



**Figure 3: Profils de zones intertidales avec vasière et végétation indigène (en haut) et après un envahissement par *Spartina anglica* (en bas). EHHW= Hauteur maximale d'eau (Dethier et Hacker, 2004).**

L'envahissement par la spartine anglaise a également un impact sur la faune en provoquant une diminution des aires de gagnage de l'avifaune limicole via une diminution considérable des gisements conchylicoles. De plus, les herbiers denses interféreraient sérieusement avec le développement de l'anguille (Caillon et Caze, 2012). D'autre part, le recul des herbiers de zostères impacte l'ensemble des organismes qui y sont liés (source de nourriture principale pour les oies bernaches en hiver, abris pour les hippocampes, oursins, crevettes, etc.).

Enfin, les apports en nutriments via la décomposition des matières organiques entraînent un enrichissement en nitrates, sulfures et autres minéraux. Cette eutrophisation offre alors un milieu propice à un autre type de végétation (*Aster tripolium*, *Obione portulacoides*) (Caillon et Caze, 2012). La spartine anglaise joue donc également un rôle de plante pionnière.

Pour ces raisons, la suppression de la spartine et des sédiments adhérent semble avoir des impacts environnementaux significatifs sur les systèmes estuariens (Ebasco Environmental, 1993).

### **3.2. Sur l'économie et les activités humaines**

La spartine anglaise peut également avoir des impacts sur les activités humaines et touristiques. En freinant les courants de marée, les sédiments ne sont plus évacués. Cela provoque une régression des aires de baignade. Le comblement du fond de bassin s'accélère et augmente la formation de plages vaseuses, entraînant également un recul de l'eau. L'accélération constatée du comblement du fond du Bassin d'Arcachon est dû au développement accru des spartines allochtones (Auly *et al.*, 2010).

Le taxon a également des effets négatifs sur l'activité ostréicole qui est très présente dans le Bassin d'Arcachon. La spartine anglaise colonise les installations ostréicoles et les sédiments fins s'accumulent. Cela occasionne une migration des parcs ostréicoles vers l'Ouest du Bassin d'Arcachon (Auly *et al.*, 2010). La régression des gisements conchylicoles menace l'activité économique.

Enfin, la colonisation par la spartine anglaise a un impact économique direct lié à l'augmentation des coûts de restauration des milieux qu'elle touche.

## **4. Gestion de l'espèce**

---

La restauration des zones où la spartine anglaise est présente depuis relativement longtemps (environ 10 ans) peut s'avérer illusoire dans la mesure où la forte capacité de l'espèce à « transformer » son milieu (changements topographiques, modification de l'écoulement des eaux, etc.) ne garantit pas le retour d'un habitat aux caractéristiques prévalant avant son installation.

La gestion de la spartine anglaise est à privilégier dans les zones où la plante est arrivée récemment et où elle ne forme pas encore de colonies denses. Le gestionnaire est malheureusement tributaire de la dynamique de sédimentation de la zone de l'estuaire concernée. Une zone qui a naturellement une dynamique d'envasement ou d'ensablement aura toujours tendance, à plus ou moins court terme, à créer des conditions optimales à la réinstallation de la spartine anglaise. Au contraire, au niveau des zones ayant tendance à être soumises à l'érosion, des travaux de gestion pourront permettre la restauration d'un milieu ouvert. En présence de la spartine, la dynamique naturelle de ces zones pourrait être fortement ralentie (Levy et al., 2015).

## 4.1. Moyens de gestion existant dans le monde

### 4.1.1. Méthodes biologiques

La lutte biologique consiste à réguler les populations de spartines par l'introduction d'herbivores qui vont naturellement attaquer la plante. Un contrôle biologique, quand l'invasion est naissante, a le potentiel de réduire significativement les densités de *S. anglica* (Roberts et Pullin, 2007). Une grande diversité d'organismes a déjà été testée.

Les meilleurs résultats ont pour l'instant été observés avec un insecte d'origine américaine nommé *Prokelisia marginata*. Celui-ci a démontré une capacité à réduire la biomasse et la production de graines des spartines. Cet impact a clairement été démontré en laboratoire (Daehler et Strong, 1997) et en champs à l'aide de cage (Grevstad et al., 2003). *Prokelisia marginata* a le potentiel de réduire de plus de 90% la densité de *S. anglica* en 4 mois de traitement (Wu et al., 1999). Ces résultats sont cependant à relativiser par le fait que ce traitement nécessite une haute densité d'insectes (>2000 ind/0,5m<sup>2</sup>) pour être efficace. Il existe par ailleurs un risque de développement de résistance de la spartine (Roberts et Pullin, 2007 ; Wu et al., 1999). Selon le Bio-Integral Resource Center (B.I.R.C., 2000), il faut entre 5 et 10 ans avant qu'une population d'insectes herbivores puisse s'établir durablement et être en densité suffisante pour causer des dégâts significatifs. En outre, cette méthode n'est envisageable que dans les sites où aucune espèce de spartine native n'est présente car l'insecte représente un risque pour *S. foliosa* et *S. maritima* (Grevstad et al., 2004). *Prokelisia marginata* fut observé pour la première fois en France sur la côte Normande en 2009.

D'autres sortes d'organismes, comme les nématodes ou des ongulés (cerfs, moutons) ont également été testés comme agent de bio contrôle de la spartine anglaise (Hannaford *et al.*, 2006, Ranwell, 1961 ; Daehler et Strong, 1994, 1995, 1996, 1997 ; Le Nindre *et al.*, 2004). Cependant les nématodes, comme les ongulés, ne s'attaquent pas spécifiquement aux espèces de spartines.

Tout herbivore qui se nourrit de spartine peut être envisagé comme agent de contrôle biologique (Payne, 1972 ; Pfeiffer et Wiegert, 1981 ; Aberle, 1990 ; Strong, 1990). La spécificité des espèces cibles de chaque agent de contrôle biologique potentiel doit cependant être testée avant que toute introduction dans le milieu ne soit réalisée (Hammond, 2001). Il est peu probable qu'une éradication totale de la spartine anglaise soit obtenue par le biais d'un contrôle biologique. Ceci peut s'expliquer par la dynamique des populations (Hammond, 2001). Le contrôle biologique doit donc être plutôt envisagé comme une méthode de contrôle de la spartine et non comme une méthode d'éradication. Cette méthode a néanmoins l'avantage d'être peu coûteuse.

#### 4.1.2. Méthodes chimiques

L'emploi d'herbicides est la méthode la plus couramment utilisée comme moyen d'éradication de la spartine anglaise. Les premiers essais ont suggéré que le Dalapon était l'un des herbicides les plus efficaces pour éradiquer les populations de spartines invasives avec des résultats autour de 90% de mortalité (Ranwell et Downing, 1960 ; Taylor et Burrows, 1968a). Des scientifiques et des gestionnaires de terrain ont confirmé des taux de destruction élevés et constants (Corkhill, 1984 ; Truscott, 1984 ; Way, 1987). Le Dalapon n'est cependant plus fabriqué de nos jours car il devait être appliqué à haute dose et exigeait un grand volume d'eau (Hammond, 2001).

En 2001, Hammond estimait à 16 le nombre d'herbicides testés dans des essais d'éradication de la spartine. Plusieurs d'entre eux se sont révélés aussi efficaces que le Dalapon avec des taux de mortalité de 90% : Fluazifop, Haloxyfop et Imazapyr (Pritchard, 1995; Shaw et Gosling, 1995).

L'herbicide le plus couramment utilisé est cependant le Glyphosate. Dans plusieurs endroits (par exemple dans l'état de Washington ou en Nouvelle-Irlande), il est l'un des rares herbicides autorisés pour une utilisation en environnements estuariens (Hammond, 2001). Les résultats des différentes études sur l'utilisation du Glyphosate sont très variables (Roberts et Pullin, 2007).

L'âge des plants de spartine est considéré comme un facteur pouvant expliquer l'hétérogénéité des résultats obtenus avec les applications d'herbicides. Peu d'auteurs mentionnent l'âge des plants (Roberts et Pullin, 2007). Taylor and Burrows (1968b) rapportent pourtant que la sensibilité de *S. townsendii* au Paraquat diminue avec l'augmentation de l'âge des plants. Les plantes à fleur présentent la plus faible sensibilité et les jeunes pousses la plus haute. Le succès de tout programme de contrôle avec de l'herbicide sera également variable en fonction des taux d'herbicides, des agents tensioactifs utilisés, de la méthode d'application et des conditions environnementales (telles que le régime des marées et la météo d'application au moment de la pulvérisation).

Aux États-Unis, où *S. alterniflora* est envahissante, l'Imazapyr a fait l'objet de test. Il semblerait plus efficace que le Glyphosate. Avec 1,68 kg/ha, l'Imazapyr permet d'obtenir de meilleurs résultats que le Glyphosate à 8,4 kg/ha. À 0,84 kg/ha, le premier fournit la même efficacité que le second. Le temps séparant l'application du recouvrement par la marée a moins d'importance avec l'Imazapyr qu'avec le Glyphosate. Il s'agit manifestement de l'herbicide qui sera le plus utilisé à l'avenir aux États-Unis (Le Nindre, 2004 ; Triplet, 2012). Fisher *et al.* (2003) considèrent que ce dernier peut être un traitement sûr, très efficace pour le contrôle et l'éradication de la spartine dans le cadre d'un estuaire. Ils expliquent que ce traitement présente un risque nettement inférieur à tous les autres traitements chimiques existants. Leur rapport indique que l'Imazapyr présente une toxicité insignifiante pour la faune aquatique et terrestre, n'est pas persistant dans l'environnement et ne se bio-concentre pas ou ne se bio-accumule pas. Ils précisent cependant que même si les risques pour les récepteurs écologiques apparaissent extrêmement faibles, plusieurs lacunes dans les données étudiées existent.

Outre l'utilisation d'herbicide, l'épandage de chaux avec enfouissement mécanique fait également partie des méthodes chimiques. L'épandage de chaux à 10 tonnes/hectare permet une éradication à plus de 98%. Cette efficacité est liée à l'augmentation du pH qui atteint 10 et permet d'éliminer la totalité des racines (Fagot *et al.*, 1999).

Les procédés chimiques par épandages de pesticides, type herbicides ou injections de chaux vive, dans le sédiment sont efficaces mais nécessitent des dosages importants de produits chimiques. Ils sont non sélectifs et perturbent de façon importante la faune benthique. Le SIBA ne pourra pas s'engager dans des procédés chimiques en raison de la fragilité du Bassin (SIBA, 2014).

Par ailleurs, les traitements chimiques sont interdits sur le Domaine Public Maritime français et doivent faire l'objet d'une dérogation.

#### **4.1.3. Méthodes mécaniques ou manuelles**

Un arrachage manuel (à l'aide de bêches) peut être pratiqué pour les colonies peu étendues ou les zones venant juste d'être colonisées par la spartine anglaise (1 à 3 ans). Cette méthode, bien que fastidieuse, s'avère relativement efficace à condition d'enlever et d'exporter l'ensemble des rhizomes prélevés en dehors du site ou à une profondeur d'au moins 50-60 cm. L'efficacité est de 100% avec une perturbation minimale du milieu, mais cette méthode ne permet pas de traiter de grandes surfaces. Elle perd de son efficacité quand les taches de spartines font plus de 15 cm de diamètre (Bishop, 2000 ; Norman et Patten, 1997).

Le principal avantage de l'arrachage manuel est qu'il ne nécessite pas de formation particulière pour les arracheurs et qu'il requiert des équipements simples (pelles et/ou fourches). Cependant, le facteur le plus limitant de cette méthode est le temps nécessaire pour éliminer la biomasse souterraine. *Spartina anglica* produit un rhizome vaste et dense. Sur les clones matures, le rhizome peut se prolonger au-delà d'un mètre dans le sédiment. Pour que l'arrachage à la main soit efficace, l'ensemble de la biomasse souterraine doit être enlevée (Hedge *et al.*, 2003).

Le moment idéal pour procéder à l'arrachage est lorsque les pieds de spartines sont encore dans l'eau, avant la basse mer. L'arrachage est alors plus facile car le sol est moins compact qu'en absence d'eau. De plus, cela occasionne moins de transport de sédiment car celui-ci est délavé par l'eau (Service Environnement d'Andernos, 2004).

L'arrachage à la main des plants âgés de moins de 1 an peut être une méthode efficace de contrôle (Hedge *et al.*, 2003). Les plantules peuvent être facilement enlevés à la main et transportés dans un sac en bandoulière. Cependant, aussi longtemps que des plants matures persisteront à proximité, l'arrache nécessite d'être répété de manière continue.

Le fait de retourner les plantules peut également suffire à éradiquer la spartine. La méthode est efficace pour les petites infestations (Bishop, 2000). Cette technique peut être réalisée manuellement ou mécaniquement, comme cela est réalisé depuis 2012 sur la commune d'Andernos.

Il est à noter cependant que l'arrachage ou le retournement, qu'ils soient manuels ou mécaniques, présentent un risque important de laisser des fragments de rhizomes dans le sol, constituant autant d'éléments potentiellement remobilisables lors des marées et susceptibles de coloniser d'autres sites jusque-là exempts de la présence de l'espèce (Levy *et al.*, 2015).

Si le substrat est mou, il est également possible de ralentir la progression de la spartine anglaise en enfouissant les jeunes plants de l'année dans le sédiment à l'aide d'un bâton (Le Nindre *et al.*, 2004). Cette méthode est efficace mais devra être reconduite aussi longtemps que des plants matures persisteront à proximité.

Sur de plus grandes surfaces, le labour à l'aide d'un « Rotavator » (motoculteur à lame montée sur un axe horizontal permettant de retourner les premiers centimètres de substrat) ou d'un « Rotalabour » peut être envisagé (Levy *et al.*, 2015). Des résultats satisfaisants ont été obtenus en Baie de Somme (Triplet, 2003). Plusieurs passages sont nécessaires et l'opération doit être renouvelée. Dans le sol sableux de Lindisfarne (Angleterre), 95% des spartines ont été détruites après intervention mécanique (Davey *et al.*, 1996). Le labour hivernal permet de détruire 67% à 77% des spartines, pour seulement 22% à 37% en février. Aux Etats-Unis, cette méthode fournit 90% d'efficacité en hiver et moins de 70% au printemps. Il faut deux ans de labour hivernal pour atteindre 99% et entre 2,5 et 6 ans pour les autres méthodes mécaniques (Triplet, 2012).

