Baccharis halimifolia :
Une espèce exotique envahissante sur la Ria d'Etel

Caractérisation des populations et amélioration des connaissances sur l'espèce

Marie PEIGNARD [1], Sébastien GALLET [1], Valérie ROUSSEL [1], Xavier DAUVERGNE [1]

[1] Laboratoire Géoarchitecture. Université de Bretagne Occidentale - Brest (France)

Géoarchitecture Laboratoire Territoires Urbanisation Biodiversité Environnement

UBO Université de Bretagne Occidentale

SYNDICAT MIXTE RIA D'ETEL

Introduction au dossier

Ce document regroupe toutes les recherches qui ont été faites sur l'espèce exotique envahissante, *Baccharis halimifolia*, en ria d'Etel depuis 2021 au sein du laboratoire Géoarchitecture, en partenariat avec le SMRE. Il contient les résultats de recherches issues d'un stage de M2, poursuivi dans le cadre d'un contrat d'ingénieur d'étude.

Le travail effectué constitue la phase initiale d'un projet plus ambitieux qui se fera sous forme de thèse de doctorat. Néanmoins, les premiers axes de recherches développés ici offrent des résultats prometteurs et montrent l'intérêt et le potentiel de la suite de l'étude de cette espèce.

Baccharis halimifolia est une espèce exotique envahissante présente en Ria d'Etel (Bretagne Sud, France). Plusieurs sites de la Ria sont impactés par la présence et l'expansion de l'espèce. Du fait de la présence du *Baccharis* depuis le milieu du XXème siècle en Bretagne, des individus âgés (plusieurs dizaines d'années) sont visibles en Ria. L'expansion sur le territoire est rapide, c'est pourquoi des opérations et chantiers d'arrachages sont mis en place depuis 2017 grâce au projet « Mobilisons-nous pour la Ria d'Etel ! Ensemble, limitons le *Baccharis*[1] ». Ce projet est né du partenariat entre le SMRE et l'association Al'Terre Breizh. "Mobilisons-nous pour la Ria" propose des chantiers de restauration sur des secteurs particulièrement envahis avec l'appui de nombreux bénévoles et de prestataires. Toutefois, l'arrachage répété de *B. halimifolia* ne permet pas de contenir l'espèce sur le territoire mais seulement de freiner son expansion. C'est pourquoi, l'acquisition de connaissances sur l'espèce est primordiale pour permettre une gestion plus optimale.

Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu Xavier Dauvergne, Sébastien Gallet, qui m'ont suivie et épaulée tout au long de ces recherches. Ainsi que leur grande implication pour que celles -ci perdurent.

Merci également à Charlotte IZARD et Maxime HOURDE du Syndicat Mixte de la Ria d'Etel, pour s'être rendus disponibles et m'avoir présenté les problématiques et enjeux du site.

Merci à Valérie ROUSSEL, Gilbert CHARLES, Corentin IRIEN, Elora JOLY, Mallaury LACOMBE pour l'aide et les conseils apportés.

[1] www.agir-pour-la-ria.org

Sommaire

VOLET 1 : SYNTHÈSE GÉNÉRALE DES CONNAISSANCES SUR *BACCHARIS HALIMIFOLIA* 6

VOLET 2 : DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE *BACCHARIS HALIMIFOLIA* 12

VOLET 2A : ÉTUDE DE LA CAPACITÉ DE GERMINATION DE *BACCHARIS HALIMIFOLIA* EN FONCTION DE CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES, NOTAMMENT SALINES.....14

I - INTRODUCTION 14
II - MATÉRIELS ET MÉTHODES 14
III - RÉSULTATS 19
IV - DISCUSSION..... 23
CONCLUSION / OUVERTURE 25
V - BIBLIOGRAPHIE 26

VOLET 2B : AMORCE DE L'ÉTUDE DES CONDITIONS FAVORISANT L'IMPLANTATION DE *BACCHARIS HALIMIFOLIA* 28

I - INTRODUCTION 28
II - MATÉRIELS ET MÉTHODES 28
III - RÉSULTATS 28
IV - DISCUSSION / CONCLUSION..... 29
V - BIBLIOGRAPHIE 29

VOLET 3 : CARACTÉRISTIQUES ÉCOPHYSIOLOGIQUES DE *BACCHARIS HANILIFOLIA*.....30

VOLET 3A : MESURE DE TRAITS BIOLOGIQUES ET PARAMÈTRES ABIOTIQUES DU SOL.....32

I - INTRODUCTION 32
II - MATÉRIELS ET MÉTHODES 32
III - RÉSULTATS 38
IV - DISCUSSION/CONCLUSION 46
V - BIBLIOGRAPHIE 51
VI - ANNEXES : MESURE DE TRAITS BIOLOGIQUES ET PARAMÈTRES ABIOTIQUES DU SOL 52

VOLET 3B : MARQUEURS DE STRESS : OSMOLARITÉ, TENEUR EN SODIUM ET POTASSIUM 66

I - INTRODUCTION 66
II - MATÉRIELS ET MÉTHODES 66
III - RÉSULTATS 68
IV - DISCUSSION/CONCLUSION 69
V - BIBLIOGRAPHIE 69

VOLET 3C : DOSAGE DES OSMOLYTES PAR RMN-1H 70

I - INTRODUCTION 70
II - MATÉRIELS ET MÉTHODES 70
III - RÉSULTATS 71
IV - DISCUSSION / CONCLUSION..... 72
V - BIBLIOGRAPHIE 72

VOLET 4 : AMORCE DE L'ÉTUDE DE LA STRUCTURE ET DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE D'UNE ESPÈCE EXOTIQUE ENVAHISSANTE : *BACCHARIS HALIMIFOLIA*.....74

I - INTRODUCTION 76
II - MATÉRIELS ET MÉTHODES 76
EXTRACTION ADN 77
VÉRIFICATION DE L'ADN EXTRAIT 77
III - RÉSULTATS 77
IV - DISCUSSION / CONCLUSION 78
V - BIBLIOGRAPHIE 78

VOLET 5 : ********, **********POTENTIEL DE *BACCHARIS HALIMIFOLIA* 80**

I - INTRODUCTION ..... **ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.**
II - MATÉRIELS ET MÉTHODES ..... **ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.**
III - RÉSULTATS 82
IV - DISCUSSION / CONCLUSION ..... **ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.**
V - BIBLIOGRAPHIE ..... **ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.**

VOLET 6 : L'IMPACT DE L'ESPÈCE EXOTIQUE ENVAHISSANTE *BACCHARIS HALIMIFOLIA*.....88

I - IMPACTS SUR LES HABITATS 90
II -IMPACTS SUR LES COMMUNAUTÉS 91
III -IMPACTS SUR LES CONDITIONS ABIOTIQUES DU MILIEU 92
IV - IMPACTS ÉCONOMIQUES 92
V -IMPACTS SANITAIRES 92
IV -BIBLIOGRAPHIE 93

VOLET 7 : LES MODES DE GESTION APPLIQUÉS À L'ESPÈCE EXOTIQUE ENVAHISSANTE *BACCHARIS HALIMIFOLIA* 96

I - PÂTURAGE PAR LES HERBIVORES 98
II - CONTRÔLES MÉCANISÉS OU MANUELS (ARRACHAGE/DESSOUCHAGE/COUPE) 99
III - COUPE PUIS APPLICATION DE SEL 100
VI - COUPE PUIS ENRUBANNAGE 101
V -INONDATION NATURELLE PROLONGÉE 101
VI -PHYTOCIDES 102
VII -BRÛLAGE DIRIGÉ 102
VIII - LUTTE BIOLOGIQUE 102
IX - BIBLIOGRAPHIE 105

VOLET 8 : FICHES MÉTHODES ET PERSPECTIVES 106

BIBLIOGRAPHIE.....112

INDEXE DES FIGURES

Volet 1

Figure I.1 : Rameau de *B. halimifolia*

Volet 2

Figure II.1 : a : Fruit contenant les graines de *B. halimifolia*, b : graine de *B. halimifolia*

Figure II.2 : Localisation des stations où des graines de *B. halimifolia* ont été prélevées en 2022

Figure II.3 : Protocole de mise en cultures des graines de *B. halimifolia*

Figure II.4 : a : Préparation des boîtes des cultures, b : Immersion des graines de *B. halimifolia*

Figure II.5 : Localisation des stations où des graines de *B. halimifolia* ont été prélevées en 2022

Figure II.6 : Nombre de germinations en fonction de la salinité pour les trois populations de *B. halimifolia* (NaCl n = n $g.L^{-1}$)

Figure II.7 Nombre de germinations sous différentes conditions de pH, de luminosité (Lum : lumière, Obs : obscurité) et d'immersion (Imm) pour les trois populations de *B. halimifolia*

Figure II.8 Boxplot du nombre de germinations dans les trois populations en fonction des différentes modalités

Figure II.9 : Germination de graines de *B. halimifolia* provenant de Pen er Pont en fonction de différents niveaux de salinité. a : 0 $g.L^{-1}$, b : 5 $g.L^{-1}$, c : 10 $g.L^{-1}$, d : 15 $g.L^{-1}$, e : 20$g.L^{-1}$

Figure II.10 : Germinations de graines de *B. halimifolia* sous différentes modalités. a : à l'obscurité, b : immergées

Figure II.11 : Niche écologique de la capacité de germination de *B. halimifolia*

Figure II.12 : Nombre de germinations de *B. halimifolia* en fonction du temps (nombre de jours)

Figure II.13 : Boxplot du nombre de germinations dans les huit populations (récoltées en 2022) en fonction des différentes modalités

Figure II.14 : Proportion de germinations aux différents taux de salinités testés en fonction des populations de *B. halimifolia*

Figure II.15 : Transect réalisé sur le site de Brennec Nord indiquant la densité de *B. halimifolia* et la conductivité du sol le long de ce transect

Volet 3

Figure III.1 : Schéma général des mesures réalisées in situ sur les populations de *B. halimifolia* de la Ria d'Etel

Figure III.2 : Localisation des populations de *B. halimifolia* échantillonnées pour la réalisation de mesure de traits biologiques et des paramètre abiotiques du sol