Une autre méthode mécanique, l'étrépage, consiste au retrait total de la couche supérieure du substrat. Cette méthode a été utilisée dans l'Anse du Kernic (Finistère, France). L'efficacité de cette méthode est redoutable mais elle engendre de nombreuses conséquences négatives sur l'écosystème (Guenegou *et al.*, 1991). De gros volumes de sédiment doivent être traités (exportation). En 1984, cette technique a été testée avec succès sur le Bassin d'Arcachon. L'étrépage a été réalisé sur une épaisseur de 0,5-1 m suivi d'un recouvrement par le sable (Caillon et Caze, 2012).

Enfin, la fauche des touffes permet de limiter la reproduction (par diminution de la production de graine) et limite ainsi partiellement l'expansion de la spartine mais peut également provoquer une densification en cas de fauche automnale ou hivernale (Le Nindre *et al.*, 2004 ; Hubbard, 1970). Il s'agit donc d'une méthode aux résultats aléatoires mais qui peut être utilement combinée avec d'autres (recouvrement par exemple).

Le recouvrement ou l'étouffement (de l'anglais « smothering ») consiste à couvrir des colonies de spartines par un géotextile ou par une bâche plastique ne laissant pas passer la lumière. Les plantes sont ainsi privées de lumière mais aussi plaquées sur le sol ce qui, avec une température plus élevée sous la bâche, accélère leur décomposition (B.I.R.C., 2000). Les matériaux utilisés doivent être parfaitement opaques. Il est préférable de brûler la spartine au préalable ou de la faucher, et de répéter l'opération deux années de suite sur une période allant jusqu'à 6 mois (Le Nindre *et al.*, 2004). La taille, combinée à l'étouffement, est hautement efficace pour réduire les densités de *S. anglica*. Mais son efficacité n'a pas été démontrée pour les autres espèces de spartines (Roberts et Pullin, 2007). Le temps nécessaire pour éliminer la spartine varie et doit être déterminé expérimentalement. La mise en œuvre n'est pas toujours possible pour des raisons hydrodynamiques et paysagères. Par ailleurs, le recouvrement élimine également les autres plantes. À moins que le matériau soit biodégradable, il doit être retiré après le traitement. La mise en œuvre est très coûteuse et demande beaucoup de travail, aussi bien pour l'installation que pour l'enlèvement du matériel (B.I.R.C., 2000).

Tout comme la privation de lumière, la privation d'eau est une méthode efficace pour gérer la spartine. Cela est possible sur de petite surface grâce à l'endigage qui évite l'entrée d'eau de mer. La spartine étant une plante hygrophile, elle perd alors son potentiel de compétition (Aberle, 1990 ; Le Nindre *et al.*, 2004). Cette méthode détruit également les autres espèces végétales présentes à proximité. À l'inverse, dans les bassins du marais de Séné (Morbihan, France), la noyade des plants de spartines par la mise en eau prolongée des zones envahies, combinée à une fauche régulière des spartines émergentes, a permis une forte diminution de cette plante (Gélinaud et Le Gall, 1999). Ces méthodes semblent cependant difficilement envisageables sur le Bassin d'Arcachon.

La contention est une technique de gestion qui consiste à isoler une colonie de spartine par des plaques de PVC profondément ancrées dans le sédiment. Cela limite la progression de rhizomes. Cette technique a déjà été utilisée en rade de Brest contre *S. alterniflora*. Elle constitue un moyen efficace de contrôle de la spartine à condition d'enfoncer les plaques au minimum à 40 cm de profondeur. Il faut également enfouir les plaques suffisamment loin du front de spartine pour éviter la présence de rhizomes dans la zone à préserver. Afin d'optimiser la technique, une double barrière (pose de deux plaques distantes de 20 cm) a été mise en place. Les pieds de spartine se développant dans l'intervalle sont éliminés manuellement (Quéré *et al.*, 2010).

Enfin, le lance-flammes est une méthode qui entraîne la destruction de la plante par déshydratation. Elle a été utilisée aux Etats-Unis. Son efficacité est cependant réduite, en dehors de la limitation de production de graines (Bishop, 2000). Le brûlage nécessite en outre de nombreux passages (jusqu'à 8 sur une même zone) et entraîne donc une consommation de carburant élevé. Dans un contexte de hausse des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) au niveau du Bassin, un tel procédé ne peut pas être envisagé à large échelle (SIBA, 2014).

## 4.2. Exemples de gestion de *Spartina anglica* dans le Bassin d'Arcachon

Le développement de la spartine est généralement perçu comme une gêne (notamment pour les activités touristiques ou de plaisance) et un facteur négatif sur le Bassin d'Arcachon. C'est pourquoi plusieurs tentatives d'élimination des plants ont déjà été réalisées, par arrachage, brûlage ou traitement chimique (SIBA, 2014).

Sur la commune de Lège-Cap Ferret, des campagnes d'arrachage manuel ont été organisées par une association (Cap Terre-Mer). Cette méthode a été jugée lente et fastidieuse. Le rendement a été évalué à 8-10 m<sup>2</sup>/h pour le groupe de bénévoles.

Une expérience communale a également été menée avec la société DBS traitement, combinant labour par un Rotavator et injection de chaux vive (10 t/ha) dans le sédiment. Le traitement a été effectué sur la plage de Claouey au printemps 1996, puis sur Claouey et Petit Piquey en 1997 (3600 m<sup>2</sup> traités) et enfin sur un secteur de 310 m<sup>2</sup> à Petit Piquey en 1998. Le traitement a donné des résultats satisfaisants, avec un rendement de 4 ha/jour et un retour du pH à la normale en 2 mois. Il n'y a pas eu de suivi des zones traitées les années suivantes. Actuellement, ces zones sont entièrement recolonisées (SIBA, 2014). En 2015, un autre type de traitement a été réalisé sur la plage de Claouey : le retournement mécanique de massifs (Figure 4). Cette opération mécanique a été suivie d'un arrachage manuel des plantules l'année suivante.



**Figure 4 : Pelleteuse avec godet à griffes utilisée par HPL Environnement sur la plage de Claouey, en février 2015 (Thevand, 2015).**

À Arès, une expérience de traitement similaire à celle de Lège-Cap Ferret a été conduite en 1997 avec DBS traitement sur 4 zones de 1 000 m<sup>2</sup>. Aucun suivi sur le long terme des zones traitées n'a été effectué. Une association a réalisé, en 2014, trois opérations d'arrachage manuel : une matinée au printemps et deux en septembre. 30 personnes ont été mobilisées pour un rendement de 100 m<sup>2</sup>/matinée (SIBA, 2014).

Sur le littoral d'Andernos-les-Bains, les spartines forment des massifs isolés pouvant cependant atteindre des diamètres d'une dizaine de mètres. Environ 130 massifs sur un linéaire de 1 km de littoral ont été dénombrés. En 2000, des essais de brûlage ont été effectués et se sont révélés peu efficaces. En parallèle, des opérations d'arrachage manuel ont été organisées chaque année depuis 2002, comprenant une géolocalisation et un suivi des zones traitées ainsi que des zones témoins rendant compte de la dynamique naturelle de l'espèce sur les secteurs. Les premières années, l'opération d'arrachage manuel incluait l'exportation de la végétation (et du sédiment lié) au moyen d'une benne placée sur la plage. Le rendement de telles opérations est estimé à 2 m<sup>2</sup>/personne/matinée. Il a été constaté que le simple retournement des massifs de spartines, sans exportation, permettait d'obtenir les mêmes résultats. Depuis 2012, les massifs sont donc retournés sans exportation. Le résultat est satisfaisant et nécessite seulement l'année suivante un retour sur la zone traitée pour un arrachage d'éventuelles pousses oubliées. Le retournement des massifs se fait désormais à l'aide d'une pelle mécanique de 5 tonnes. Les opérations, sur les préconisations du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), se font toujours en automne. L'entretien annuel sur les zones retournées mécaniquement se fait par arrachage manuel (Figure 5). De plus, les rhizomes mis à l'air libre lors des retournements (manuel ou mécanique) poseraient peu de soucis quant à la recolonisation (Caillon et Caze, 2012 et Viry, 2016, com. pers.)



**Figure 5 : Arrachage manuel de spartine anglaise sur la plage d'Andernos-les-bains le 12 septembre 2015 (Viry, com. pers.).**

Sur le littoral de Lanton, la spartine forme des massifs de taille importante, devenant coalescents. Depuis le printemps 2014, la commune a procédé à plusieurs expérimentations. Des opérations d'arrachage manuel ont été conduites, avec retournement des massifs, selon la méthode mise en place à Andernos-les-Bains. Un secteur a été traité par brûlage avec trois passages, à l'aide d'un brûleur portatif. Si pour le moment le traitement semble efficace, un suivi est nécessaire (SIBA, 2014).

En 2014, sur le secteur de Gujan-Mestras, la spartine n’avait pas encore fait l’objet d’opération de régulation.

Les techniques testées avec succès et maintenues sur le Bassin d’Arcachon sont donc l’arrachage manuel et le retournement de massifs par méthode mécanique. Un suivi par cartographie est également important pour déterminer s’il est utile de continuer les efforts pour tenter d’éradiquer la spartine anglaise ou si elle cesse elle-même de gagner du terrain.

## BASSIN D’ARCACHON : UNE GESTION CONCERTÉE NECESSAIRE

### 1. Bassin d’Arcachon : un milieu fragile en constante évolution

---

En raison de ses particularités uniques et de son aspect indivisible et remarquable, le Bassin d’Arcachon attire depuis longtemps la pratique de nombreuses activités sur son espace maritime et terrestre. S’étalant de la pointe du Cap Ferret jusqu’à la pointe d’Arcachon, démarqué à ses limites océaniques par le Banc d’Arguin, le Bassin d’Arcachon présente un large éventail d’habitats et de milieux exceptionnels et fragiles (Bawedin, 2009).

Les vasières offrent de fortes potentialités de production secondaire grâce aux populations d’invertébrés très abondantes et diversifiées (coque, palourdes, lavagnons) ainsi que des vers marins. Ces ressources constituent les proies d’une faune aquatique (crabes et poissons) à marée haute, tandis qu’elles sont exploitées par les oiseaux à marée basse.

De nombreuses espèces de plantes présentes dans les prés salés maritimes sont protégées par des réglementations internationales (européennes au titre de la Directive habitat) ou nationales (espèces végétales protégées) (DDTM Gironde, 2013). La spartine maritime indigène figure ainsi au Livre Rouge des espèces menacées et dans l’Annexe I de la Directive Habitats.

Le bassin est également colonisé par le plus grand herbier à zostères d’Europe. Celui-ci a un rôle écologique majeur. Il contribue de manière importante à la production primaire et participe à l’oxygénation de la lagune. Il crée un habitat complexe et offre des zones d’abri, de repos, de nourricerie et de reproduction pour de nombreuses espèces d’invertébrés (annélides, bivalves, gastéropodes) et de poissons. Cet herbier est constitué en grande partie par des zostères naines (*Zostera noltii*) et en moindre partie par des zostères marines (*Zostera marina*). Les deux espèces permettent la stabilisation du sédiment grâce aux racines et aux rhizomes, diminuant la turbidité. Elles bénéficient de plusieurs statuts de protection dont la Directive Habitat. Elles sont aussi répertoriées par la convention OSPAR parmi les habitats menacés.

Depuis 2006, ces herbiers sont en constante régression (Auby et al. 2015). Les causes de la régression des deux espèces de zostères ont été étudiées dans le cadre d'une étude réalisée en 2010-2011 par Auby et al. (2015). Les conclusions de ce travail ont permis d'innocenter les oiseaux herbivores (canards siffleurs, cygnes et bernaches) comme cause de ce déclin. Parmi les facteurs suspectés, la température peut être mise en cause. Il est en effet probable que les canicules de 2003 et 2006 aient eu un impact négatif sur ces herbiers, notamment sur *Zostera marina*, comme cela a été évoqué sur des populations plus méridionales de zostères et de posidonies. Par ailleurs, il semble que les contaminants présents dans les eaux jouent un rôle non négligeable sur la survie et la production des zostères. Oger-Jeanneret et al. (2016) ont ainsi démontré que l'impact des pesticides et du cuivre sur les zostères est d'autant plus important que la température est élevée et que le temps d'exposition est long. Enfin, la régression des herbiers, dont l'une des fonctions est de fixer les sédiments fins, aurait provoqué l'augmentation de la turbidité des eaux, ce qui rend problématique la réinstallation des zostères dans les zones les plus basses de l'estran et dans les chenaux orientaux (Auby et al., 2015).

La spartine anglaise, même si elle peut localement réduire la surface d'habitat propice aux zostères par un rehaussement des fonds, n'est donc pas à elle seule responsable du déclin des zostères au niveau du Bassin d'Arcachon.

Continuellement confronté aux dynamiques physiques naturelles, le Bassin d'Arcachon a été fortement façonné ces dernières années par l'activité humaine, engendrant des modifications d'ordre écologiques et socio-économiques (Bawedin, 2009).

L'évolution des lagunes à l'échelle géologique est le colmatage, lorsque le niveau de la mer est relativement stable. Elles sont naturellement le siège d'une sédimentation active et continue et les sédiments piégés dépassent de loin, en volume, ceux qui s'en échappent. Le Bassin d'Arcachon est une lagune semi-fermée caractérisée par des apports d'eau littorale (force du flot supérieure au jusant) qui génèrent un flux de sédiment tendant à colmater les passes qui se maintiennent difficilement. L'élevage de mollusques bivalves filtreurs contribue à cette problématique par la production de biodépôts (fèces et pseudofèces) résultant de la filtration de particules organiques et inorganiques qui, engluées dans un mucus, sédimentent plus rapidement sur le fond. La remise en suspension des biodépôts accumulés sous les structures d'élevage qui peut être relativement importante, aura une incidence sur l'augmentation de la turbidité qui réduit la pénétration de la lumière et diminue la production primaire (PP) par les producteurs dans la colonne d'eau (plancton) et sur le fond (microphytobenthos et zostères). Cette élévation de la turbidité provoque secondairement un accroissement de la filtration par les coquillages et donc du taux de pseudofèces. L'ostréiculture contribue donc à l'augmentation de la sédimentation dans la lagune (DDTM Gironde, 2013).

En 2011, le stock d’huîtres présent sur le Bassin d’Arcachon était estimé à 82 500 t d’huîtres vivantes se répartissant entre 16 600 t d’huîtres en élevage (en 2009) et 65 000 t d’huîtres sauvages. Par ailleurs, 50 000 t de coquilles d’huîtres mortes étaient présentes sur le Bassin d’Arcachon, mélangées aux déchets d’exploitation, sédiments et/ou gisement d’huîtres (Scourzic *et al.*, 2011).

La spartine anglaise n’est pas la cause initiale du comblement d’une baie mais elle utilise le changement d’altimétrie des fonds, exhaussés donc moins souvent inondés, pour s’établir, puis, ensuite saturer l’espace. C’est à ce moment que la présence de l’espèce va augmenter l’accrétion sédimentaire au sein de ces prairies néoformées (Levasseur et Bennot-Courtois, 2008).

Le Bassin d’Arcachon est un système en évolution constante, qui comme tout milieu naturel est soumis à des forçages naturels auxquels viennent s’ajouter des pressions anthropiques. Le contrôle de la spartine anglaise au niveau du bassin devra tenir compte de ces problématiques afin de ne pas les accentuer.

## 2. État des lieux de *Spartina anglica* dans le Bassin d’Arcachon

---

Dans le Bassin d’Arcachon, la spartine anglaise se rencontre dans les prés salés d’Arès, à Lège-Cap-Ferret, à Audenge, à Biganos (île de Malprat), à Lanton, à Andernos-les-Bains, au Verdon-sur-Mer, à Jau-Dignac-et-Loirac (Port Richard) et à Saint-Christoly-Médoc (Figure 6) (Caillon et Caze, 2012).

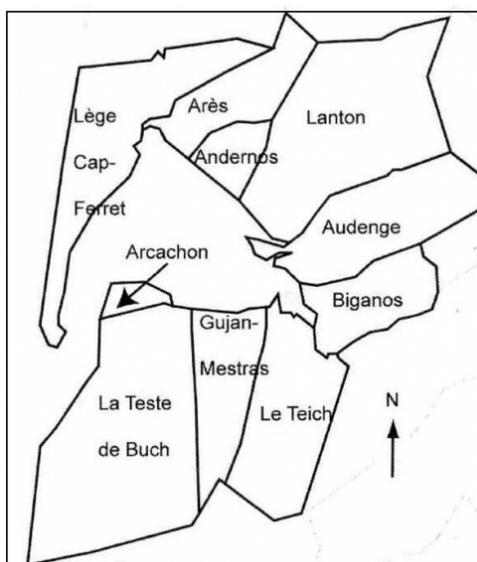


Figure 6 : Communes limitrophes du Bassin d’Arcachon.

Les travaux de Le Nindre *et al.* (2004) sur le Bassin d’Arcachon apporte certaines conclusions quant à la colonisation du schorre par la spartine anglaise :

- La spartine anglaise envahit en priorité les milieux les moins végétalisés de par sa tolérance du stress et de la perturbation ;
- Sa faible abondance dans les milieux moyennement inondés, peu salins et bien oxygénés de la haute slikke et du bas schorre à proximité des arrivées d’eau douce s’expliquerait par la pression exercée par la spartine maritime à son égard.

Ces conclusions nécessitent des approfondissements et des expérimentations supplémentaires, mais concernant le Bassin d’Arcachon, Le Nindre *et al.* (2004) émettent l’hypothèse que l’expansion de la spartine anglaise aux dépens des communautés à spartine maritime sera très réduite.

En 2014, sur la commune de Lège-Cap Ferret, les spartines s’étendaient de Claouey à Petit Piquey, formant par endroit des prairies denses. Sur le littoral d’Andernos-les-Bains, les spartines formaient des massifs isolés pouvant cependant atteindre des diamètres d’une dizaine de mètres. 130 massifs étaient présents sur un linéaire de 1 km de littoral. Sur le littoral de Lanton, la spartine anglaise formait des massifs de taille importante devenant coalescents. À Gujan-Mestras, la spartine formait quelques petits massifs isolés bien que leur nombre semble en progression. La spartine n’apparaissait pas comme envahissante sur le littoral de la commune d’Arcachon, sans doute sous l’influence de conditions hydrodynamiques moins favorables à son établissement (SIBA, 2014).

Cette année, une cartographie des espèces de spartines doit être réalisée afin de suivre l’évolution de *Spartina anglica* à l’échelle du Bassin d’Arcachon. Une comparaison de la progression de la végétation sera faite avec les cartographies et les photos aériennes réalisées auparavant.

### **3. En quoi consistent les « Bonnes pratiques » pour le Bassin d’Arcachon ?**

---

Afin de ne pas accentuer la fragilité du Bassin d’Arcachon, il convient d’avoir une approche raisonnée vis-à-vis des méthodes de contrôle de la spartine anglaise. Celle-ci a des effets négatifs sur l’environnement et les usages (baignade, navigation, etc.) mais vouloir l’éradiquer sur le Bassin d’Arcachon serait illusoire et non souhaitable. Il faut en effet garder à l’esprit les impacts irréversibles que les méthodes lourdes d’éradication tel que l’emploi d’herbicides pourraient engendrer et les aspects positifs que la spartine anglaise peut avoir sur le milieu (nouvel habitat, stabilisation des berges, etc.).

Une bonne pratique de gestion de la spartine anglaise doit avoir un faible impact sur l'environnement. La totalité du Bassin d'Arcachon est en zone Natura 2000, par Arrêté du 8 décembre 2009 au titre de la Directive Habitat Faune-Flore 92/43/CEE (Site d'Importance Communautaire « Bassin d'Arcachon et Cap Ferret » FR7200679) et de la Directive Oiseaux 79/409/CEE (Zone de Protection Spéciale « Bassin d'Arcachon et Banc d'Arguin » FR7212018). Il est primordial de ne pas porter atteinte à l'intégrité du bassin afin de garantir la conservation des habitats et des espèces, notamment celles ayant justifiées la désignation du site Natura 2000.

La distinction entre les différentes espèces de spartines présentes sur le Bassin d'Arcachon devra par exemple être faite. La spartine anglaise est en effet la seule espèce de spartine considérée comme envahissante et ne doit pas être confondue avec les quatre autres, notamment la spartine maritime qui constitue un habitat Natura 2000. Un "guide d'identification des espèces de spartines du Bassin d'Arcachon" a été réalisé par le Conservatoire Botanique National Sud Atlantique (C.B.N.S.A) pour aider les gestionnaires et sensibiliser le grand public.

Pour préserver l'important herbier de zostères du Bassin d'Arcachon, les méthodes envisagées ne devront pas augmenter de manière significative la turbidité du Bassin et les risques de pollutions.

Limiter la dispersion de polluants est d'autant plus important que l'activité ostréicole du Bassin est soumise à la bonne qualité de l'eau. Il est donc nécessaire de privilégier les méthodes les moins polluantes et celles qui remanient le moins le sédiment pour minimiser la remise en suspension de polluants tels que les métaux lourds.

# GUIDE METHODOLOGIQUE POUR LA MAITRISE DE *SPARTINA ANGLICA*

## 1. Repérage et inventaire avant travaux

---

### 1.1. Définition des objectifs

L'objectif des chantiers de maîtrise concernant la spartine anglaise est d'éradiquer, de diminuer ou de contenir la présence de l'espèce sur une zone déterminée.

Il existe 4 niveaux de contrôle possible (Le Nindre, 2004) :

- Prévention : réduire ou éliminer les conditions qui permettent à la plante de s'étendre ou de prendre pied dans de nouveaux espaces, notamment par une bonne gestion environnementale ;
- Confinement : mise sous surveillance d'une végétation établie de telle sorte qu'elle ne puisse s'étendre. Cette stratégie peut être employée dans le cas d'une végétation nouvellement apparue ou dans des secteurs déjà occupés, mais où la plante ne s'étend que lentement. Procédure très utile par manque de temps ou d'argent ou lorsque l'infestation est très importante ;
- Réduction : réduire les surfaces couvertes par la plante ou réduire sa dominance. Cette stratégie peut être à la fois utilisée pour les implantations nouvelles et anciennes. Cependant, elle demande beaucoup plus de ressources et de temps que la précédente ;
- Éradication : Il s'agit d'éliminer totalement la plante des secteurs choisis. Habituellement, cette stratégie consomme énormément de temps et de ressources et n'est applicable que dans les zones nouvellement colonisées dans un nombre limité de petits secteurs.

Le choix de la méthode va déterminer le niveau de contrôle. L'objectif est souvent d'éradiquer une espèce envahissante. Cependant, pour la spartine anglaise, aucune méthode actuelle respectueuse de l'environnement ne peut conduire à une éradication à large échelle.

## 1.2. Enjeux des travaux

Dans le Bassin d'Arcachon, les enjeux vis-à-vis de la spartine anglaise sont pour l'instant majoritairement liés aux usages. Cette espèce est en effet particulièrement indésirable sur les plages où elle nuit à la baignade et par conséquent à l'attractivité touristique.

*Spartina anglica* pose aussi localement problème à la navigation en raison du rehaussement des fonds qu'elle entraîne autour des zones de mouillages, situées sur l'estran.

Enfin, même si en 2016, la maîtrise de la spartine anglaise ne semble pas être un enjeu écologique majeur au niveau du Bassin d'Arcachon, elle pourrait le devenir dans les années à venir si son expansion menace des espèces locales et protégées comme *Zostera noltii*.

## 1.3. Contraintes et impacts

L'accès au site colonisé, l'étendue de la colonisation de spartine anglaise et la nature du substrat sont les principales contraintes qui peuvent être rencontrés. Elles vont déterminer les méthodes de maîtrise envisageables.

D'autres contraintes peuvent apparaître au moment des repérages avant travaux : pollution du sédiment, espèces protégées présentes sur zone, etc.

Il est important également de prendre en considération le temps d'exondaison de la partie à traiter.

La définition des contraintes va permettre de mieux discerner les impacts potentiels et d'adapter la méthode afin de les réduire au maximum.

Les impacts potentiels suivant la méthode utilisée peuvent être :

- Remise en suspension de polluants contenus dans le sédiment. Si le sédiment contient des concentrations de polluants anormalement élevées, les méthodes remaniant beaucoup le sol devront être exclues (rotalabour par exemple) et les méthodes sans exportation ou sans remaniement seront privilégiées (recouvrement, arrachage manuel, etc.) ;
- Destruction d'espèces ou d'habitats protégés. Si l'accès avec un engin à moteur n'est pas possible ou trop impactant pour les habitats environnants, des méthodes manuelles doivent être privilégiées ;

- Augmentation de la turbidité de l’eau. Afin d’éviter une augmentation significative de la turbidité, les actions mécaniques doivent le plus possible être ponctuelles à la fois dans le temps et dans l’espace (au niveau du Bassin d’Arcachon). Suite à une action mécanique, l’entretien manuel doit être privilégié. Des méthodes de confinement du sédiment peuvent être mises en place ;
- Dérangement de la faune benthique.

Afin de déterminer au mieux les contraintes et les impacts qui peuvent en découler, un repérage de la zone est donc indispensable.

La zone de travaux devra être clairement définie par relevés GPS et les critères suivants devront également être évalués :

- Concentration en polluants des sédiments ;
- Topographie de la zone et accès envisagé ;
- Présence d’espèces ou d’habitats protégés environnants ;
- Temps d’exondation et fenêtre temporelle disponible pour la réalisation des travaux ;

Une fiche devra également être renseignée avant travaux pour permettre un suivi de la zone et mieux appréhender l’efficacité de la méthode utilisée. Les informations suivantes devront y figurer : nombre de massifs de spartine anglaise sur la zone, taille du/des massif(s), forme du/des massif(s) -îlot/ patch/ étendue-, espèces présentes en bordure ou en mélange du massif, photo et relevé GPS (du centre du massif ou du contour dans le cas d’une étendue).

Si un suivi d’indicateur (faune benthique et épibenthique, granulométrie, indice phyto-sociologique, etc.) est envisagé, l’état initial avant travaux est également à réaliser.

## 2. Choix de la méthode de gestion

---

Les méthodes chimiques ne seront pas abordées dans cette partie car elles ne peuvent pas être envisagées au niveau du Bassin d’Arcachon compte tenu de sa fragilité (SIBA, 2014). L’étrépage, ainsi que le brûlage à l’aide d’un lance-flamme ne feront pas non plus partie des méthodes décrites dans les fiches. Au vu de la littérature, l’étrépage est en effet trop impactant pour l’écosystème benthique et le brûlage est jugé peu efficace, coûteux et polluant.

La procédure recommandée pour le choix de la méthode de gestion à appliquer est illustrée par la Figure 7. Une intervention est à envisager sur un secteur, seulement si la plante se développe et qu'elle devient problématique.

Avant toute intervention, il est important de mener une étude préalable afin de hiérarchiser les secteurs d'intervention en fonction de différents critères (nature du substrat, présence d'enjeu patrimonial, présence d'enjeu sur l'avifaune, degré de colonisation et surface résiduelle de prés salés, accès au site, etc.) de manière à concentrer les efforts et les budgets en priorité sur les secteurs présentant les plus gros enjeux et les meilleurs rapports coûts/efficacité. Plus un établissement de spartine anglaise est pris en charge tôt, moins il sera difficile de l'éradiquer. Il peut donc être intéressant de prioriser les sites à enjeux nouvellement colonisés.

Dans le cas du Bassin d'Arcachon, les secteurs à fort enjeux vis-à-vis de la spartine anglaise sont essentiellement des zones de baignade. Ces zones sont généralement faciles d'accès, à substrat majoritairement sableux et sont colonisées par des massifs monospécifiques de spartine anglaise qui ont une forme typique d'îlots isolés. Un retournement mécanique des massifs peut alors être envisagé. Celui-ci doit être réalisé de manière ponctuelle la première année. Il permet de faciliter l'entretien des plages par un retournement manuel les années suivantes.