Figure III.3 : Détail des classes de tailles pour *B. halimifolia*

Figure III.4 : a : Quadrat posé à QUE2 le 09/06/2022, b : pesée de 10 feuilles de *B. halimifolia* avec une balance de précision

Figure III.5 : Différentes étapes de préparation de la terre et mesure du pH

Figure III.6 : Matrice de corrélation entre toutes les variables mesurées in situ sur les populations de *B. halimifolia* de la Ria d'Etel. BF : Biomasse foliaire fraîche, BS : Biomasse foliaire sèche, Dens_tot : densité totale, Dens_cl1 : densité de la classe 1, Dens_cl2 : densité de la classe 2, Dens_cl3 : densité de la classe 3, Dens_cl4 : densité de la classe 4, Dens_cl5 : densité de la classe 5, diam : diamètre à 20 cm de hauteur, ECp : conductivité du sol, H : hauteur de l'individu, H_lit : hauteur de la litière, LMA : biomasse sèche par cm^2, MPA : résistance mécanique du sol, pH : pH du sol, SF : surface foliaire, V : masse volumique du sol, Wet : teneur en eau du sol

Figure III.7 : Schéma des corrélations les plus importantes au sein des variables étudiées

Figure III.8 : Densité de *B. halimifolia* sur 4 m^2 en fonction de chaque population

Figure III.9 : Proportion des différentes classes de taille au sein de chaque population

Figure III.10 : Exemple de photographies prises pour déterminer la surface foliaire (en cm^2 sur 10 feuilles)

Figure III.11 : Box plot des différentes modalités mesurées en fonction de la classe de taille des individus (toutes populations confondues). a : diamètre à 20 cm de hauteur, b : hauteur, c : surface foliaire, d : biomasse foliaire fraîche, d : biomasse foliaire sèche, f : leaf mass per area (BS/SF)

Figure III.12 : Box plot des différentes modalités en fonction des populations de *B. halimifolia*. a : diamètre à 20 cm de hauteur (p-value < 2.2e-16^S), b : hauteur (p-value < 2.2e-16^S), c : surface foliaire (p-value = 1.501e-12^S), d : leaf mass per area (p-value =1.579e-13^S); S : différence significative entre les populations

Figure III.13 : Biomasse foliaire fraîche (BF) et sèche (BS) moyenne par population de *B. halimifolia* en Ria d'Etel

Figure III.14 : : Box plot des différentes modalités relatives à la pédologie en fonction des populations de *B. halimifolia.* a : Teneur en eau (p-value = 0,000000615^S) , b : conductivité (p-value = 0,001996^S), c : hauteur de la litière (p-value = 0,01328^S), d : Résistance mécanique (p-value = 0,001501^S), e : pH (p-value = 0,0000202^S) , f : masse volumique (p-value = 0,002512^S). S : différence significative entre les populations

Figure III.15 : Analyse en Composantes Principales, réalisée sur les traits biologiques des individus de chaque population en y intégrant les moyenne des données pédologiques par population. Projection sur les axes 1, 2 et 3. BF : Biomasse foliaire fraîche, BS : Biomasse foliaire sèche, Dens_tot : densité totale, Dens_cl1 : densité de la classe 1, Dens_cl2 : densité de la classe 2, Dens_cl3 : densité de la classe 3, Dens_cl4 : densité de la classe 4, Dens_cl5 : densité de la classe 5, diam : diamètre à 20 cm de hauteur, ECp : conductivité du sol, H : hauteur de l'individu, H_lit : hauteur de la litière, LMA : biomasse foliaire sèche par cm², MPA : résistance mécanique du sol, pH : pH du sol, SF : surface foliaire, V : masse volumique du sol, Wet : teneur en eau du sol
Figure III.16 : Site de Berringue 56680 Plouhinec, France
Figure III.17 : Cartographie des trois grands types de populations de *B. halimifolia* présents en Ria d'Etel
Figure III.18 : Localisation des populations de *B. halimifolia* échantillonnées pour la réalisation de mesure d'osmolarité et de teneur en sodium et en potassium
Figure III.19 : Boxplot des différentes variables mesurées en fonction des populations de *B. halimifolia*
Figure III.20 : Matrice de corrélation entre les variables mesurées sur les populations de *B. halimifolia* de la Ria d'Etel. Conduc : conductivité du sol, K : teneur en potassium ($g.L^{-1}$), K.Na : teneur en potassium ($g.L^{-1}$) / teneur en sodium ($g.L^{-1}$) , Na : teneur en sodium ($g.L^{-1}$), OSM : osmolarité
Figure III.21 : Profil métabolique obtenu après passage en RMN^1H réalisé à partir de l'extrait pur
Figure III.22 : Profils métaboliques obtenus après passage en RMN^1H réalisé à partir des extraits purifiés

Volet 4

Figure IV.1 : Cartographie des populations de *Baccharis halimifolia* échantillonnées en Bretagne à des fins d'analyse génétique
Figure IV.2 : Photographie phase d'extraction de l'ADN de *B. halimifolia*
Figure IV.3 : Détail des cycles PCR appliqués

Volet 5

Figure V.1 :
Figure V.2 :
Figure V.3 :
Figure V.4 :
Figure V.5 :
Figure V.6 :
Figure V.7 :

Volet 6

Figure VI.1 : Les différents impacts de *Baccharis halimifolia*
Figure VI.2 : Liste des habitats menacés inscrits à l'Annexe 1 de la Directive Habitats Européenne, où *B. halimifolia* s'est établi en Europe

Volet 7

Figure VII.1 : Chèvre-trépied de levage télescopique, © SMRE (Izard, 2016)
Figure VII.2 : Arrachage manuel avec le "baccharache"
Figure VII.3 : Souches de *Baccharis* dévitalisées par le sel (03/05/2008), © Fortune, 2018
Figure VII.4 : Éradication d'une zone de *B. halimifolia* au plastique noir au Pays Basque, © Proyecto Life, 2010
Figure VII.5 : Site de Berringue (56680, Plouhinec, Morbihan) après inondation prolongée
Figure VII.6 : Application de souches à Urdaibai (Nord de l'Espagne) (Projet LIFE+, Estuaires du Pays Basque – LIFE08NAT/E/0055), ©Gobierno, 2014
Figure VII.7 : Mode de priorisation des secteurs d'intervention pour la mise en place de chantier de lutte contre *B. halimifolia*

Volet 8

Figure VIII.1 : Photographie du premier test sur la reproduction végétative de *B. halimifolia*
Figure VIII.2 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus lors du premier test sur la reproduction végétative de *B. halimifolia*

Volet 1

Synthèse générale des connaissances sur *Baccharis halimifolia*

Une espèce (animale ou végétale) dont l'introduction par l'homme sur un territoire, volontaire ou accidentelle, qui représente une menace pour l'écosystème, est appelée une Espèce Exotique Envahissante (EEE). Selon l'Office Français de la Biodiversité (OFB), les EEE sont reconnues comme l'une des principales menaces sur la biodiversité. En effet, elles constituent un danger pour environ un tiers des espèces terrestres et contribuent à près de la moitié des extinctions connues à l'échelle mondiale (OFB). Ces EEE font l'objet d'une réglementation nationale française depuis 2018 qui a défini une première liste de 49 espèces exotiques envahissantes. L'importation de certaines espèces exotiques envahissantes en provenance des pays tiers à l'Union Européenne peut constituer une menace pour la biodiversité et les écosystèmes. La réglementation nationale (article L. 411-7 du Code de l'Environnement) prévoit des contrôles aux frontières pour les importations d'espèces exotiques envahissantes réglementées au titre de l'article L. 411-6 du même code (MAA, 2018). En juillet 2019, la Commission européenne a voté l'ajout de 17 nouvelles espèces envahissantes, portant le nombre d'espèces exotiques envahissantes à 66 dont 30 espèces animales et 36 espèces végétales. *Baccharis halimifolia* est présent sur cette liste et est classé dans la catégorie "Arbuste, EEE préoccupante pour l'Union européenne, FLORE, Flore préoccupante pour l'UE" (CDR EEE, 2017).

Le rythme d'introduction de nouvelles espèces est croissant et cela pour tous les groupes biologiques. L'introduction d'EEE sur le territoire peut être volontaire ou accidentel, et avoir des conséquences économiques, des impacts sur la santé publique et sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes. Tous les milieux (terrestres, aquatiques et marins) et tous les territoires sont impactés par ces espèces exotiques envahissantes. Sur tout le territoire français, un grand nombre d'acteurs se mobilise pour organiser la surveillance, évaluer les impacts, améliorer les connaissances, définir des stratégies et mettre en œuvre des actions de prévention et de gestion sur le terrain. En parallèle, des politiques publiques sont développées aux niveaux national et européen pour tenter de répondre à ce phénomène. A l'échelle de la France métropolitaine, l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN) recense 189 espèces introduites envahissantes (continentales et marines) en 2019 (INPN). En mars 2022, le Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires a lancé un plan d'actions pour prévenir l'introduction et la propagation des espèces exotiques envahissantes. Portant sur la période 2022-2030, ce plan s'accompagne de mesures concrètes de lutte contre ces espèces qui constituent une menace majeure pour la biodiversité. Pour tenir compte de l'évolution du cadre international et national, de l'évolution des connaissances sur les EEE et leur propagation, ainsi que de la mobilisation et de la coordination des nombreux acteurs institutionnels et professionnels français, ce plan sera révisé cinq ans après son démarrage.

Figure I.1 : Rameau de *B. halimifolia*

Le *Baccharis halimifolia* ou "Séneçon en arbre" (figure I-1) est un arbuste appartenant à la famille des astéracées, le genre *Baccharis* regroupant environ 400 espèces. Il est originaire d'Amérique du nord, avec pour habitat les marais intertidaux (Sundberg et Bolger, 2006). Il est présent naturellement au Canada, au Mexique, aux États-Unis, ainsi qu'aux Bahamas et à Cuba (Fried *et al.,* 2016).