La maîtrise de la spartine anglaise lorsque celle-ci est située en bordure ou au sein de prés salés, est nettement plus délicate et compliquée. Les schorres recouverts de prés salés sont en effet souvent parcourus par des chenaux (ou « estey ») qui rendent difficile d'accès la zone du bas schorre infestée par la spartine anglaise. Une action mécanique est donc rarement envisageable. En revanche, lorsqu'il s'agit d'un patch de spartine situé dans une dépression à l'intérieur d'un pré salé, la méthode par recouvrement semble bien appropriée et efficace. La végétation environnante diminue en effet les courants et diminue le risque de déchirement de la bâche.

Une zone cible peut également être divisée en plusieurs secteurs et faire appel à une combinaison d'interventions : arrachage pour les petites touffes et les zones où la spartine anglaise est mélangée à d'autres espèces, intervention mécanique sur les zones à substrat nu ou de stations importantes mais également bâchage dans des secteurs plus difficilement accessibles.

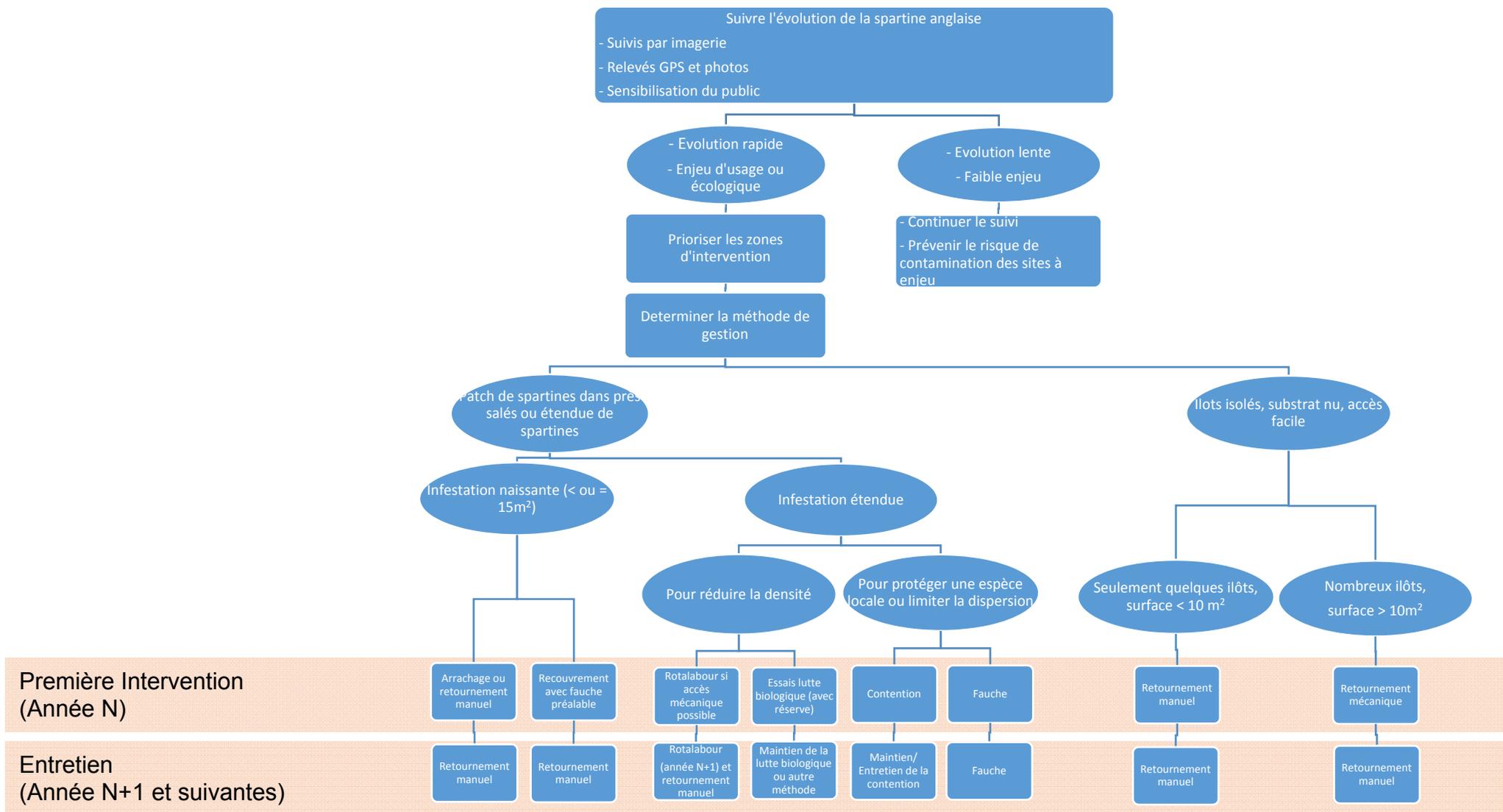


Figure 7 : Schéma pour le choix de la méthode de maîtrise à appliquer.

### 3. Fiches méthodologiques

---

La fiche n°1 détaille les informations relatives au(x) massif(s) de spartines qu’il est intéressant de relever avant travaux (géolocalisation des massifs, inventaire botanique, description des massifs de spartines anglaise, etc.)

Les fiches 2 à 8 présentent, une par une, les méthodes de maîtrises applicables sur le Bassin d’Arcachon. Toutes les méthodes comportant des risques pour l’environnement et la qualité de l’eau ont été proscrites.

Pour chaque méthode proposée, les items suivants sont détaillés dans les fiches méthodes :

- L’objectif atteignable par la méthode :
  - Confinement : permet de stopper ou de ralentir l’expansion de l’espèce en termes de surface ;
  - Réduction : diminue la surface ou la densité des massifs de spartine anglaise traités ;
  - Éradication : supprime la spartine anglaise sur la zone d’emprise des travaux ;
- Les avantages et les inconvénients ;
- Les analyses en termes de temps et de coût. Les coûts humains sont estimés en unité de temps alors que les coûts matériel sont chiffrés en euro ;
- Le matériel nécessaire pour réaliser l’opération de maîtrise ;
- La saison à laquelle la méthode doit être appliquée de préférence.

## Fiche n°1 : Relevé initial des massifs de spartines anglaise

<b>Commune :</b>	<b>Lieu-dit :</b>
<b>Date :</b>	<b>Nom de la personne effectuant le relevé :</b>

**Milieu :** Prés salé / Plage / autre :  
**Type de substrat :** Vaseux / Vaso-sableux / Sablo-vaseux / Sableux  
**Type de massif :** Étendue / Patch / Ilot  
**Surface du massif :** <10m<sup>2</sup> / entre 10m<sup>2</sup> et 100m<sup>2</sup> / >100m<sup>2</sup>  
**Densité (par m<sup>2</sup>):** <5 pieds / 5 à 10 pieds / >10 pieds

Espèces végétales à proximité immédiates :	Espèces végétales en mélanges :
1.	1.
2.	2.
3.	3.
4.	4.

**Point GPS du centre de la tache (en degrés décimaux) :**

Longitude (X)	Latitude (Y)

Avec prise de contour ? Oui / Non  
 Type et précision du GPS :

<b>Photo :</b>	<b>Schéma du massif avec orientation et échelle :</b>
----------------	---

**Remarques :**

<b>Fiche n°2 : Arrachage ou retournement manuel</b>	
<b>Objectif</b>	Réduction/ Éradication
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 97% à 100% d'efficacité</li> <li>▪ Matériel succin et peu onéreux</li> <li>▪ Peu de formation requise pour les opérateurs</li> <li>▪ Impact faible sur l'écosystème</li> <li>▪ Possibilité de faire appel à des bénévoles ou à des entreprises d'insertion</li> </ul>
<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Réalisable seulement sur de petites surfaces</li> <li>▪ Méthode laborieuse</li> <li>▪ Nécessite une exportation des végétaux</li> <li>▪ Durée de la marée</li> </ul>
<b>Matériel nécessaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1 pelle/ pioche</li> <li>▪ Piquets (1m30), rubalise et maillet pour marquer les îlots concernés par l'arrachage</li> <li>▪ 1 GPS pour noter la position des îlots arrachés</li> <li>▪ Si exportation :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1 seau par opérateur</li> <li>○ Camion benne pour l'évacuation des spartines</li> </ul> </li> </ul>
<b>Saisonnalité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Été, avant dissémination des graines ou automne quand toutes les plantules sont sorties</li> </ul>
<b>Protocole/ Technique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Balisage préalable des massifs à traiter par la personne assurant l'inventaire</li> <li>▪ Début de l'arrachage lorsque les piquets commencent à émerger (environ 3h00 avant la marée basse), de manière à délayer le sédiment dans l'eau et évacuer uniquement la plante</li> <li>▪ Arrachage ou retournement, pendant 2 à 3h00, de la plante et de la majeure partie de son rhizome (jusqu'à 25 cm environ)               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Si exportation : évacuation au fur et à mesure avec les seaux vers le camion benne pour évacuation en déchetterie (déchet vert) ;</li> </ul> </li> <li>▪ Retrait de la balise en fin de traitement d'un massif</li> </ul>
<b>Analyse temps/ surface</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1h00 de repérage</li> <li>▪ 3h00 d'arrachage puis rangement/jour</li> <li>▪ 1 à 3m<sup>2</sup>/h/bénévole efficace (enfants et personnes âgées non comptés)</li> </ul>
<b>Coût</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Achat pelles, fourches et/ou pioches = 15€/ outil</li> <li>▪ Agents encadrant (Idéalement 1/ 10 bénévoles) = 1 journée</li> <li>▪ Piquets de signalisation = 1,50 €/ unité</li> <li>▪ Rubalise (100 m) = 3€               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Si exportation :                   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Location camion benne (15m<sup>3</sup>) = 92€ / jour</li> <li>▪ Carburant = env. 15 l/100 km soit env. 20€/100km</li> <li>▪ Seau (12 L) = 5€ / unité</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
<b>Remarque(s)</b>	<p>Il faut faire attention à ne pas laisser dans le sédiment les petites plantules de l'année et à ne pas piétiner les plantules retournées.</p> <p>Quelques plantules peuvent réapparaître les années suivantes, un retournement annuel d'entretien est à prévoir.</p>

<b>Fiche n°3 : Retournement mécanique</b>	
<b>Objectif</b>	Réduction/ Éradication
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plus rapide que les méthodes manuelles</li> <li>▪ Nécessite peu de main d'œuvre</li> <li>▪ Résultats très satisfaisants</li> </ul>
<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Requier un accès facile (terrain plat)</li> <li>▪ Remanie une quantité relativement importante de sédiment par rapport aux méthodes manuelles</li> <li>▪ Perturbe la faune benthique</li> <li>▪ Procédures administratives obligatoires</li> </ul>
<b>Matériel nécessaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1 pelle mécanique sur chenilles de 5 tonnes ou plus</li> <li>▪ Piquets de signalisation</li> </ul>
<b>Saisonnalité</b>	Automne
<b>Protocole</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Balisage préalable des massifs à traiter par la personne assurant l'inventaire</li> <li>▪ Dès que l'eau s'est retirée, commencer le retournement avec la pelle mécanique</li> <li>▪ Retirer le balisage au fur et à mesure que les îlots sont retournés</li> </ul>
<b>Analyse temps/ surface</b>	<p>Avec une pelle mécanique de 5t : environ 4 îlots de 5 à 12 m de diamètre/heure. Plus la pelle mécanique est large, plus le retournement est rapide.</p>
<b>Coût</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1 conducteur d'engin = 1/2 journée</li> <li>▪ 1 agent de terrain = 1 journée</li> <li>▪ Pelle mécanique (location)= 300 à 500€/jour</li> <li>▪ Carburant = env. 6 l/h (pelle mécanique 5t) soit 7,20€/h</li> <li>▪ Piquets de signalisation = 1,50€/ unité</li> <li>▪ Rubalise (100 m) = 3€</li> </ul>
<b>Remarque(s)</b>	Quelques plantules peuvent réapparaître les années suivantes, un retournement annuel d'entretien est à prévoir.

<b>Fiche n°4 : Rotalabour / Rotavator / Rotobêche</b>	
<b>Objectif</b>	Réduction/ Éradication
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Permet de traiter des surfaces relativement importantes par rapport aux autres méthodes</li> <li>▪ Méthode efficace : en moyenne, 99% des spartines sont éliminés après 2 ans de labour hivernal</li> </ul>
<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le microrelief est la principale limite à l'efficacité des traitements mécaniques (Si &gt; 50cm, nivelage recommandé par passages multiples avec engins agricoles ou bulldozer)</li> <li>▪ Méthode non sélective</li> <li>▪ Procédures administratives obligatoires</li> </ul>
<b>Matériel nécessaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Chenillard ou tracteur (160CV minimum avec 300kg de charge à l'avant) avec rotobêche/ rotalabour / rotavator</li> <li>▪ Piquets et rubalise</li> </ul>
<b>Saisonnalité</b>	Hiver en priorité et printemps si possibilité de traiter 2 fois par an. À reconduire sur 2 ans.
<b>Protocole</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bien délimiter avec le conducteur d'engin la zone à labourer</li> <li>▪ Mettre en évidence à l'aide de piquets et de rubalise les éventuels endroits à éviter avant que l'eau ne soit totalement retirée</li> <li>▪ Une fois découverte par la marée, labourer la zone définie en faisant attention de ne pas piétiner ou repasser aux endroits retournés</li> <li>▪ Enlever les piquets et la rubalise après travaux</li> </ul>
<b>Analyse temps/ surface</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Environ 1 hectare/h</li> </ul>
<b>Coût</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Location chenillard/ tracteur + rotobêche</li> <li>▪ Carburant 14l/h soit environ 17€/h</li> <li>▪ Piquets de signalisation = 1,50€/ unité</li> <li>▪ Rubalise (100 m) = 3€</li> <li>▪ 1 conducteur d'engin = 1/2 journée</li> <li>▪ 1 agent de terrain = 1 journée</li> </ul>
<b>Remarque(s)</b>	Sur substrat meuble, les engins de tractage sur chenilles sont à privilégier.

<b>Fiche n°5 : Contention</b>	
<b>Objectif</b>	Confinement
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Permet de protéger des espèces en danger vis-à-vis de l'envahissement de <i>S. anglica</i>.</li> <li>▪ Peut être réalisé par des chantiers bénévoles ou de réinsertion</li> </ul>
<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Réalisable sur de petites surfaces (&lt;10m<sup>2</sup>)</li> <li>▪ Ne réduit pas les densités, ni l'envahissement, permet juste de contenir/ ralentir la dispersion dans par le biais des rhizomes.</li> <li>▪ Méthode laborieuse</li> </ul>
<b>Matériel nécessaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pelles /pioches</li> <li>▪ Barrières PVC</li> <li>▪ Gants</li> </ul>
<b>Saisonnalité</b>	Réalisable à tout moment de l'année, idéalement au printemps.
<b>Protocole</b>	<p>Peut-être réalisé 1) en enfouissant des plaques de PVC de 50cm de hauteur dans le sédiment (dans le cas d'un substrat vaseux) ou 2) en creusant des tranchées autour des zones infestées.</p> <p>Repérer les tâches de spartines anglaise à contenir et les signaler avec un piquet et de la rubalise. Laisser environ 1m de marge entre l'extérieur de la tâche de spartine et la tranchée.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Creuser une tranchée d'environ 30 cm de large et 40 cm de profondeur en suivant le piquetage.</li> <li>2) Réaliser une fine tranchée à l'aide d'une pioche puis enfoncer les plaques de PVC dans le sédiment. Après la mise en place de la barrière, tasser le sédiment autour si nécessaire.</li> </ol>
<b>Analyse temps/ surface</b>	Creusement de tranchées et contention par barrières PVC : 5-10min/mètre linéaire / personne
<b>Coût</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Agents de terrain (idéalement 1 pour 10 bénévoles) = 1 journée</li> <li>▪ Pelles/ pioches = 15€/unité</li> <li>▪ Barrières PVC = 10€/m linéaire (3mm d'épaisseur, 50cm de hauteur)</li> <li>▪ Piquets de signalisation = 1,50€/unité</li> <li>▪ Rubalise (100m) = 3€</li> </ul>
<b>Remarque(s)</b>	Cette méthode peut être combinée avec la fauche, pour éviter la dispersion de la plante par les graines.

<b>Fiche n°6 : Recouvrement</b>	
<b>Objectif</b>	Réduction/ Éradication
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Peut être réalisé par des chantiers bénévoles ou d'insertion</li> <li>▪ Méthode relativement efficace</li> </ul>
<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Peu esthétique et maintenance délicate</li> <li>▪ Coût des matériaux (bâche)</li> <li>▪ Temps de mise en œuvre relativement important (découpe des bâches, préparation des fers à béton, pose sur le terrain)</li> <li>▪ Faible tenue probable dans le temps sur les vases nues (courant)</li> <li>▪ Méthode difficilement utilisable à grande échelle</li> </ul>
<b>Matériel nécessaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Géotextiles ou bâches totalement opaques</li> <li>▪ Fers à béton</li> <li>▪ Ciseaux</li> <li>▪ Fourche-bêches/ pelles</li> <li>▪ Marteaux</li> <li>▪ débroussailleuse</li> </ul>
<b>Saisonnalité</b>	Nécessité de maintenir la bâche pendant au minimum 6 mois (jusqu'à 5 ans).
<b>Protocole</b>	Après jalonnage des zones à traiter, fauche de la zone de spartines délimitée, récupération et évacuation des résidus de fauche, pose de bâche noire (en débordant de la surface de la station de spartines) et fixation de la bâche avec des fers à béton.
<b>Analyse temps/ surface</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fauche préalable : 30sec/m<sup>2</sup></li> <li>▪ Recouvrement : 30min/ tache de 10 m<sup>2</sup> environ</li> </ul>
<b>Coût</b>	Géotextile opaque : 0,6 à 0,95€/m <sup>2</sup> (ou bâche agricole : entre 0,25 et 0,5€/m <sup>2</sup> ) Fers à béton : environ 1,95€/unité (6-8mm de diamètre, 6m de longueur) Fourche-bêches/ pelles = 15€/outil Location débroussailleuse = 32 à 59€/jour
<b>Remarque(s)</b>	Cette méthode peut également être combinée à une méthode de contention. Cela permet d'éviter la propagation par rhizome des plants situés en bordure de recouvrement.

<b>Fiche n°7 : Fauche</b>	
<b>Objectif</b>	Confinement
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Freine le développement de la plante et limite la dissémination des graines</li> </ul>
<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Résultats aléatoires</li> <li>▪ Nécessite de nombreux passages</li> <li>▪ Augmentation de la densité de spartines si arrêt du traitement (les plantes fauchées produisent plus de rhizomes)</li> </ul>
<b>Matériel nécessaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Débroussailleuse portative</li> <li>• Équipement individuel de protection</li> </ul>
<b>Saisonnalité</b>	Printemps / Début d'été (avant floraison)
<b>Protocole</b>	Se rendre sur la zone avec une débroussailleuse portative et faucher les massifs de spartines anglaise.
<b>Analyse temps/ surface</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 30sec/m<sup>2</sup></li> </ul>
<b>Coût</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Location débroussailleuse</li> <li>• Carburant</li> <li>• 1 agent technique</li> </ul>
<b>Remarque(s)</b>	Cette méthode peut être combinée avec une méthode de contention (creusement de tranchées ou barrières PVC) pour éviter la dispersion de la plante par les rhizomes.

<b>Fiche n°8 : Lutte biologique</b>	
<b>Objectif</b>	Réduction
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Méthode peu coûteuse en moyen financier et humain</li> <li>• Peut dans certains cas être soutenue par des aides Natura 2000 (pâturage par exemple)</li> <li>• Méthode naturelle</li> <li>• De nouvelles espèces herbivores s'attaquant à la spartine anglaise sont régulièrement découvertes et étudiées</li> </ul>
<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Risque d'introduire une espèce animale potentiellement invasive</li> <li>▪ Méthode peu sélective (dépend de l'espèce animale)</li> <li>▪ Risque de résistance de la plante sur le long terme</li> </ul>
<b>Matériel nécessaire</b>	Pâturage : Mise en place d'une clôture si pâturage + collaboration avec un agriculteur local.
<b>Saisonnalité</b>	Pâturage : Printemps/été essentiellement Insectes, nématodes ou autres animaux sauvages : toute l'année
<b>Protocole</b>	La lutte biologique peut faire appel à une multitude d'organismes herbivores. Le protocole va dépendre de l'espèce envisagée et de son cycle de vie. Un des avantages du pâturage est qu'il peut être concentré sur une zone déterminée. Dans le cas des populations d'insectes ou de nématodes, des populations peuvent être introduites dans un secteur précis mais il semble difficile de contrôler leur développement par la suite. Des tests en parcelle ou en laboratoire doivent donc être effectués au préalable.
<b>Analyse temps/ surface</b>	Aucun moyen humain n'est requis
<b>Coût</b>	À évaluer au cas par cas.
<b>Remarque(s)</b>	<p>Les moutons ne s'attaquent pas spécifiquement à la spartine anglaise et ne broute que les spartines anglaise situées le plus haut sur l'estran. Les ovins ne sont pas adaptés pour les milieux vaseux.</p> <p><i>Prokelisia marginata</i> est un insecte qui a donné des résultats intéressants en Amérique mais celui-ci ne convient pas au Bassin d'Arcachon car il s'attaque à toutes les espèces de spartines.</p> <p>La lutte biologique par d'autres espèces est à explorer car elle pourrait se révéler être une bonne alternative sur certaines zones.</p>

## 4. Procédure administrative et aspects juridiques pour une action dans les prés salés

---

La spartine anglaise ne fait pas partie de la liste des Espèces Exotique Envahissantes (EEE) qui font l'objet d'une obligation de gestion d'après le Règlement européen 2016/1141.

Sa localisation sur le Domaine Public Maritime soumet néanmoins toute intervention mécanique à une demande d'autorisation d'accès pour un engin motorisé (Article L321-9 CE). Des chantiers d'arrachage manuel peuvent être réalisés sans demande d'autorisation préalable.

Dans le cas d'interventions manuelles ou mécanique, il importera dans tous les cas de bien identifier l'espèce cible et de ne pas porter atteinte à des espèces ou à des habitats d'espèces protégées.

### 4.1. Présence d'espèces protégées sur la zone

Avant toute intervention et en cas d'espèces protégées présentes sur la zone de travaux envisagée, il faut se demander s'il est opportun et nécessaire d'intervenir. En effet, l'intervention sur la spartine anglaise ne doit pas induire d'impact sur les espèces protégées. Dans le cas contraire, il est obligatoire de demander une dérogation pour la destruction d'espèces protégées. Il s'agit d'une demande lourde et dont la réponse positive est soumise à plusieurs critères. La Loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature a fixé les principes et les objectifs de la politique nationale de la protection de la faune et de la flore sauvages. Cette Loi a conduit à déterminer les espèces protégées en droit français qui sont les espèces animales et végétales figurant sur les listes fixées par arrêtés ministériels en application du Code de l'Environnement. Les Articles L411-1 et 2 du Code de l'Environnement et ces arrêtés prévoient l'interdiction de porter atteinte aux spécimens de ces espèces et pour certaines, à leurs habitats de reproduction et de repos.

L'Article L411-2 du Code de l'Environnement prévoit ainsi la délivrance de dérogations aux interdictions de l'Article L411-1, lorsqu'il n'existe pas d'autre solution satisfaisante et que la dérogation ne nuit pas au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle, et ce pour 5 catégories de projets mentionnés au 4° de l'Article L411-2.

Selon l'Article L411-2, la délivrance de dérogations aux interdictions mentionnées aux 1°, 2° et 3° de l'Article L. 411-1 est soumise aux trois conditions suivantes :

- Il n'existe pas d'autre solution satisfaisante, pouvant être évaluée par une tierce expertise menée, à la demande de l'autorité compétente, par un organisme extérieur choisi en accord avec elle, aux frais du pétitionnaire ;
- La dérogation ne nuit pas au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle :
- Les travaux sont réalisés dans un des contextes suivant :
  - Dans l'intérêt de la protection de la faune et de la flore sauvages et de la conservation des habitats naturels ;
  - Pour prévenir des dommages importants notamment aux cultures, à l'élevage, aux forêts, aux pêcheries, aux eaux et à d'autres formes de propriété ;
  - Dans l'intérêt de la santé et de la sécurité publiques ou pour d'autres raisons impératives d'intérêt public majeur, y compris de nature sociale ou économique, et pour des motifs qui comporteraient des conséquences bénéfiques primordiales pour l'environnement ;
  - A des fins de recherche et d'éducation, de repeuplement et de réintroduction de ces espèces et pour des opérations de reproduction nécessaires à ces fins, y compris la propagation artificielle des plantes ;
  - Pour permettre, dans des conditions strictement contrôlées, d'une manière sélective et dans une mesure limitée, la prise ou la détention d'un nombre limité et spécifié de certains spécimens.

L'Arrêté du 19 février 2007 et la Circulaire du 21 janvier 2008 fixent les modalités d'instruction et de délivrance des dérogations et le contenu des demandes. L'instruction des demandes de dérogation est réalisée pour le préfet ou le ministre par la DREAL.

Pour les projets d'aménagement ou d'infrastructures, les dérogations sont accordées, après avis du Conseil National de la Protection de la Nature (CNP), par le Préfet du département du lieu de l'opération (sauf exceptions, accordées par le Ministre). Dans certains cas particuliers, les dérogations sont accordées par le (ou les) Ministres, après avis du CNPN.

Au niveau des espèces végétales, plusieurs espèces protégées ont été recensées dans le Bassin d'Arcachon en milieu intertidal : *Salicornia dolichostachya*, *Zostera noltei*, *Limonium dubyi* (non revu à ce jour), *Limonium auriculiursifolium*.

Les espèces de Limonium sont présentes dans des prés salés déjà formés (bas schorre) alors que *Salicornia dolichostachya* et *Zostera noltei* sont présentes à l'étage inférieur (respectivement haute et basse slikke). L'identification de *Salicornia dolichostachya* n'est possible que pendant la période automnale. Son identification peut alors être problématique dans la programmation des travaux et /ou de l'état initial avant travaux. Il faut donc prévoir de réaliser un état initial sur une période assez longue pour s'assurer de la présence ou non d'espèces protégées (végétales et animales).

Pour les oiseaux, seules les zones de repos et de reproduction sont protégées et doivent faire l'objet d'une dérogation. Les zones de nourrissage ne sont pas concernées.

Un diagnostic préalable est donc obligatoire. Une cartographie de la zone devra être réalisée, localisant les différentes espèces végétales. Il est fortement recommandé de faire appel à des organismes extérieurs spécialisés pour établir un diagnostic précis du milieu avant travaux. Au moment de définir les zones prioritaires de travaux, il est également préférable de commencer par les zones où aucune espèce protégée n'est présente.

#### **4.2. Intervention sur le DPM à l'aide d'un engin mécanique**

L'Article L321-9 du Code de l'Environnement précise que « sauf autorisation donnée par le Préfet, après avis du Maire, la circulation et le stationnement des véhicules terrestres à moteur autres que les véhicules de secours, de police et d'exploitation sont interdits, en dehors des chemins aménagés, sur le rivage de la mer et sur les dunes et plages appartenant au Domaine Public Maritime public ou privé des personnes publiques lorsque ces lieux sont ouverts au public ».

Dans ce cadre, toute circulation de véhicules terrestres à moteur sur le Domaine Public Maritime doit faire l'objet d'une demande d'autorisation. Ils peuvent donc être soumis à une demande d'Autorisation d'Occupation Temporaire (AOT) du DPM et par conséquent, à minima, à une évaluation d'incidence Natura 2000. Les actions faisant l'objet d'une AOT apparaissent en effet sur la liste nationale des actions soumises à obligation de dossier d'incidence Natura 2000.