L'espèce a été introduite en Océanie, Australie, Nouvelle-Zélande (Fried *et al.*, 2016) et en Europe, où elle est retrouvée principalement le long de la côte atlantique nord (de l'Espagne aux Pays-Bas), le long de la côte méditerranéenne (de l'Espagne à l'Italie), et très localement au Royaume-Uni (Fried *et al.*, 2016). Il est considéré comme une espèce exotique envahissante (EEE) principalement en France (Thellung 1916 ; Sinnassamy 2004), en Espagne (Allorge 1941) et en Italie (Zanetti 1997 ; Arrigoni et Viegi 2011).

Son introduction en France n'est pas accidentelle, en effet, cette espèce est cultivée en Europe dans différents jardins botaniques, au moins depuis le XVIIe siècle (Fried *et al.*, 2016). *B. halimifolia* est mentionné au Jardin du Roi à Paris et à Montpellier en 1824 (CBN Porquerolles Port-Cros, 2003). Cette espèce a ensuite été cultivée dans les jardins privés au XIXe siècle (Fried *et al.*, 2016). Dans les années 1940, *B. halimifolia* était déjà considéré comme localement envahissant, se propageant rapidement (Jovet, 1947). A la même époque en Bretagne, il montrait aussi des signes d'envahissements similaires, comme par exemple dans les marais à *Juncus maritimus* à Carnac, où il avait été auparavant cultivé (Hibon 1938). *B. halimifolia* a été cultivé principalement pour son utilisation ornementale dans les jardins privés et aussi comme plante d'agrément dans les lieux publics à des fins d'aménagement paysager, de stabilisation du sol, de mise en valeur esthétique ou de brise-vent (Charpentier *et al.,* 2006). Ses qualités ornementales, sa croissance rapide, sa résistance au sel, au vent et à la sécheresse en ont fait une plante très prisée (Charpentier *et al.*, 2006).

Les milieux préférentiellement colonisés par *B. halimifolia* sont les roselières, les jonchaies, les friches, et les bords de routes et de canaux (Charpentier *et al.*, 2006).

Cette espèce compétitive présente une grande aptitude à envahir des milieux aussi bien perturbés que des milieux naturels. Dans son aire de répartition d'origine, *B. halimifolia* est considéré comme une adventice car cette espèce envahit les zones sur-pâturées du sud des États-Unis (Nesom, 2006). Contrairement à la plupart des plantes envahissantes des marais salés, *B. halimifolia* ne se limite pas à une zone particulière du marais (Sims-Chilton et Panetta, 2011 ; Caño *et al.*, 2013), mais colonise plutôt les communautés estuariennes où les valeurs de salinité des eaux souterraines varient de 5 à 30 $g.L^{-1}$ de NaCl (Caño *et al.*, 2014). L'espèce s'établit préférentiellement sur des milieux à haut taux d'humidité et à haute teneur en matière organique (Calleja *et al.*, 2019). De plus, des conditions saturées d'eau, un sol riche en limon et une conductivité élevée semblent réduire sa présence (Fried *et al.*, 2016).

La stratégie de reproduction de *B. halimifolia* présente certaines caractéristiques qui facilitent son établissement (Fried *et al.*, 2016). La reproduction est sexuée peut aussi être végétative. L'arbuste est susceptible de fleurir au bout de 2 ans et présente une efficacité élevée des mécanismes de pollinisation, avec des taux de fertilité de 90% ayant été observés (Panetta, 1979a). L'espèce réalise une dispersion efficace, et possède une capacité de dispersion sur de longues distances, par le vent, augmentant la probabilité d'atteindre des zones propices à son établissement (Fried *et al.*, 2016). Par ailleurs, *B. halimifolia* a la capacité de produire de nombreuses graines, les estimations varient entre 10 000 (Auld, 1970) et 1 500 000 graines (Westman *et al.*, 1975) par an et par individu. De surcroît, ces graines ont la capacité de germer rapidement lorsque les conditions sont favorables.

La plupart des graines germent dans un délai d'un mois après leur maturité (Westman *et al.*, 1975), mais la banque de semences peut

persister pendant au moins 2 ans dans le sol (Panetta, 1979a, 1979b). Cette espèce possède donc un fort pouvoir de dispersion, rendant l'espèce à même de coloniser de grandes zones géographiques. Elle possède même la capacité de faire germer de nouvelles pousses à partir de la base après une perturbation (feu, gestion) (Westman *et al.*, 1975). D'après Fried *et al.* (2016), le rendement reproducteur peut aller jusqu'à 376 000 graines/m² en milieu perturbé ou ouvert. Ces graines peuvent dériver jusqu'à 140 m d'une plante de 2 m de haut (Diatloff, 1964).

La période de germination de l'espèce se situe entre le printemps et le début de l'été (côte nord de l'Espagne) (Fried *et al.*, 2016). Pour que la germination ait lieu à des rendements optimaux, la présence de lumière et des températures entre 15 et 20°C sont nécessaires (Westman *et al.*, 1975). Il n'y a pas d'exigence de dormance pour les graines, bien que les fluctuations de la lumière ou de la température augmentent le taux de germination (Panetta, 1979b). Les jeunes individus voient leur capacité compétitive renforcée dans des conditions plus salines et humides (Calleja *et al.*,2019).

Bien que *B. halimifolia* s'établit sur des milieux plus ou moins salin, la salinité a un effet négatif sur la capacité de germination de l'espèce. En effet, Calleja *et al.* (2019) ont observé une baisse de la germination avec l'augmentation de la salinité et au-dessus de 20 $g.L^{-1}$ de NaCl la germination se trouve presque inexistante (bien qu'elle soit encore possible à une salinité de $25g.L^{-1}$). Néanmoins, d'après Westman *et al.* (1975) la salinité tolérée pour le *B. halimifolia* se situe entre 0 et 36 $g.L^{-1}$ de sel. La salinité du milieu est donc un fort facteur limitant pour l'espèce. D'après Lázaro-Lobo A. *et al.* (2020) les semis ont plus de chances de survivre et de s'établir dans des environnements salins s'ils sont exposés à la salinité depuis la germination et, par conséquent, ont plus de temps pour s'acclimater à ce facteur de stress abiotique.

La plasticité phénotypique adaptative et les effets transgénérationnels jouent un rôle majeur dans la colonisation d'habitats hétérogènes lorsque l'échelle de variation environnementale est inférieure à celle du flux de gènes (Caño *et al.*, 2016). À salinité modérée, les réponses à la salinité sont affectées par la salinité parentale. Les résultats de Caño *et al.* (2016) soutiennent que la plasticité à la salinité et les effets transgénérationnels en tant que facteurs ont un grand potentiel pour contribuer à la capacité envahissante de *B. halimifolia* à travers les communautés estuariennes à haute valeur de conservation.

Cette plasticité intragénérationnelle et/ou transgénérationnelle joue un rôle majeur dans la tolérance à la salinité plutôt que dans l'adaptation locale (Caño *et al.*, 2016). La plasticité à la salinité pourrait ainsi être l'un des mécanismes favorisant l'envahissement par cet arbuste non indigène dans des habitats estuariens spatialement et temporellement hétérogènes (Caño *et al.*, 2016).

De par ces nombreuses caractéristiques *B. halimifolia* est susceptible d'engendrer différents impacts, tant écologiques que paysagers.

En effet cette espèce est à même d'occasionner une perte de biodiversité (Muller *et al.*, 2001), ainsi qu'une augmentation du risque d'incendies dans les friches (Charpentier *et al.*, 2006). *B. halimifolia* peut provoquer la fermeture du milieu, entraîner la disparition d'espèces végétales indigènes, et dégrader des sites de nidification des laro-limicoles (Charpentier *et al.*, 2006). Une fois établi, l'arbuste bloque l'accès à la lumière aux autres espèces, modifiant les conditions microclimatiques et entraînant une réduction des espèces herbacées (Muller, 2004), une réduction de la richesse spécifique globale

(Pierre, 2012 ; Fried *et al.*, 2014) et modifie la structure et a physionomie de la communauté envahie (Campos *et al.*, 2004). De plus, le pollen de *B. halimifolia* a un fort pouvoir allergène entraînant des problèmes de santé publique.

De par son impact sur les milieux, le *Baccharis* est aujourd'hui soumis à différents statuts réglementaires. Il est tout d'abord répertorié comme espèce préoccupante pour l'Union européenne dans le cadre de la réglementation européenne. Il est aussi considéré comme l'une des 20 espèces les plus envahissantes par le catalogue espagnol des espèces envahissantes et déclaré indésirable et nuisible en Nouvelle-Zélande et en Australie (Fried *et al.*, 2016).

En France, il est interdit d'introduire une espèce invasive "officielle" et lorsque sa présence est constatée, l'autorité publique peut intervenir pour la faire disparaître[2]. En Bretagne, le document d'objectifs du site Natura 2000 "Ria d'Étel" (2012) place la gestion des espèces exotiques envahissantes, dont *B. halimifolia*, parmi les enjeux de conservation prioritaires des habitats d'intérêt communautaire. De plus, des arrêtés municipaux ont été pris pour interdire la plantation de cette espèce dans plusieurs communes en se fondant sur des motifs sanitaires (pouvoir allergène du *Baccharis*). Depuis 2020, un arrêté préfectoral définissant les modalités de gestion de *Baccharis halimifolia* a été mis en place dans le département du Morbihan[3]. Cet arrêté fixe les modalités de lutte notamment l'interdiction de détention et d'introduction dans le milieu naturel de l'espèce. De plus, de nombreux règlements des plans locaux d'urbanisme interdisent la plantation du *Baccharis* en limite séparative, en s'appuyant sur la liste des plantes invasives de Bretagne publiée par le Conservatoire Botanique National de Brest et approuvée par le Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel de Bretagne.

Bibliographie

Allorge P., 1941. "Essai de synthèse phytogéographique du Pays Basque" Bulletin de la Société Botanique de France 88 : 291–354.

Auld B.A., 1970. "Groundsel Bush, a Dangerous Woody Weed of the Far North Coast." The Agricultural Gazette of New South Wales 81: 32–34.

Arrigoni P.V., Viegi L., 2011. La flora vascolare esotica spontaneizzata della Toscana [Alien Vascular Flora Naturalized in Toscany]. Regione Toscana. Direzione generale Politiche territoriali, ambientali e per la mobilità Settore Tutela e valorizzazione delle risorse ambientali.