La demande de l'AOT, effectuée auprès de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer, pourrait prendre la forme d'un dossier libre présentant le cadre général :

- Explication de la démarche du SIBA (gestion et harmonisation des actions réalisées sur l'ensemble des communes du Bassin d'Arcachon) ;
- Description des travaux ;

- Un planning prévisionnel des interventions en prenant en compte les impacts résiduels (des actions ponctuelles dans le temps et dans l'espace réduira d'autant plus ces impacts) ;
- Un diagnostic initial des différentes zones d'intervention (avec la présence ou non d'espèces protégées).

Par la suite, des dossiers plus légers pourraient être déposés pour obtenir une AOT commune par commune.

## 5. Suivi de *Spartina anglica* et proposition d'indicateurs après travaux

---

Les indicateurs présentés peuvent permettre d'évaluer localement l'impact du retrait (ou de la diminution) des massifs de spartine anglaise. La spartine anglaise a tendance à augmenter la vitesse de sédimentation et à provoquer un rehaussement des fonds. Un suivi cartographique de la limite du schorre ou des suivis topographiques peuvent donc permettre de vérifier si une fois la spartine anglaise arrachée, ces paramètres évoluent.

Des cartographies régulières peuvent également permettre de suivre la dynamique de *Spartina anglica* et des espèces qu'elle peut concurrencer.

Les changements topographiques et hydro-sédimentaires provoqués par *Spartina anglica* induisent aussi des modifications dans la répartition quantitative et qualitative du benthos (Levasseur et Courtois, 2008). L'influence de l'espèce sur la faune benthique peut avoir des conséquences sur les niveaux trophiques supérieurs qui en dépendent, tels que les limicoles (Tang et Kristensen, 2010).

Le suivi de l'avifaune n'est pas abordé dans ce guide car il semble difficile d'acquérir en une année, suffisamment de données pour arriver à un résultat exploitable. Le suivi des oiseaux doit se faire dans des périodes où non seulement le stationnement avien est important mais où les dérangements humains sont faibles (Sueur et *al.*, 2001). Les plages du Bassin d'Arcachon étant très fréquentées, ce type de suivi paraît peu adapté.

## 5.1. Suivi cartographique à l’échelle du Bassin d’Arcachon

### 5.1.1. Suivi de *Spartina anglica* et autres espèces végétales

La cartographie par imagerie spectrale ou hyperspectrale permet de suivre l’évolution de la spartine anglaise et peut également servir d’indicateur par le suivi des espèces entrant en compétition avec *Spartina anglica* (*Zostera noltii* et *Spartina maritima* par exemple) (Lafon *et al.*, 2016).

#### 5.1.1.1. Objectifs

L’objectif est de réaliser une cartographie de la distribution des spartines à l’échelle du Bassin d’Arcachon. Au cours de ce travail, au moins 3 espèces de spartine présentes dans le Bassin d’Arcachon sont cartographiées : la spartine maritime (*Spartina maritima*), la spartine anglaise (*Spartina anglica*) et la spartine bigarrée (*Spartina versicolor*). La spartine à fleurs alternes (*Spartina alterniflora*), présente plus occasionnellement, doit également être considérée.

#### 5.1.1.2. Méthodologie d’acquisition des données

Une stratégie originale est basée sur une approche multiple de reconnaissance faisant appel à :

- Un survol hyperspectral ;
- Une série d’images satellite multispectrales à haute résolution spatiale ;
- L’ortho-photographie de l’année ;
- Des relevés terrain.

#### (1) Survol hyperspectral

L’image hyperspectrale acquise comprend 300 bandes spectrales entre le bleu et le proche infrarouge et présente une résolution de 1 m par pixels. Pour parvenir à cette résolution, tout en réalisant le vol en une seule journée, le vol est effectué à une altitude d’environ 900 m pour une vitesse comprise entre 100 et 150 km/h. Une fauchée de 1000 m est prévue pour les secteurs survolés afin de couvrir l’ensemble des zones de schorre.

(2) Caractéristiques des données Pléiades

Les images Pléiades ont une résolution spatiale (taille des pixels) de 2 m au sol. Chaque scène est constituée de 4 images acquises dans 4 gammes de rayonnement distinctes : le bleu, le vert, le rouge et le proche infrarouge. Pour pallier la richesse spectrale réduite de ces données, en particulier en comparaison des données hyperspectrales, la phénologie des plantes, suivie à l'aide d'une série temporelle, est utilisée pour discriminer entre eux assemblages et espèces. Trois images sont à acquérir : à la fin du printemps, dans l'été et en fin d'automne / début de l'hiver pour profiter de signatures spectrales dont les différences sont significatives dans les bandes Pléiades (Dehouck *et al.*, 2012b).

(3) Survol d'acquisition de l'ortho-photographie

Le survol aérien est réalisé à basse mer, de préférence pendant une période de vive-eau pour éliminer tout scintillement sur l'ortho-photographie. Le capteur numérique doit être calibré au moins à 60,5 millions de pixels. La résolution de l'image est fixée à 1 pixel pour 15 cm. La qualité radiométrique de l'image est une priorité pour permettre un détournement correct et exhaustif de la limite basse du schorre. Le survol est donc réalisé pour des conditions de marée adaptées. Ce survol est géoréférencé et projeté en Lambert 93. Le géoréférencement doit être correct au pixel près.

(4) Plan d'échantillonnage des relevés terrain

Le plan de campagne doit permettre d'avoir une vision exhaustive de l'ensemble des secteurs de schorre d'Arcachon. Chacune des campagnes implique un binôme.

Lors de ces campagnes, un GPS de précision (inférieure au mètre) et un appareil photo numérique sont requis. Deux protocoles peuvent être appliqués :

- Suivi de la limite inférieure du schorre et, le cas échéant, contour ou pointage d'îlots isolés ;
- Relevé botanique le long de transects traversant le schorre. Pour ce relevé, le protocole défini par Sorriano Sierra (1992) sera appliqué, en le limitant au relevé des spartines et des espèces majoritaires. Si possible sur des secteurs inventoriés par Sorriano-Sierra (26 zones initialement), deux transects d'un mètre de large seront définis, allant de la zone parhalienne jusqu'à la haute slikke. Les transects seront divisés en 24 rectangles de longueur variant avec celle du transect. À l'intérieur de chaque rectangle, toutes les espèces de spartines seront identifiées, ainsi que les espèces avec lesquelles elles sont éventuellement mélangées. En l'absence de spartines, un relevé grossier des assemblages ou espèces dominantes (recouvrement > 50 %) sera réalisé. Ces relevés très descriptifs, quoi que non exhaustifs, seront parfaitement adaptés pour entraîner et valider les classifications et la carte finale. Ils seront, en outre, utiles pour évaluer la dynamique des spartines.

#### 5.1.1.3. Méthodologie de gestion et de traitement

##### (1) Étape 1 : Cartographie à partir de données hyperspectrales

Cette première étape a pour objectif de produire une première carte de la distribution spatiale des spartines du Bassin d'Arcachon, en exploitant un survol hyperspectral. En effet, les spartines maritimes et anglaises étaient distinctes sur le plan radiométrique, notamment aux cours des mois d'été (Lafon *et al.*, 2016). Des classifications menées sur une quinzaine d'assemblages et d'espèces ont également démontré que ces espèces sont distinctes entre elles et distinctes au moins en partie du reste des espèces et des assemblages du schorre. Ces travaux montrent également la possibilité de discriminer *S. versicolor* (Clos, 2013, Lafon *et al.*, 2014).

##### (2) Étape 2 : Cartographie à partir de données multispectrales

Cette seconde étape a pour objectif de produire une deuxième carte de la distribution spatiale des spartines du Bassin d'Arcachon, en exploitant trois images Pléiades. Les travaux de Dehouck *et al.* (2012a), Clos (2013) et Lafon *et al.* (2014) montrent l'excellent potentiel mais également les limites de la classification des données multispectrales pour la cartographie des espèces du schorre et notamment des spartines du Bassin d'Arcachon. A l'instar de la carte hyperspectrale, la carte multispectrale respectera les espèces et les groupes d'espèces observés sur le terrain.

(3) Étape 3 : Combinaison et analyse critique

Les deux cartes seront comparées afin d'identifier :

- Les secteurs présentant un résultat cohérent (classe identique). Ceux-ci seront alors directement reportés dans la carte finale ;
- Les secteurs présentant un résultat de classification différent :
  - S'il peut être établi avec certitude qu'un des deux supports a produit un résultat erroné (par exemple à l'aide des campagnes de terrain), alors les résultats valides seront conservés pour la carte finale;
  - S'il ne peut pas être établi avec certitude quel résultat est le bon, alors une ré-analyse sera entreprise.

(4) Étape 4 : Ré-analyse et finalisation

Cette ultime étape vise à ré-analyser l'ensemble des secteurs pour lesquels les deux étapes de classification montrent des résultats divergents.

Pour finaliser la carte, elle est affinée par photo-interprétation. Les contours des grands ensembles de spartines (seules ou en associations) repérables dans le schorre sont en particulier vérifiés. Les tâches de spartines trop petites pour avoir été classées seront également analysées par photo-interprétation, la forme des tâches est indicative de l'espèce qui la constitue, dans le cas des spartines tout au moins. Une étape de mise en cohérence entre les différents résultats compilés est nécessaire pour restituer une carte homogène et de rendu graphique de qualité. Cette ultime étape sera également réalisée par photo-interprétation.

Le raster sera importé sous SIG et converti en polygone. Ces polygones seront lissés afin d'atténuer la représentation "en créneau" liée aux pixels d'origines. L'opérateur vérifiera la cohérence de la couche (shape) en le superposant à l'image d'origine et en la modifiant manuellement si nécessaire pour coller au mieux à la réalité.

Une fois les polygones interprétés, le géomaticien procédera à une étape de généralisation du fichier de formes, afin notamment de fusionner toutes les entités voisines possédant les mêmes attributs et de sélectionner les polygones d'une surface égale à un pixel pour les supprimer.

Suite aux opérations de généralisation, il convient de procéder à la vérification de la topologie de la couche résultante. Les règles de base seront appliquées : les polygones ne doivent pas se superposer ; les polygones ne doivent pas être discontinus ; les polygones doivent être fermés normalement.

Enfin, les observations de *S. alterniflora* seront intégrées à cette carte finale.

(5) Étape 5 : Validation

La carte issue de cette chaîne analytique sera finalement validée à l'aide des données de terrain réservées à la validation et non exploitées pour la cartographie elle-même.

#### **5.1.1.4. Données produites**

Une carte synthétique ainsi qu'une couche vectorielle (format ArcGIS) représentant la distribution des spartines à l'échelle du Bassin d'Arcachon seront produites.

#### **5.1.1.5. Stratégie temporelle**

Un suivi cartographique régulier et sur le long terme, au plus, tous les 5/6 ans serait idéal.

### **5.1.2. Suivi de la limite schorre / slikke**

#### **5.1.2.1. Objectif**

L'objectif est de caractériser l'évolution de la limite du schorre en comparant la nouvelle carte obtenue à des données plus anciennes.

#### **5.1.2.2. Méthodologie d'acquisition des données**

Le survol aérien est réalisé à basse mer, de préférence pendant une période de vive-eau pour éliminer tout scintillement sur l'ortho-photographie.

Le capteur numérique doit être calibré au moins à 60,5 millions de pixels. La résolution de l'image est fixée à 1 pixel pour 15 cm. La qualité radiométrique de l'image est une priorité pour permettre un détourage correct et exhaustif de la limite basse du schorre, il est donc réalisé pour des conditions de marée adaptées.

Ce survol est géoréférencé et projeté en Lambert 93. Le géoréférencement doit être correct au pixel près.

#### **5.1.2.3. Méthodologie de gestion et de traitement**

- (1) Production de la limite entre le schorre et la slikke de l'année en cours

Le détournage de la limite inférieure du schorre est réalisé par photo-interprétation d'images aériennes géoréférencées (ortho-photographies) à très haute résolution spatiale.

Ce détournage s'applique à l'ensemble des zones de schorre présentes sur le Bassin d'Arcachon, y compris l'île aux Oiseaux.

Le détournage des tâches de phanérogames visibles dans la partie haute de la slikke doit être réalisé. La numérisation des enveloppes doit être réalisée selon des critères standardisés. L'échelle de numérisation préconisée pour décrire les limites du schorre est le 1/1 000, qui permet une bonne restitution au 1/10 000.

La fiabilité de la position géographique du contour photo-interprété sera également calculée par comparaison à des observations de terrain.

## (2) Interprétation de données historiques sur la limite du schorre

L'opérateur doit utiliser les ortho-photographies anciennes afin de présenter un bilan des évolutions de la limite schorre / slikke à l'échelle du Bassin d'Arcachon. Ce bilan d'évolution identifiera les secteurs en progression et en régression. Un bilan de l'évolution de l'implantation du schorre dans la partie haute de la slikke peut également être réalisé.

## (3) Données produites

- Ortho-photographies ;
- Une couche vectorielle présentant la limite schorre/slikke, incluant les contours principaux et îlots isolés de dimension > 10 m<sup>2</sup> ;
- Une couche vectorielle présentant un bilan historique des évolutions.

## (4) Stratégie temporelle

Un suivi cartographique régulier, au plus, tous les 5/6 ans serait idéal.

## 5.2. Suivi d'indicateurs *in situ* après travaux

### 5.2.1. Suivi de la topographie et de la bathymétrie

La spartine anglaise a pour impact de diminuer les courants et d'augmenter la vitesse de sédimentation, entraînant un rehaussement des fonds. Le but du suivi de la topographie et de la bathymétrie est de mesurer localement l'impact de la suppression ou de la réduction des massifs de spartines sur la sédimentation. Les techniques de mesure permettant d'acquérir ces informations morphologiques varient en fonction de leur précision, de leur résolution spatiale, de leur difficulté de mise en œuvre, et de leur coût. En Baie de Somme, des levés topographiques de précision millimétrique à partir de théodolites tachéomètres à infra-rouge ont été réalisés de 2002 à 2005, suite à des travaux de maîtrise de la spartine anglaise (Triplet et Meirland, 2008). Cette méthode semble bien adaptée pour de petites à moyenne surfaces (<600 m<sup>2</sup>) et présente un coût modéré. Ce suivi est à réserver pour des mesures de profil de plage (Risques Côtiers, 2016).

#### 5.2.1.1. Objectifs

L'objectif est de suivre l'évolution de la bathymétrie suite à l'arrachage de *Spartina anglica*. Ce suivi permettra de voir si les zones dont le fond s'est rehaussé à cause de la colonisation de la plante vont, après travaux, se recreuser, rester stables ou au contraire continuer à s'atterrir.

#### 5.2.1.2. Méthodologie d'acquisition

La mesure est effectuée par deux opérateurs, l'un travaille sur le tachéomètre, l'autre arpente la zone d'étude avec une mire qui est positionnée sur les points de mesure. L'opérateur s'occupant de l'appareil vise la mire au travers l'objectif du tachéomètre.

Les résultats (angle dans le plan horizontal, angle dans le plan vertical et distance à la mire) sont enregistrés dans l'appareil. Ces données sont ensuite traitées pour calculer la position et la hauteur des points par rapport au tachéomètre.

Deux types de levés peuvent être effectués : des levés de profils, généralement perpendiculaires à la ligne de rivage et des levés de semis de points. Le nombre de points de mesure est fonction des irrégularités du terrain. La densité de point de mesure doit augmenter dans les zones de rupture de pentes afin de bien localiser les variations de topographie. Comme pour toutes les méthodes de mesure optique, les points à mesurer doivent rester visibles par l'opérateur du tachéomètre. Au-delà de 200 à 300 m, il est difficile d'effectuer une visée précise et les marges d'erreur inhérentes à ce type de mesure angulaire augmentent (Risques Côtiers, 2016).

### **5.2.1.3. Méthodologie de gestion et de traitement**

Si les points sont nombreux et organisés en semis irrégulier (appelé aussi nuage de points), ils doivent être traités par des techniques dites « d'interpolation » pour construire une représentation de la topographie en trois dimensions appelées Modèle Numérique de Terrain (MNT). La méthode d'interpolation permet de construire un maillage de points topographiques régulier à partir d'un levé de points répartis de façon aléatoire sur le terrain. La résolution spatiale du maillage retenue pour l'interpolation est importante car elle permet de restituer avec plus ou moins de véracité la complexité de la topographie de la zone côtière. Une fois calculés, les modèles numériques de terrain sont faciles à traiter par des méthodes informatiques permettant de construire des blocs diagrammes en 3D, ou des cartes topographiques en isolignes (lignes d'égale altitude).

Le MNT différentiel est la différence de deux MNT construits avec des données acquises à des dates différentes. Ce MNT différentiel permet de visualiser les zones en accrétion pour lesquelles l'altitude augmente avec le temps (valeurs positives sur l'échelle colorée) et les zones en érosion pour lesquelles l'altitude décroît dans le temps (valeurs négatives sur l'échelle colorée).

### **5.2.1.4. Données produites**

Les données produites pourront être présentées sous différentes formes :

- MNT annuel ;
- MNT différentiel ;
- Si besoin, profils topographiques.

### **5.2.1.5. Stratégie temporelle**

Des profils et MNT peuvent être produits au printemps et à l'automne. A minima une fois par an pendant 3 à 5 ans.

### **5.2.1.6. Moyens à consentir et compétences requises**

Deux opérateurs pour les mesures de terrain et un opérateur spécialisé pour le traitement sont nécessaires pour réaliser ce suivi.

## 5.2.2. Suivi du macrobentos

Un des résultats attendus de la maîtrise de *Spartina anglica* est la conservation locale d'habitats non végétalisés dans lesquels des invertébrés pourraient se développer. Le suivi du macrobentos peut être réalisé selon le protocole du réseau REBENT « Suivi stationnel des biocénoses des sables fins et hétérogènes envasés intertidaux » (Grall et Hily, 2006), utilisé dans le cadre des suivis DCE.

### 5.2.2.1. Objectifs

Les principaux objectifs du suivi stationnel des biocénoses de sables fins et hétérogènes envasés intertidaux, après des travaux de maîtrise de la spartine anglaise concernent :

- L'identification de la variabilité à petite échelle des peuplements macrobenthiques des sables fins et hétérogènes envasés de la zone intertidale ;
- Le suivi des évolutions à long terme des peuplements de faune des sables fins et hétérogènes envasés de la zone intertidale à l'échelle locale;
- L'identification, l'évaluation et la prédiction des conséquences de la maîtrise de *Spartina anglica* sur la biodiversité des sables fins et hétérogènes envasés de la zone intertidale ;
- Le suivi de granulométrie du substrat.

### 5.2.2.2. Méthodologie d'acquisition

Les principaux paramètres mesurés concernent la variabilité spatiale, l'abondance, la biomasse et la richesse spécifique des peuplements de macrofaune.

Dans chaque secteur, trois points sont sélectionnés : un sur un massif de spartine où des travaux de maîtrise sont prévus, un à proximité immédiate du massif et un dernier sur le substrat nu, sans végétation à proximité. Les points sont échantillonnés au même niveau de marée, au milieu de la zone médiolittorale (sous la zone de résurgence). À chaque point, 3 répliqués sont prélevés périodiquement (printemps et automne). L'échantillonnage est réalisé par l'intermédiaire d'un carottier à main de 0,01 m<sup>2</sup> jusqu'à 15 cm de profondeur. Il faut veiller à prélever uniquement dans des zones où le sédiment n'a pas été perturbé (traces de pas, etc.). 3 échantillons sont prélevés sur chaque point, soit 9 par site.

Chaque échantillon est tamisé dans l'eau de mer (sur site), puis placé dans un container adapté et identifié au marqueur indélébile, mentionnant la date, le site, le numéro du répliat (cette marque est complétée d'une étiquette adaptée, portant les mêmes informations, placée à l'intérieur du container). Les échantillons sont fixés au formol dilué à 10 %, dans les 24 heures suivant la récolte, en recouvrant totalement le sédiment par le liquide fixateur. Les échantillons fixés sont conservés à l'abri de la lumière puis triés, la faune étant transférée dans l'alcool à 70° le plus rapidement possible. Il est possible d'ajouter au contenu de l'échantillon du rose Bengale (colorant des protéines animales) en très faible quantité (100-200 mg/ échantillon), permettant la coloration de la faune et facilitant le tri.

Deux échantillons de sédiment sont prélevés à chaque point à l'aide d'un carottier de  $6.10^{-4}$  m<sup>2</sup>, l'un pour l'analyse granulométrique, l'autre pour mesurer le taux de matière organique (le cas échéant, de contaminants). Pour chaque analyse, 3 échantillons sont prélevés. Les échantillons destinés à l'estimation du taux de matière organique sont congelés (-20°C) sous 24h, ceux utilisés pour la granulométrie peuvent être conservés tels quels.

Il est également nécessaire de prendre un maximum d'informations sur le site : couleur du sédiment, profondeur de la couche oxydée, présence de ripple marks (longueur d'onde et hauteur). Le cas échéant, la densité de ces structures est relevée et les espèces responsables identifiées (celles-ci peuvent échapper au carottier dans la mesure où elles peuvent vivre à plus de 15 cm de profondeur). D'autres paramètres peuvent être mesurés ou recherchés en parallèle : température, salinité, sels nutritifs, précipitations, vents, pratiques de pêche (bivalves).

#### **5.2.2.3. Méthodologie de gestion et de traitement**

Les échantillons sont triés et analysés en laboratoire. Les organismes sont déterminés à l'espèce et dénombrés. Les données produites sont intégrées à la base de données MARBEN. Elles entrent dans la chaîne de traitement standardisée REBENT (analyses de variance, analyses multivariées), produisant les graphiques de comparaison inter-sites ou interannuels selon les paramètres considérés.

#### **5.2.2.4. Données produites**

Les données produites seront les suivantes :

- Données à long terme sur l'évolution des peuplements de sables fins et hétérogènes envasés ;
- Comparaisons inter-sites, inter-secteurs et interannuelles ;
- Graphiques standards ;
- Interprétations et perspectives d'évolution.

#### **5.2.2.5. Stratégie temporelle**

Il serait intéressant de réaliser ce suivi pendant plusieurs années après la réalisation des travaux avec une périodicité de deux fois par an (printemps et automne).

#### **5.2.2.6. Moyens à consentir et compétences requises**

Un site est échantillonné en une demi-journée (2 personnes). Des compétences en détermination des espèces sont indispensables.

## CONCLUSION

*Spartina anglica* est une plante herbacée qui colonise la partie supérieure des estrans vaseux (haute slikke) et la partie base ou les dépressions des prés salés (schorre). De par son double mode de reproduction (asexuée par l’intermédiaire des rhizomes et sexuée par les graines), elle peut s’étendre rapidement jusqu’à devenir envahissante.

Apparue en Angleterre, suite à une hybridation entre *Spartina alterniflora* et *Spartina maritima*, suivi d’un doublement chromosomique, la spartine anglaise est maintenant présente dans de nombreux pays. En France, ainsi que dans d’autres pays, elle fut localement introduite volontairement pour stabiliser les berges. Mais elle est aujourd’hui devenue une espèce problématique sur la façade atlantique et notamment dans le Bassin d’Arcachon.

La spartine anglaise se développe rapidement, entre en compétition avec des espèces locales et modifie le milieu : diminution des courants, rehaussement des fonds, diminution des zones de gagnage pour l’avifaune, etc.

Ces impacts environnementaux, et notamment le réhaussement des fonds ne sont pas sans conséquences sur l’activité humaine. La plaisance et le tourisme balnéaire qui constituent un enjeu économique important pour le Bassin d’Arcachon sont en effet impactés.

Actuellement, à grande échelle, il n’existe pas de moyen d’éliminer totalement les foyers de spartine anglaise. Il est envisageable de stabiliser et de contrôler leur extension en s’inscrivant dans une démarche locale de protection conservatoire d’habitats ou d’espèces identifiés comme prioritaires. Localement, une intervention rapide permet de restreindre les moyens à mettre en place pour contrôler la spartine anglaise. Plus un foyer de colonisation est traité rapidement, moins il faudra mobiliser de ressources pour le gérer.

Les plages sont des secteurs prioritaires pour la lutte contre la spartine anglaise sur le Bassin d’Arcachon. Les retours positifs, notamment de la commune d’Andernos-les-Bains où la spartine anglaise est maîtrisée sur ces secteurs, sont encourageants. Il semblerait qu’une action ponctuelle mécanique suivi d’un entretien manuel annuel permettent de maintenir la colonisation de la spartine sur les plages. Une pression régulière doit cependant être maintenue dans la durée.

Les méthodes manuelles sont relativement faciles à mettre en place et sont peu coûteuses comparées aux méthodes mécaniques. Celles-ci peuvent être sans difficulté gérées par les communes ou les associations déjà impliquées. Cependant, les méthodes mécaniques, plus efficaces pour une infestation bien installée, sont complexes à mettre en place et nécessitent des procédures réglementaires pouvant être lourdes. Une gestion collective, dirigée par le SIBA, à l'échelle du Bassin d'Arcachon, pourra donc permettre d'envisager des actions nouvelles afin de diminuer les nuisances de la spartine anglaise sur les plages du Bassin.

La gestion à plus grande échelle sera également un plus pour le suivi de la spartine anglaise sur les zones traitées et non traitées. Jusqu'à présent le suivi des mesures de gestion n'était que rarement réalisé. La vision globale du SIBA et l'uniformisation des méthodes pourraient permettre de généraliser, voire d'automatiser les suivis.

Ce guide a pour vocation de fédérer toutes les bonnes actions de lutte contre la spartine anglaise et de proposer le SIBA comme l'interlocuteur référent de cette problématique pour une gestion globale à l'échelle du Bassin d'Arcachon. Il se veut également une boîte à outils scientifiques et techniques, facilement accessible et utilisable par tous.

## BIBLIOGRAPHIE

Aberle, B., 1990, The biology, control, and eradication of introduced spartina (cordgrass) worldwide and recommendations for its control in washington. Report to Washington state department of natural resources, Washington.

Auby, I., Trut, G., Rigouin, L., Ganthy, F., Oger-Jeanneret, H., Heroin, D., Gouriou, L., Bujan, S., Devaux, L., 2015. Suivi stationnel (2006-2015) des herbiers de zostères (*Zostera noltei* et *Z. Marina*) et calcul de l'indicateur « angiospermes » (2015) dans la masse d'eau côtière frfc06 – Arcachon amont –

Auly, T., Martin, C., Veiga, J., 2010, Le bassin d'arcachon, un milieu menacé?, physio-géo, volume 5 | -1, 1-2.

Bawedin V., 2009, La Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) confrontée aux dynamiques territoriales dans le bassin d'Arcachon et sur la côte picarde, Thèse de Doctorat, Université de Nantes, 532 p.

B.I.R.C (Bio-Integral Ressource Center), 2000, Smooth cordgrass-spartina. Integrated vegetation management technical bulletins (weeds), 16p.

Bishop A.C., 2000, A comparison of control techniques for *Spartina anglica* in a south-east australian estuary. Third international weed science congress: 2-6.

Caillon, A., Caze, G., 2012, La spartine anglaise (*spartina anglica* c.e.hubb)- fiche espèce, Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique. 6p.

Clos, G. 2013. Exploitation de l'aspect multi-temporel de la base de kalideos Arcachon pour la cartographie multi-thématique en domaine littoral. Rapport de stage de master 2. Geo-transfert / UMR EPOC/ univ. Bordeaux – ensegid / univ. Bordeaux 3.

Corkhill, P., 1984, *Spartina* at Lindisfarne nnr and details of recent attempts to control its spread. In: *Spartina anglica* in Great Britain (ed. P. Doody), pp. 60-63. Focus on nature conservation no. 5, nature conservancy council, attingham.

Cottet, M., De Montaudouin, X., Blanchet H., Lebleu, P., 2007, *Spartina anglica* eradication experiment and in situ monitoring assess structuring strength of habitat complexity on marine macrofauna at high tidal level, Estuarine, coastal and shelf science 71 629e640.

Daehler C.C., & Strong D.R., 1994, Variable reproductive output clones of *Spartina alterniflora* (poaceae) invading San Francisco bay, California: the influence of herbivory, pollination, and establishment site. American journal of botany 81: 307-313.

Daehler, C.C., Strong D.R., 1995, Impact of high herbivores densities on introduced smooth cordgrass, *Spartina alterniflora*, invading San Francisco bay, california. Estuaries 18: 409-417.