Caño L., Fuertes-Mendizabal T., García-Baquero G., Herrera M., and González-Moro M. B., 2016. CañoPlasticity to salinity and transgenerational effects in the nonnative shrub *Baccharis halimifolia* : Insights into an estuarine invasion. American journal of botany 103 : 808-820.

Caño L., Campos J. A., García-Magro D., and Herrera M, 2014. "Invasiveness and Impact of The Non-native Shrub *Baccharis halimifolia* In Sea Rush Marshes: Fine-Scale Stress Heterogeneity Matters." Biological Invasions 16 (10): 2063–2077.

Caño L., García-Magro D., Herrera M., 2013. "Phenology of the Dioecious Shrub *Baccharis halimifolia* along an Environmental Gradient: Consequences for the Invasion of Atlantic Subhalophilous Communities." Plant Biosystems 147: 1128–1138.

Campos J.A., Herrera M., Biurrun I., Loidi J., 2004. The role of alien plants in the natural coastal vegetation in central-northern Spain. Biodiversity and Conservation 13, 2275–2293.

Calleja F., Ondiviela B., Juanes J.A., 2019. Invasive potential of *Baccharis halimifolia*: Experimental characterization of its establishment capacity. Environmental and Experimental Botany 162 : 444–454.

CDR EEE, 2017. *Baccharis halimiifolia*. Base d'information sur les invasions biologiques en milieux aquatiques. Groupe de travail national Invasions biologiques en milieux aquatiques. UICN France et Office Française de la Biodiversité.

Charpentier A., Riou K., Thibault M., 2006. Bilan de la campagne de contrôle de l'expansion du *Baccharis halimifolia* menée dans le Parc naturel régional de Camargue en automne 2004 et 2005. Pôle Relais Lagunes.

CBN Porquerolles Port-Cros, 2003. Plantes envahissantes de la région méditerranéenne. Montpellier : Agence Méditerranéenne de l'Environnement. Agence Régionale pour l'Environnement Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Diatloff G., 1964. "How Far Does Groundsel Seed Travel?" Queensland Agricultural Journal 90: 354–356.

[2] L'article L411-3 du Code de l'Environnement fixe les règles sur les espèces invasives et l'article L. 411-8 : "l'autorité administrative peut procéder ou faire procéder au prélèvement, à la garde ou à la destruction des spécimens de l'espèce introduite".

[3] Arrêté relatif à la lutte contre le *Baccharis* (*Baccharis halimifolia*), espèce exotique envahissante sur le territoire du département du Morbihan

Fried G., Caño L., Brunel S., Beteta E., Charpentier A., Herrera M., Starfinger U., Panetta F.D., 2016. Monographs on Invasive Plants in Europe: *Baccharis halimifolia L.*, Botany Letters, 163:2, 127-153, DOI: 10.1080/23818107.2016.1168315.

Fried G., Laitung B., Pierre C., Chagué N., Panetta F.D., 2014. Impact of invasive plants in Mediterranean habitats: disentangling the effects of characteristics of invaders and recipient communities. Biological Invasions 16, 1639–1658.

Hibon G., 1938. "Note sur la végétation de Bretagne." Bulletin de la Société nationale d'acclimatation de France 10 : 399–408.

Jovet P., 1947. "Plantes du Sud-Ouest." Le Monde des Plantes 243 : 2–4.

Lázaro-Lobo A., Herrera M., Campos J.A., Caño L., Goñi E., Ervin G.N., 2020. Influence of local adaptations, transgenerational effects and changes in offspring's saline environment on *Baccharis halimifolia L*. under different salinity and light levels. Environmental and Experimental Botany 177 : 104 - 134.

MAA, 2018. Avis aux importateurs relatif aux introductions sur le territoire métropolitain d'espèces exotiques envahissantes animales ou végétales en provenance de pays tiers. Journal officiel de la République Française, 13 mars 2018, Texte 93 sur 124.

Muller S., 2004. Plantes invasives en France Museum National d'Histoire Naturelle, Paris.

Muller S., Brunel S., Maillet J., Baret S., Strasberg D., Le Bourgeois T., 2001. Les invasions biologiques causées par les plantes exotiques sur le territoire français métropolitain : état de connaissance et proposition d'action. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages.

Nesom G., 2006. Groundsel Tree *Baccharis halimifolia L.* USDA, NRCS, National Plant Data Center & Biota of North America Program.

Panetta F.D., 1979a. "Germination and Seed Survival in the Woody Weed, Groundsel Bush (*Baccharis halimifolia L.*)." Australian Journal of Agricultural Research 30 (6): 1067–1077.

Panetta F.D., 1979b. "The Effects of Vegetation Development Upon Achene Production in the Woody Weed, Groundsel Bush (*Baccharis halimifolia L.*)." Australian Journal of Agricultural Research 30 (6): 1053–1065.

Pierre C. 2012. Impact de Huit Plantes Invasives Sur des Communautés Végétales de la Région Méditerranéenne. AgroSup Dijon, FR.

Sims-Chilton N. M., Panetta F. D., 2011. "The Biology of Australian Weeds 58. *Baccharis halimifolia L*." Plant Protection Quarterly 26 (4): 114–123.

Sinnassamy J. M., 2004. "*Baccharis halimifolia.*", In : Plantes invasives en France. Coordinated by Muller, S. Paris : Muséum national d'Histoire naturelle.

Sundberg S. D., Bogler D. J., 2006. "*Baccharis*." In Flora of North America North of Mexico, edited by Flora of North America Editorial committee 1993–, 23–28. New York: Flora of North America Editorial committee.

Thellung M. A., 1916. "Quelques plantes adventices de France." Le Monde des Plantes 99 : 11–13.

Westman W.E., Panetta F.D., Stanley T.D., 1975. Ecological studies on reproduction and establishment of the woody weed, groundsel bush (*Baccharis halimifolia* L.: Asteraceae), Aust. J. Agric. Res., 26:855-70.

Zanetti M., 1997. *Atlante della Flora notevole della Pianura veneta orientale. [Atlas of the Remarkable Flora of the Eastern Veneto Plain]*. Portogruaro, Italy: Ediciclo-Nuova Dimensione.

Volet 2

Dynamique des populations de *Baccharis halimifolia*

Volet 2a :
Étude de la capacité de germination de *Baccharis halimifolia* en fonction de contraintes environnementales, notamment salines

Volet 2b :
Amorce de l'étude des conditions favorisant l'implantation de *Baccharis halimifolia*

SOMMAIRE

VOLET 2A : ÉTUDE DE LA CAPACITÉ DE GERMINATION DE *BACCHARIS HALIMIFOLIA* EN FONCTION DE CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES, NOTAMMENT SALINES 14

I - INTRODUCTION 14
II - MATÉRIELS ET MÉTHODES 14
III - RÉSULTATS 19
IV - DISCUSSION 23
CONCLUSION / OUVERTURE 25
V - BIBLIOGRAPHIE 26

VOLET 2B : AMORCE DE L'ÉTUDE DES CONDITIONS FAVORISANT L'IMPLANTATION DE *BACCHARIS HALIMIFOLIA* 28

I - INTRODUCTION 28
II - MATÉRIELS ET MÉTHODES 28
III - RÉSULTATS 28
IV - DISCUSSION / CONCLUSION 29
V - BIBLIOGRAPHIE 29

Volet 2a : Étude de la capacité de germination de *Baccharis halimifolia* en fonction de contraintes environnementales, notamment salines

I - Introduction

L'importance de connaître les facteurs abiotiques impactant la germination d'une espèce est d'autant plus important lorsqu'il s'agit d'une espèce exotique envahissante. En effet, l'étude de l'influence de ces facteurs sur les capacités germinatives de l'espèce peuvent permettre d'entrevoir de potentielles pistes de lutte contre celle-ci. Les contraintes abiotiques peuvent agir comme un filtre de sélection puissant, permettant uniquement aux génotypes capables de s'adapter au stress de se propager avec succès (Caño *et al.*, 2016). Ainsi, à l'échelle de la population, ces stress abiotiques vont limiter la persistance et la propagation de la population. Il est donc intéressant d'étudier les facteurs impactant *Baccharis halimifolia* pour limiter son invasion, les contraintes abiotiques agissant comme des filtres de sélection pour l'invasion des plantes dans les habitats stressants (Caño *et al.*, 2016).

Cette étude présente les premiers résultats obtenus sur la capacité germinative de *B. halimifolia* en fonction de différentes contraintes abiotiques telles que la salinité, le pH, l'obscurité, la température et l'immersion. Le taux de germination des graines a été évalué en conditions contrôlées à partir de graines provenant de diverses populations de la Ria d'Etel récoltées en 2021 et en 2022.