Daehler, C.C., Strong, D.R., 1996, Status, predication and prevention of introduced cordgrass spartina spp. Invasions in pacific estuaries, USA; Biological conservation 78: 51-58.

Daehler, C.C., Strong, D.R., 1997, Reduced herbivore resistance in introduced smooth cordgrass (*S. alterniflora*) after a century of herbivore-free growth. Oecologia 110:99-108.

Davey, P., Venters, M., Bacon, J., 1996, Spoiling spartina, a muddy problem solved? Enact, 4: 8-9.

Direction Départementale des Territoires et de la Mer de la Gironde, service maritime et littoral, 2013. Evaluation environnementale du schéma des structures des cultures marines. Résumé non-technique, 16p.

Dehouck, A., Lafon, V., Baghdadi, N., Marieu, V., 2012a. Use of optical and radar data in synergy for mapping intertidal flats and coastal salt-marshes (arcachon lagoon, france). Igarss 2012. IEEE international geoscience and remote sensing symposium, münchen, germany, 2853-2856..

Dehouck, A., Lafon, V., Lubac, B., Kervella, S., Bru, D., Schmeltz, M., Roubache, A., 2012b. Hyperspectralfield database in support to coastal wetland mapping. Igarss 2012, p. 2649-2652.

Dethier, M.N., Hacker, S.D., Hacker, 2004, Improving management practices for invasive cordgrass in the Pacific northwest: a case study of *Spartina anglica*, university of Washington board of regents, 23p.

Doody,, J.P., 1990, Spartina - friend or foe? A conservation viewpoint. Pp. 77-79 in a.j. Gray and P.E.M. Benham, eds. *Spartina anglica* - a research review. Institute of terrestrial ecology, research publication number 2. Natural environment research council, London.

Ebasco environmental, 1993, Noxious emergent plant management environmental impact statement (final report). Washington state department of ecology, Olympia, Washington State, USA. 197 pp.

Fagot, C., Sournia, A., Triplet, P., Urban, M, Lepilliez, F., 1999, Expérimentation d'éradication de la spartine en baie de Somme, première synthèse des résultats, smacopi, 20 p. + annexes.

Fisher, J.P., Mavros, B., Waller, D., Heller M., Suedel, B., Gillespie, B., Slocomb, J., 2003, Ecological risk assessment of the proposed use of the herbicide imazapyr to control invasive cordgrass (*spartina* spp.) In estuarine habitat of Washington state. Washington state department of agriculture, entrix, inc., project no. 3000901, 94p.

Géhu J.-M., 2008, Étude des associations végétales des sentiers littoraux de Dinard et Saint-Énogat (France, Ille-et-Vilaine) suivie d'un guide itinéraire. J. Bot. Soc. Bot. France 41: 47-80.

Gélinaud G., Le Gall C., 1999. Réserve naturelle des marais de Séné: plan de gestion 2000-2004. Bretagne Vivante, Commune de Séné, Amicale de chasse de Séné. 142 p.

Grall, J., Hily, C., 2006. Fiche technique ft03, REBENT, Suivi stationnel des biocénoses des sables fins et hétérogènes envasés intertidaux, mai 2006.

Grevstad, F.S., D.R. Strong, D. Garcia-Rossi, R.W. Switzer, And M.S. Wecker. 2003, Biological control of *Spartina alterniflora* in Willapa bay, Washington using the planthopper *Prokelisia marginata*: agent specificity and early results. Biological control 27:32-42.

Grevstad, F.S, Wecker, M.S, & Strong, D.R, Biological control of spartina. In: Proceegings of the third international conference on invasive spartina, 8-10 novembre 2004, San Francisco (CA, USA).

Guenegou, M.C., Levasseur, J.E, Bonnot-Courtois, C., Lafond L.R., Le Rhun, J., 1991, The geomorphological and botanical changes in Kernic bay (Brittany, France): influence on coastal management. J. Coast. Res 7(2) : 331-339.

Hammond, M.E.R., 2001, The experimental control of *Spartina anglica* and *Spartina x Townsendii* in estuarine salt marsh. Phd thesis, Ulster.

Hannaford, J., Pinn, E.H., Diaz A., 2006. The impact of Sika deer grazing on the vegetation and infauna of Arne saltmarsh. Marine pollution bulletin 53 : 56-62

Hedge, P., Kriwoken L.K., Patten, K., 2003, A review of spartina management in Washington state, US. J. Aquat. Plant. Manage, 41: 82-90.

Hubbard, J.C.E, 1970, Effects of cutting and seed production in *Spartina anglica*. The journal of ecology 58 : 329-334.

Kriwoken, L.K., Hedge, P., 2000, Exotic species and estuaries: managing spartina anglica in Tasmania, Australia, Ocean & coastal management, vol. 43, issue 7, july 2000, pages 573–584

Lafon, V., Clos, G., Ducrot, D., Dehouck, A., Regniers, O., 2014. Multi-temporal and multi-sensor classification applied to intertidal flat mapping. Igarss 2014, 13-18 juillet 2014, Quebec, Canada.

Lafon, V., Martin, J., Curti C., 2016. Suivi des populations de spartines sur le Bassin d'Arcachon. Analyse des données existantes. Elaboration d'une méthodologie de cartographie. Contrat SIBA & I-SEA/SEANEO, 47 pages.

Lefeuvre, J-C., Rauss, I. – *Spartina anglica* in the mont saint michel' bay: a green peril revisited. In: 4th international conference on ivasive spartina - proceedings, juillet 2014, Rennes (France).

Le Nindre, Y-M., Levasseur J-E., De Montaudouin X., Lafon T., 2004 – Etude pour le maintien de l'équilibre bio-sédimentaire des plages de nord-est dans le Bassin d'Arcachon. Rapport BRGM/rp-53282-fr.

Levasseur J.-E. & Bonnot-Courtois C. (2008) – Modalités d'installation et de développement de la Spartine des Anglais sur les estrans vaseux. Aestuaria, cultures et développement durable. N° 13 : Les plantes envahissantes du littoral atlantique : le cas de la Spartine anglaise. p. 53-78.

Levy, V. (coord.), Watterlot, W., Buchet, J., Toussaint, B. & Hauguel J.-C., 2015 – Plantes exotiques envahissantes du nord-ouest de la France : 30 fiches de reconnaissance et d'aide à la gestion. Centre régional de phytosociologie agréé conservatoire botanique national de Bailleul, 140 p. Bailleul.

Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., De Poorter, M., 2000, 100 of the world's worst invasive alien species a selection from the global invasive species database. Published by the invasive species specialist group (ISSG) a specialist group of the species survival commission (SSC) of the world conservation union (IUCN), 12pp. First published as special lift-out in *aliens* 12, december 2000. Updated and reprinted version: november 2004.

Mcneely, J.A. (Ed), 2001, *New directions for the 21st century*, UICN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK VI + 124pp.

Norman, M., Patten, K., 1997, Cost-efficacy of integrated spartina control practices in Willapa bay, Washington. In: *Second international spartina conference proceedings* (ed. K. Patten), pp. 89-92. Washington state university, Olympia, Washington.

Oger-Jeanneret, H., Trut, G., Ganthy, F., Sauriau, P.-G., Budzinski, H., Gonzalez, P., Gamain, P., Maury-Brachet, R., Feurtet-Mazel, A., Auby, I., Dalloyau, S., Rollet, C., De Casamajor, M.-N., Sanchez, F., Rigouin, L., Fortune, M., Lejolviet, A., Thévand, A., Grall, J., Hily, C., Lamouroux, M.P., Féra. *Zostères de Manche-Atlantique: de la DCE aux questions de recherche colloque LITEAU*, Brest, 14-15 janvier 2016.

Ort, B., Thornton, W., Gunner, S., Hogle, I., *Spartina* in the San Francisco bay: population genetics in a management context. In: *4th international conference on invasive spartina - proceedings*, juillet 2014, Rennes (France).

Payne, K., 1972, A survey of the spartina feeding insects in Poole Harbour, Dorset. *Entomologist's monthly magazine* 108, 66-79.

Pfeiffer, W.J., Wiegert, R.G., 1981, Grazers on spartina and their predators. In: *The ecology of a salt marsh*. (ed. L. R. Pomeroy and R. G. Weigert), pp. 87-112. *Ecological studies* 38. Springer - Verlag, New York.

Pritchard, G.H., 1995, Herbicide trials on spartina. In: *how green is your mudflat? Proceedings of the Australasian conference on spartina control*. (ed. J. E. Rash, R.C. Williamson and S. J. Taylor), pp. 66. Department of conservation and natural resources. Yarram, Victoria.

Quere, E., Magnanon, S., Annezo, N., 2010, Vingt ans de suivi et de conservation du *Limonium humile miller* en Rade de Brest, E.R.I.C.A. Numero 23, bulletin du conservatoire botanique national de Brest. P.71-90

Ranwell, D.S., Downing, B. M., 1960, The use of dalapon and substituted urea herbicides for control of seed-bearing spartina (cord grass) in inter-tidal zones of estuarine marsh. *Weeds* 8, 78-88.

Ranwell D.S., 1961, *Spartina* salt marshes in southern England: The effects of sheep grazing at the upper limits of spartina marsh in bridgwater bay. *The journal of ecology* 49 : 325-340.

Ranwell, D.S., 1964, *Spartina* salt marshes in southern England, *Journal of ecology*, vol. 52, no. 1 (mar., 1964), pp. 95-105

Rauss, I., Sylvand, B., Lefeuvre, J.C., 2008. Bilan écologique de la première invasion de la spartine anglaise en France : le cas de la baie des Veys. *Aesturia* 13, 81-96.

Risque Côtier, [www.risques-côtier.fr](http://www.risques-côtier.fr). Site internet hébergé par université de Brest / CNRS, consulté le 01/12/2016. Hénaff, A., Maulpoix, A., et Philippe, M., Institut universitaire européen de la mer. Technopôle Brest-Iroise.

Roberts P.D., Pullin A.S., 2007, The effectiveness of management interventions for the control of 592-618 (2008). Doi: 10.1002/aqc

Scourzic, T., Loyen, M., Fabre, E., Tessier, A., Dalias, N., Trut, G., Maurer, D., Simonnet, B., 2011. Evaluation du stock d'huîtres sauvages et en élevage dans le Bassin d'Arcachon. Contrat agence des aires marines protégées & Oceanide, fr : 70.

Service environnement de la maire d'Andernos-les-Bains, 2004, Expérimentation d'arrachage et de suivi des spartines; bilan des années: 2000, 2002, 2003 et 2004, 14p.

Shaw, W.B., Gosling, D.S., 1995, *Spartina* control in New Zealand – an overview. In: How green is your mudflat? Proceedings of the Australasian conference on spartina control. (ed. J. E. Rash, R. S. Williamson and S. J. Taylor), pp. 43-60. Department of conservation and natural resources. Yarram, Victoria.

S.I.B.A (Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon), 2014, commission du pôle environnement - groupe de travail sur les spartines - 1ère réunion du 13 novembre 2014 - compte-rendu et relevé de décisions, 5p.

Sorriano-Sierra, E. J., 1992. Etude écologique des marais salés du Bassin d'Arcachon : structure et evolution des schorres, production et dégradation de leur végétation et échanges de matières particulaires entre les schorres et le bassin. Université de Bordeaux 1 : 209 pp + 47 pp d'annexes.

Strong, D.R., 1990, Insect herbivores that feed on *Spartina alterniflora*. In: spartina workshop record (ed. T. F. Mumford, P. Peyton, J. R. Sayce and S. Harbell), pp. 20. University of Washington and Washington Sea Grant Program, Seattle, Washington.

Sueur, F., Fagot, C., Triplet, P., 2001, Roll of vegetation on utilization of muds by birds : essay of a methodology. Avifaune picarde, 12 : 37-38.

Tang, M., Kristensen, E., 2010. Associations between macrobenthos and invasive cordgrass, *Spartina anglica*, in the Danish Wadden Sea, Helgoland Marine Research 64(4):321-329 · December 2010

Taylor, M.C., Burrows, E. M., 1968a, Chemical control of fertile *Spartina townsendii* (s.l.) On the cheshire shore of the Dee estuary. Weed research 8, 170-184.

Taylor, M.C., Burrows, E. M., 1968b, Chemical control of fertile *Spartina townsendii* (s.l.) On the cheshire shore of the Dee estuary. Response of spartina to treatment with Paraquat. Weed research 8, 185-195.

Thevand, A., 2015, Lutte contre la spartine anglaise sur le Bassin d'Arcachon - Expérimentation de terrain sur le secteur de Claouey / Lège - Cap Ferret – S.I.B.A - Rapport d'exécution, 23 mars 2015.

Triplet, P., Fagot, C., Van Imbeck, S., Sournia, A. & Sueur, F., 2002, Rôle de la végétation dans l'utilisation de l'estran par les limicoles. Alauda, 70, p. 445-449.

Triplet, P., 2003, La spartine anglaise dans le monde et en Baie de Somme, 33p. Syndicat Mixte pour l'aménagement de la Côte Picarde, Abbeville.

Triplet, P., Et Meirland, A., 2008, Une expérience de contrôle de spartine anglaise: *Spartina anglica* en Baie de Somme. *Æstuarina*, 2008, 13: 125-134

Triplet P., Ducrotoy, J.-P., Bastide, J., Meirland, A., 2008. La Spartine anglaise dans le monde : une synthèse des connaissances. *Æstuarina*, 13 : 135-163.

Triplet, P., 2012, Manuel d'étude et de gestion des oiseaux et de leurs habitats en zones côtières. *Æstuarina*, cultures et développement durable, pp.775, paroles des marais atlantiques. <hal-00666178>

Truscott, A., 1984, Control of *Spartina anglica* on the amenity beaches of Southport. In: *Spartina anglica* in Great Britain. (ed. P. Doody), pp. 64-69. Focus on nature conservation no. 5. Nature conservancy council, Attingham.

Way, I., 1987. A review of spartina control methods. Report by the nature conservancy council.

Wu, M.Y., Hacker, S., Ayres D., Strong D.R., 1999. Potential of *Prokelisia* spp. As biological control agents of English cordgrass, *Spartina anglica*. *biological control* 16: 267-273



i-Sea