II - Matériels et méthodes

Première expérimentation (réalisée à partir des graines récoltées en 2021)

Des graines ont été récoltées en 2021 sur 3 stations recensées par le SMRE[4] comme abritant des populations de *Baccharis halimifolia* (figure II.1). Il s'agit de graines provenant du Brennec, de Pen er Pont (Locoal-Mendon) et de Bignac (Belz) (figure II.2). Une fois récoltées, les graines ont été stockées en chambre froide. Les étapes du protocole de mise en culture sont synthétisées dans la figure 3.

a b

Figure II.1 : a : Fruit contenant les graines de *B. halimifolia*, b : graine de *B. halimifolia*

[4] Syndicat mixte de la Ria d'Etel

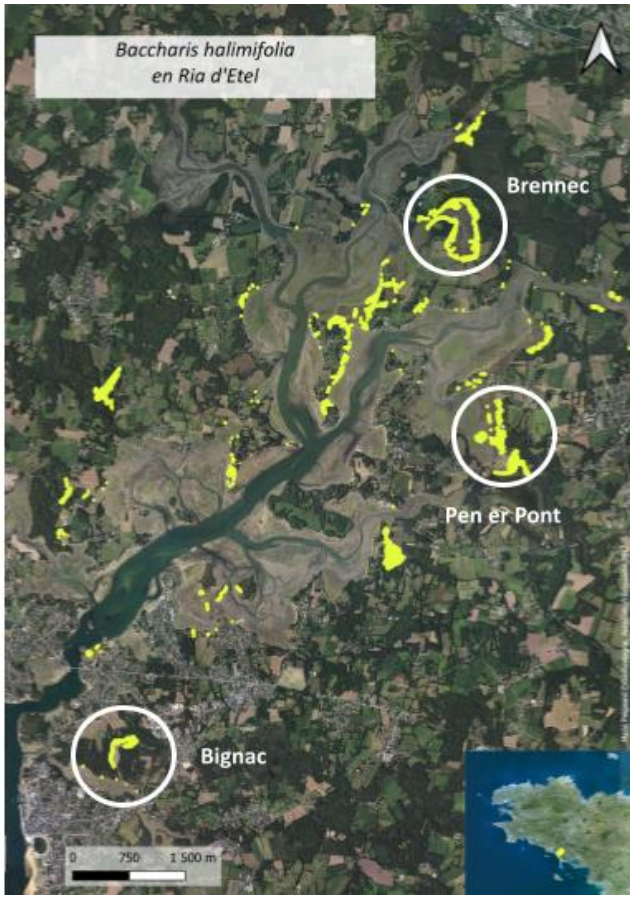


Figure II.2 : Localisation des stations où des graines de B. *halimifolia* ont été prélevées en 2022

Pour réaliser des tests sur la capacité de germination de *Baccharis halimifolia* sous différentes contraintes abiotiques, les fruits ont été sortis de la chambre froide puis rincés à l'eau du robinet pendant quelques minutes pour enlever le surplus de moisissure. En effet, les graines étant stockées encore dans leur fruit, raccrochées à des rameaux de l'arbuste, elles avaient subi un développement de moisissures. Une fois lavés et égouttés, les fruits ont été soigneusement ouverts pour y extirper les graines. Une fois toutes les graines sorties, elles ont subi un traitement à l'eau chaude (50°C) pendant 40 secondes pour éviter un surplus de contamination par d'éventuelles moisissures lors des tests de germination. Les graines ont ensuite été séchées sur du papier Joseph puis rassemblées par populations dans des piluliers.

Les tests de germination ont été réalisés le lendemain de cette opération. La capacité de germination de *B. halimifolia* a été testée sur 50 graines par modalité avec 2 réplicats (figure II.3). Ces graines ont été placées dans des boîtes de Pétri contenant 2 papiers Joseph auquel était ajouté 2 ml de liquide (qui différait en fonction des modalités) (figure II.4).

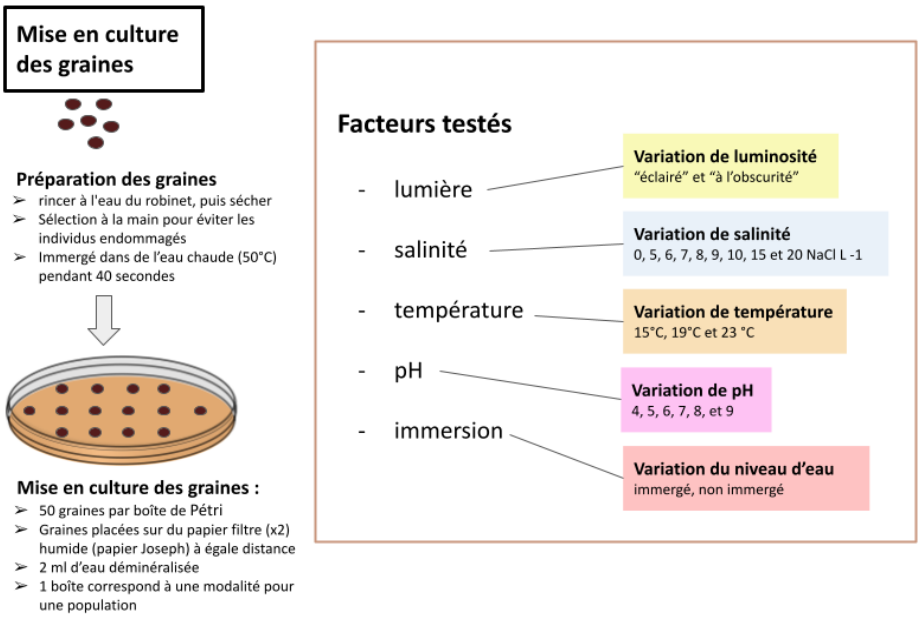
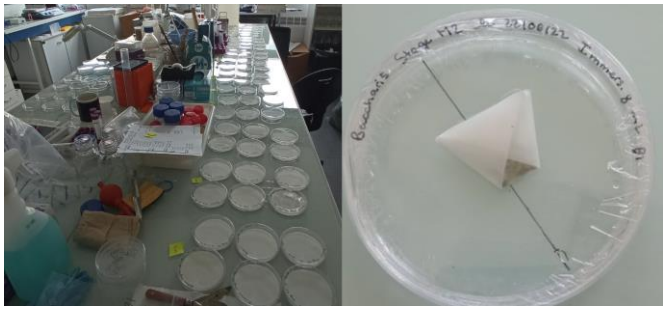


Figure II.3 : Protocole de mise en cultures des graines de *B. halimifolia*



a b

Figure II.4 : a : Préparation des boîtes des cultures, b : Immersion des graines de *B. halimifolia*

Évaluation de l'impact de la salinité sur la germination

L'effet de la salinité sur la germination a été démontré en soumettant les graines à des solutions à différentes concentrations de NaCl. Les concentrations de NaCl étaient de 0, 5, 10, 15, 20 $g.L^{-1}$ dans un premier temps. Le sel utilisé était du sel employé en agriculture "Saco Agro, animal feed salt - type 1-3". Dans un second temps, des expérimentations supplémentaires ont été réalisées à des concentrations de NaCl de 6, 7, 8 et 9 $g.L^{-1}$.

Évaluation de l'impact du pH sur la germination

Pour tester l'effet du pH sur la germination des graines, une solution MS (Murashige and Skoog Medium Salt Mixture) dosée à 16 $g.L^{-1}$ a été réalisée. Le pH a ensuite été ajusté à partir de cette solution grâce à de l'acide chlorhydrique (HCL) et de l'hydroxyde de potassium (KOH) pour produire des solutions à pH = 3, pH = 4, pH = 6, pH = 8 et pH = 9.

Évaluation de l'impact de la température sur la germination

La capacité de germination de *Baccharis halimifolia* a été observée à 15 °C, 19 °C et 23°C correspondant à des températures courantes en début et fin de printemps en Ria d'Etel. Pour ce faire, les boîtes de Pétri ont été placées dans 2 phytotrons réglés sur 15°C et 19°C.

Évaluation de l'impact de la luminosité sur la germination

Deux conditions ont été testées sur la germination des graines : lumière et obscurité. Pour créer cette obscurité, les boîtes de Pétri ont été placées dans un papier aluminium dans les mêmes conditions que les boîtes éclairées.

Évaluation de l'impact de l'immersion sur la germination

Des graines ont été placées dans des sachets réalisés en papier Joseph puis placées dans les boîtes de Pétri contenant 20 ml d'eau déminéralisée (figure 4-b). Ainsi, les graines étaient en condition d'immersion totale.

Mise en culture

Une fois toutes les boîtes préparées et scellées avec du film d'hydrate de cellulose, elles ont été placées en chambre de culture à 23°C (hormis celles placées en phytotron) durant 13 jours.

La date d'observation des germinations a été à J+13 pour toutes les modalités, car après les tests préliminaires il est apparu que plus de germinations ne survenaient après cette date.

Deuxième expérimentation (réalisée à partir des graines récoltées en 2022)

La capacité germinative de l'espèce a été étudiée à partir de graines récoltées le 2 novembre 2022 en Ria d'Etel, sur 8 stations recensées par le SMRE comme abritant des populations de *Baccharis halimifolia* (figure II.5). Une fois récoltées, les graines ont été extraites des fruits grâce à des tamisages répétés, puis stockées sèches dans des enveloppes en papier. Les enveloppes ont ensuite été stockées au réfrigérateur.

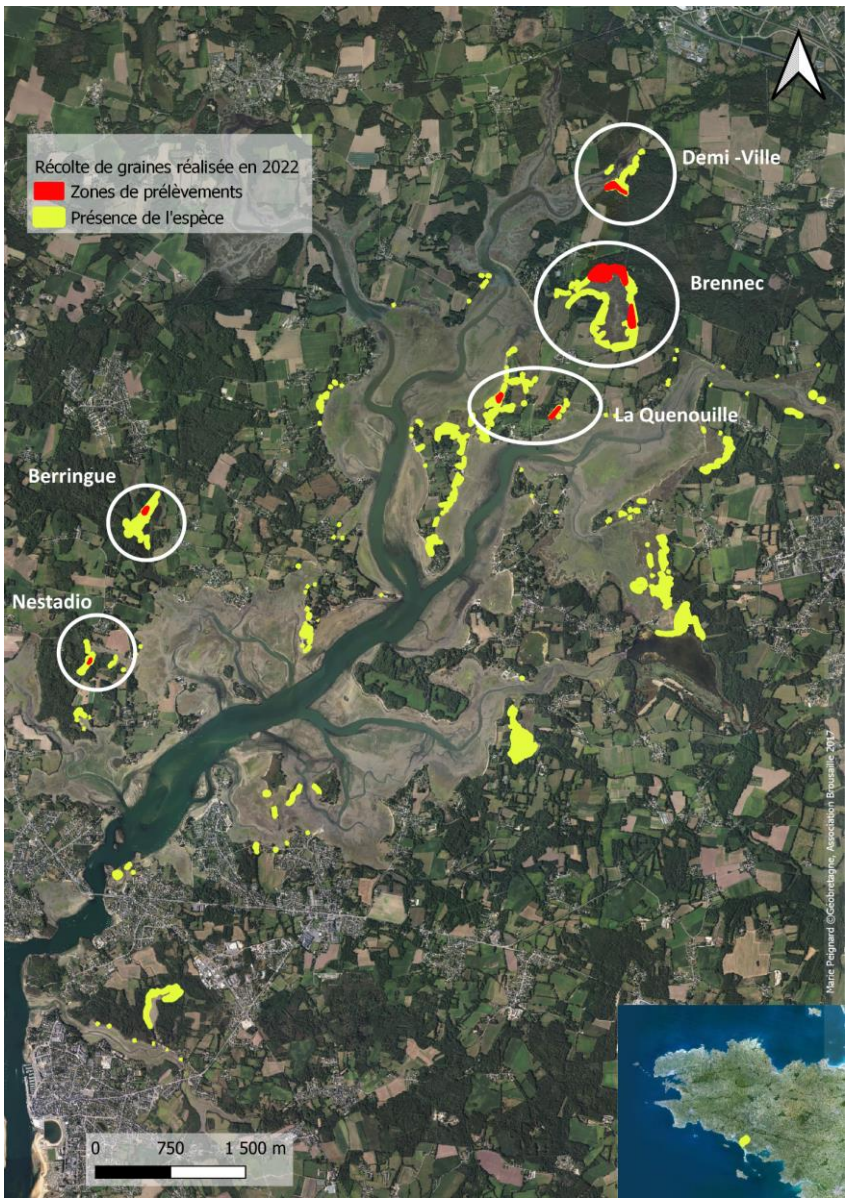


Figure II.5 : Localisation des stations où des graines de *B. halimifolia* ont été prélevées en 2022

L'effet de la salinité sur la germination a été démontré en soumettant les graines à des solutions à différentes concentrations de NaCl. Les concentrations de NaCl étaient de 0, 4, 6, 8, 10, 12, 14 $g.L^{-1}$, réalisées avec du sel employé en agriculture "Saco Agro, animal feed salt - type 1-3". La capacité de germination de *B. halimifolia* a été testée sur 50 graines par modalité et par population, avec 3 réplicats réalisés.

Dans un premier temps, les graines ont subi un traitement à l'eau chaude (50°C) pendant 40 secondes pour éviter un surplus de contamination par d'éventuelles moisissures lors des tests de germination. Les graines ont ensuite été séchées sur du papier Joseph, puis sélectionnées pour réaliser l'expérimentation. En effet les graines noircies et émaciées n'ont pas été utilisées, car non-viables.

Les graines de *B. halimifolia* ont ensuite été placées sur des boîtes de pétris contenant un papier filtre humidifié avec 2ml de solution. La solution différait en fonction des modalités.

Une fois les graines disposées, les boîtes de pétris ont été scellées avec du cellophane, puis entreposées dans un phytotron réglé à 22°C et une photopériode de 16h durant 15 jours.

Un comptage du nombre de germinations a été réalisé tous les 2 à 3 jours. De même que dans les travaux de Lázaro-Lobo A. *et al.* (2020), les graines étaient considérées comme germées si au moins 2 mm de radicule étaient présents avec comme critère d'émergence l'apparition de l'hypocotyle ou de la tige de la plantule en germination.

Analyse des données et statistiques

Tous les tests statistiques ont été réalisés sur R-Studio en utilisant les packages R Commander (RStudio 2022.07.1 Build 554 © 2009-2022 RStudio, PBC[5]). Les différents tests ont été fait avec un risque alpha de 0,05 et ont consisté principalement en la réalisation d'une ANOVA suivit d'un test post hoc.

[5] https://www.rstudio.com/about/trademark/

III - Résultats

Première expérimentation (réalisée à partir des graines récoltées en 2021)

Du fait du nombre de réplicats trop faible (2 réplicats de 50 graines par modalité) aucun test statistique n'a pu être appliqué. Néanmoins, des différences du taux de germination peuvent être observées entre populations en fonction des différentes modalités.

Tout d'abord, les graines de toutes les populations ont germé, soit 565 graines provenant de Brennec, 700 de Bignac et 749 de Pen er Pont (sur 1900 graines par population). Les différentes modalités ont impacté la germination des graines de *B. halimifolia* (figure II.6 et II.7).

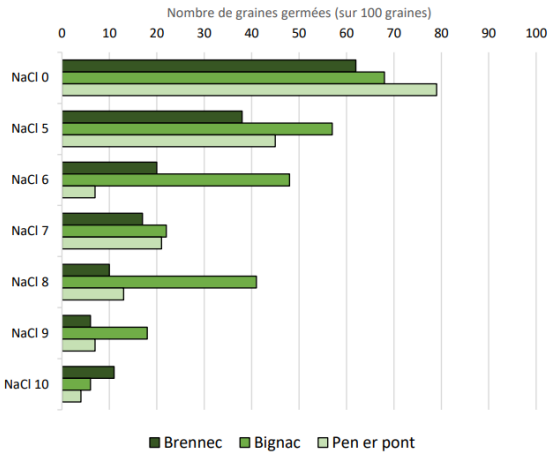


Figure II.6 : Nombre de germinations en fonction de la salinité pour les trois populations de *B. halimifolia* (NaCl n = n g.L^{-1})

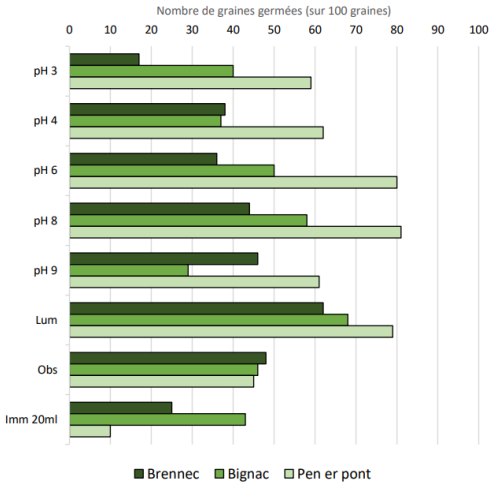


Figure II.7 : Nombre de germinations sous différentes conditions de pH, de luminosité (Lum : lumière, Obs : obscurité) et d'immersion (Imm) pour les trois populations de *B. halimifolia*

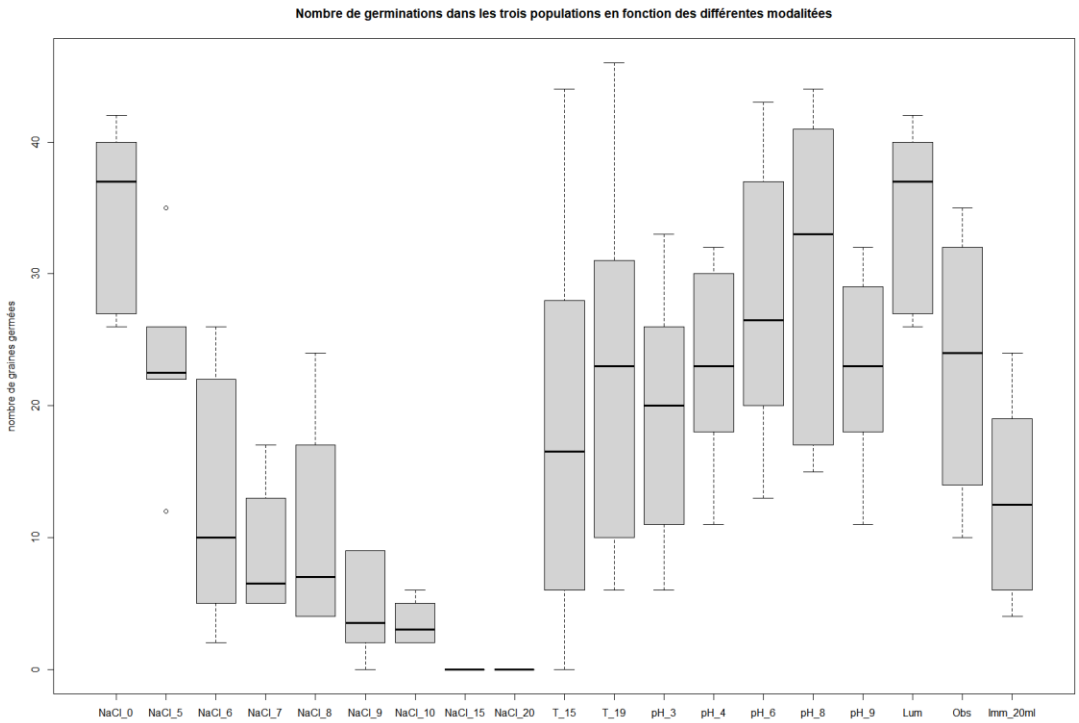


Figure II.8 : Boxplot du nombre de germinations dans les trois populations en fonction des différentes modalités

Le sel a eu un impact négatif sur le taux de germination, en effet, plus la concentration en sel augmente et moins les graines germent (figure II.6, figure II.8 et figure II.9). Aux concentrations de 15 et 20g.L^{-1}, aucune germination a eu lieu pour les 3 populations. Le seuil maximum de salinité que ces trois populations tolèrent se situe donc entre 10 et 15 g.L^{-1}, ce seuil inhibant fortement la germination. Afin de connaître la valeur exacte de ce seuil, d'autres expérimentations sont prévues.

D'autre part, des différences inter-populationnelles de tolérance à la salinité sur la capacité de germination sont observées. La salinité va impacter différemment la capacité germinative des trois populations (figure II.6). En effet, les graines récoltées à Bignac ont un taux de germination supérieur aux autres populations.

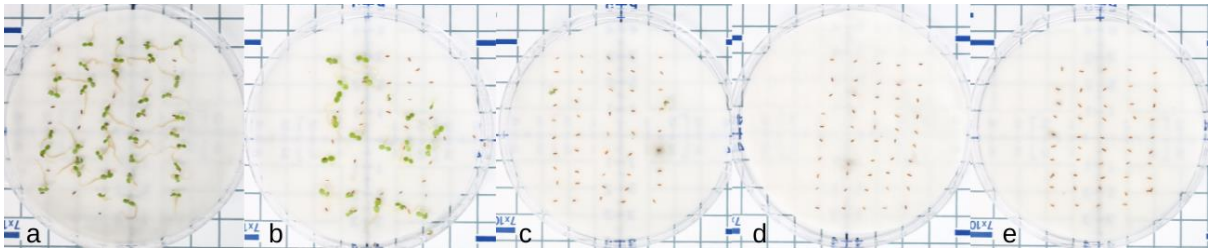


Figure II.9 : Germination de graines de *B. halimifolia* provenant de Pen er Pont en fonction de différents niveaux de salinité. a : 0 g.L^{-1}, b : 5 g.L^{-1}, c : 10 g.L^{-1}, d : 15 g.L^{-1}, e : 20g.L^{-1}

Pour ce qui est de l'influence de la température sur la germination, la chaleur semble être bénéfique. En effet, plus de germinations ont été comptabilisées à 23°C (209 sur 300) qu'à 15°C (111 sur 300) sur les 3 populations, avec respectivement 62 et 35 germinations pour Bignac, 68 et 32 germinations pour Pen er Pont 79 et 44 et germination pour Brennec.

Le pH a modifié légèrement les capacités de germination de l'espèce, qui étaient plus faibles aux extrémités de la gamme de pH testé, à savoir pH 3, 4 et 9, qui comptabilisent respectivement 116, 137 et 136 germinations sur 300 pour les 3 populations. L'optimum semble se situer autour d'un pH 8 (figure 20 et 21), avec 183 germinations sur 300 toutes populations confondues. La population qui a de meilleurs taux de germinations aux différents pH testés est Pen er Pont.

De plus, les conditions d'éclairage ont une influence sur la germination, puisque cette dernière est améliorée avec un éclairage (figure 20 et 21), avec 209 germinations en condition lumineuse et 139 à l'obscurité. Cependant, l'obscurité totale n'inhibe pas la capacité de germination de l'espèce (figure II.10).

Enfin, même immergées, les graines sont capables de germer dans des conditions de culture favorable (figure II.10), avec 78 germinations sur 300. Les graines provenant de Bignac ont le taux de germination le plus élevé face à ce stress, soit 43 germinations sur 300.

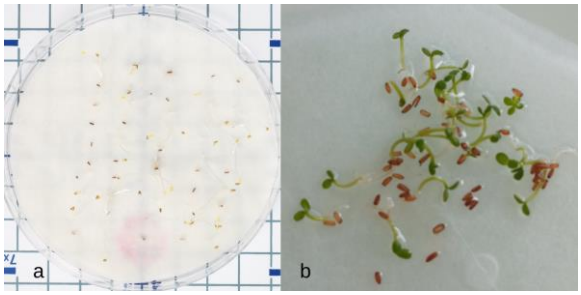


Figure II.10 : Germinations de graines de *B. halimifolia* sous différentes modalités. a : à l'obscurité, b : immergées

Il semble donc que la niche écologique préférentielle pour la germination de *B. halimifolia* comporte une augmentation de la température, un pH légèrement basique et de la luminosité. Néanmoins, l'espèce tolère différentes contraintes telles que des températures "fraîches", un pH variable (acide ou basique), et des conditions d'obscurité totale (figure II.11).

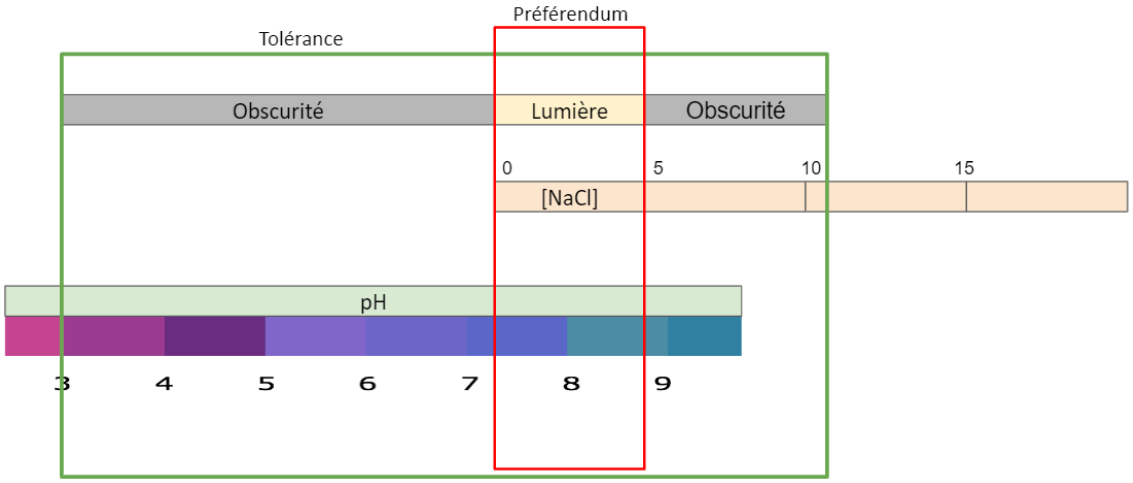


Figure II.11 : Niche écologique de la capacité de germination de *B. halimifolia*

Deuxième expérimentation (réalisée à partir des graines récoltées en 2022)

Malheureusement, les graines récoltées en 2022 ont eu des difficultés à germer. Les taux de germinations ont été plus faibles que lors de la première expérimentation faite avec les graines de 2021. Du fait que cette expérience n'ait pas marché, peu de données ont pu être exploitées. Les différences possibles inter-populationnels n'ont pu être démontrées car la majorité des populations n'ont pas eu ou peu de germinations, quelle que soit la modalité. Les résultats décrits sont donc ceux de toutes les populations confondues.

Le nombre de germinations croît au cours du temps, quel que soit le facteur de stress testé (figure II.12). Au bout de 40 jours post mise en culture, il est observé que plus la salinité est importante et moins le nombre de graines germées est élevé (figure II.12 et II.13). La figure IIa-12 confirme qu'il y a davantage de germination de graines de *B. halimifolia* dans des conditions de salinité nulle. Il y a eu 45 germinations en conditions non salines contre moins de 17 pour toutes les autres conditions avec apport de sel.

Bien qu'il n'y a peu de germination sous contrainte saline forte, il y a néanmoins quelques germinations observées, soit 4 germinations à une salinité de 12 $g.L^{-1}$ et 1 germination à 14 $g.L^{-1}$ de sel (figure II.12, II.13, II.14).

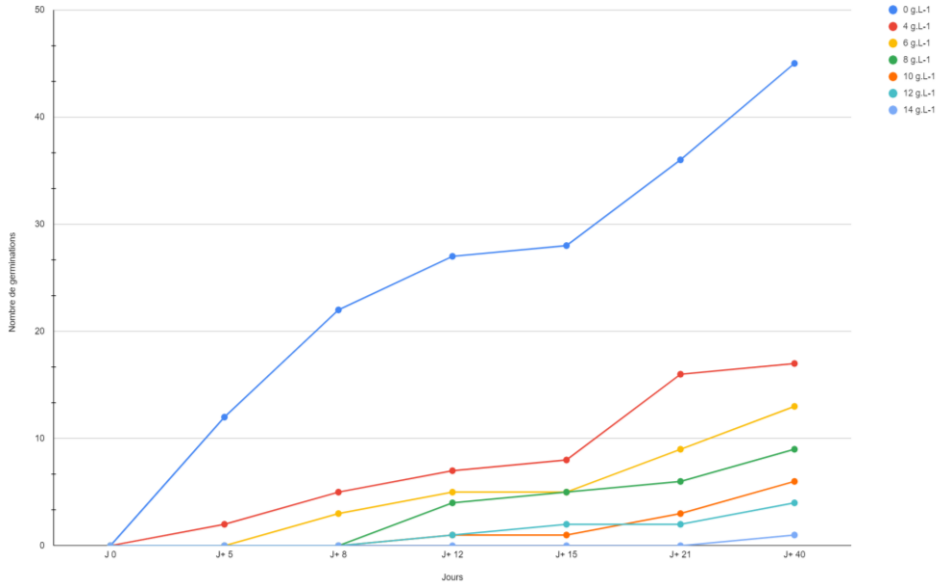


Figure II.12 : Nombre de germinations de *B. halimifolia* en fonction du temps (nombre de jours)

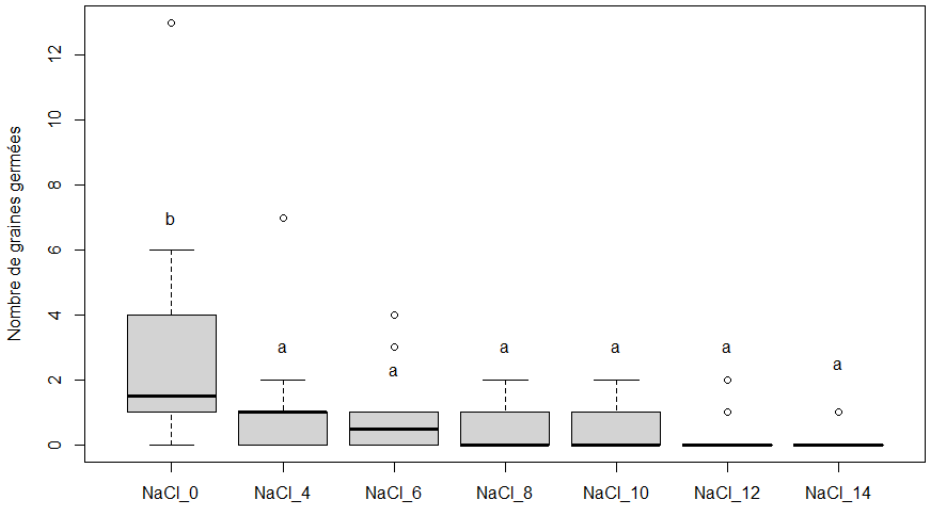


Figure IIa.13 : Boxplot du nombre de germinations dans les huit populations (récoltées en 2022) en fonction des différentes modalités

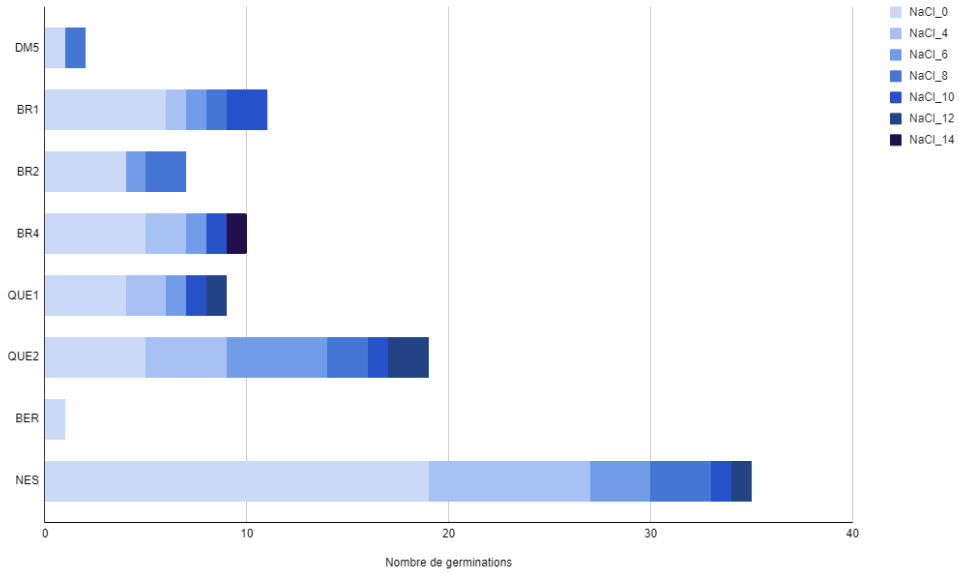


Figure II.14 : Proportion de germinations aux différents taux de salinités testés en fonction des populations de *B. halimifolia*

IV - Discussion

La période de germination de *B. halimifolia* se situe entre le printemps et le début de l'été (côte nord de l'Espagne) (Fried *et al.*, 2016). D'après Fried *et al.* (2016), les graines enterrées à des profondeurs supérieures à 5 cm sont probablement dormantes, manquant de signaux de lumière et de température pour la germination. Néanmoins, lors de la première expérimentation sur les graines de 2021, 139 graines sur 300 ont germé dans des conditions d'obscurité totale. Le facteur principal inhibant la germination des graines semble donc être le froid. Selon Panetta (1979b), il n'y a pas d'exigence de dormance pour les graines, bien que les fluctuations de la lumière ou de la température augmentent le taux de germination.

L'obscurité est donc susceptible de freiner la capacité de germination du *Baccharis*. En revanche, des conditions ombragées lui semblent bénéfiques. En effet, pour Lázaro-Lobo A. *et al.* (2020), des semis ont germé et émergé plus rapidement et en plus grand nombre dans des conditions ombragées que dans des conditions non ombragées, ce qui pourrait être dû à une moindre capacité des graines à résister à la dessiccation. Lázaro-Lobo A. *et al.* (2020) ont également trouvé des effets environnementaux transgénérationnels. Des graines d'une de leurs populations qui provenaient d'un lieu où les conditions de lumière étaient élevées (bord de route) avaient des pourcentages de germination et d'émergence plus élevés et produisaient des pieds avec plus de feuilles que ceux descendant de plantes mères et cultivées dans des conditions de faible luminosité (forêt). D'après les auteurs, une telle découverte illustre la plasticité transgénérationnelle adaptative et, par conséquent, pourrait s'expliquer par les effets d'adaptation à l'ombre de l'environnement parental, qui peuvent pré-adapter la progéniture aux mêmes conditions d'éclairage et augmenter leur succès d'établissement (Baker *et al.*, 2018, 2019).

Dans la première expérimentation menée, la germination diminue à mesure que le pH devient plus acide. Néanmoins, des germinations ont été observées à pH 3, or, d'après Westman *et al.* (1975), *B. halimifolia* tolère des valeurs de pH allant de 3,6 à 9. L'impact du pH sur la germination est donc modéré, les graines étant capables de germer sur une large gamme de valeur de pH.

Des germinations ont eu lieu à différentes températures (proches de celles retrouvées habituellement en Ria d'Etel), il aurait été intéressant de tester de plus forts extrêmes car l'optimum de température pour l'espèce se situe entre 12 et 27°C, sachant qu'elle peut tolérer une température entre -4 et 38°C sans subir de stress (Westman *et al.*, 1975).

Selon Calleja *et al.* (2019), l'immersion a un effet néfaste sur l'espèce. Les germinations obtenues en condition d'immersion ont eu lieu après 13 jours. Mais selon les auteurs, une immersion prolongée cause un effet néfaste sur la germination, la survie et la croissance des semis. Le *B. halimifolia* est sensible à une faible disponibilité en phosphore, ce qui peut expliquer sa plus grande sensibilité aux inondations (Westman *et al.* 1975). De ce fait, des augmentations rapides du niveau de l'eau de mer et/ou des précipitations réduites pendant l'établissement des semis pourraient entraîner une diminution des performances des plantes (Lázaro-Lobo A. *et al.*, 2020).

La salinité a un effet négatif sur la capacité de germination de l'espèce. En effet, Calleja *et al.* (2019) ont observé une baisse de la germination avec l'augmentation de la salinité et au-dessus de 20 $g.L^{-1}$ de NaCl la germination se trouve presque inexistante (bien qu'elle soit encore possible à une salinité de 25$g.L^{-1}$). Ces auteurs ont démontré qu'à partir de 15 $g.L^{-1}$ de sel la germination diminue drastiquement. Néanmoins, d'après Westman *et al.* (1975) la salinité tolérée pour le *B. halimifolia* se situe entre 0 et 36 g/L de sel. Les graines récoltées en 2021 ont supporté au maximum une valeur de 10 $g.L^{-1}$, aucune germination n'a eu lieu à 15 $g.L^{-1}$. En revanche, les graines de 2022 ont été testées sur un intervalle de gamme de salinité plus faible, ce qui a permis de montrer qu'une germination est possible jusqu'à une salinité de 14 $g.L^{-1}$ pour les populations provenant de la Ria d'Etel.

La salinité du milieu est donc un fort facteur limitant pour l'espèce. Néanmoins, d'après Lázaro-Lobo A. *et al.* (2020) les semis ont plus de chances de survivre et de s'établir dans des environnements salins s'ils sont exposés à la salinité depuis la germination et, par conséquent, ont plus de temps pour s'acclimater à ce facteur de stress abiotique.

La plasticité phénotypique adaptative et les effets transgénérationnels jouent un rôle majeur dans la colonisation d'habitats hétérogènes lorsque l'échelle de variation environnementale est inférieure à celle du flux de gènes (Caño *et al.*, 2016). À salinité modérée, les réponses à la salinité sont affectées par la salinité parentale, l'initiation de la floraison chez les semis et les boutures mâles est positivement corrélée avec la teneur en Na+ des feuilles parentales, et la biomasse est positivement corrélée avec le Na+ des feuilles maternelles chez les boutures.

Les résultats de Caño *et al.* (2016) soutiennent que la plasticité à la salinité et les effets transgénérationnels en tant que facteurs ont un grand potentiel pour contribuer à la capacité envahissante de *B. halimifolia* à travers les communautés estuariennes à haute valeur de conservation. Le schéma d'invasion inégal de *B. halimifolia* dans les marais salés indique que la plasticité intragénérationnelle et/ou transgénérationnelle joue un rôle majeur dans la tolérance à la salinité plutôt que dans l'adaptation locale (Caño *et al.*, 2016). La plasticité à la salinité pourrait ainsi

être l'un des mécanismes favorisant l'envahissement par cet arbuste non indigène dans des habitats estuariens spatialement et temporellement hétérogènes (Caño *et al.*, 2016).

Les conditions optimales à la germination de *B. halimifolia* sont donc de la luminosité, une salinité située entre 0 et 5 $g.L^{-1}$, et un pH situé autour de 8. Néanmoins, la germination est possible à l'obscurité ou à des valeurs allant jusqu'à 14 $g.L^{-1}$ et même à des valeurs de pH situées entre 3 et 9. Bien que, diminuant les taux de germination de l'espèce, l'immersion n'inhibe pas la capacité germinative de l'espèce.

Il semble donc intéressant de remarquer que les différences inter-populationnelles observées sur les taux de germination obtenus lors de la première expérimentation serait dues principalement à l'environnement de la population d'origine. Ainsi, le site du Bignac produirait donc des graines plus adaptées aux conditions salines du fait de sa proximité avec la mer. La plus grande résistance des graines provenant de Pen er Pont face aux autres stress serait aussi due à sa localisation, bien que plutôt éloigné de l'influence de l'eau de mer (comparativement aux autres populations), le sol y est plutôt acide et le site est soumis à divers stress, tels qu'une forte exposition au soleil et une teneur en eau du sol faible.

Conclusion / Ouverture

L'impact de la teneur en eau du sel apparaît donc comme une piste de lutte en inhibant la germination de l'espèce. Cette donnée est donc importante à considérer, lors de mise en place de gestion sur les sites colonisés par cette espèce exotique envahissante.

Il est intéressant de poursuivre l'expérience avec les graines de 2022, car même si les résultats n'étaient pas probants, le faible taux de germination peut s'expliquer par une trop courte période de dormance pour les graines. En effet, les graines récoltées n'ont été placées que quelques semaines au frais (4°C), or, pour de meilleurs résultats, il serait préférable de les laisser davantage de temps. Néanmoins, la cause de cette non-germination peut aussi provenir d'une mauvaise récolte des graines. En effet, si elles ont été récoltées trop tôt, les graines recueillies n'étaient peut-être pas matures.

V - Bibliographie

Baker B.H., Sultan S.E., Lopez-Ichikawa M., Waterman R., 2019. Transgenerational effects of parental light environment on progeny competitive performance and lifetime fitness. Philos. Trans. R. Soc. B 374, 20180182.

Baker B.H., Berg L.J., Sultan S.E., 2018. Context-dependent developmental effects of parental shade versus sun are mediated by DNA methylation. Front. Plant Sci. 9, 1251.

Caño L., Fuertes-Mendizabal T., García-Baquero G., Herrera M., and González-Moro M. B., 2016. CañoPlasticity to salinity and transgenerational effects in the nonnative shrub *Baccharis halimifolia* : Insights into an estuarine invasion. American journal of botany 103 : 808-820.

Calleja F., Ondiviela B., Juanes J.A., 2019. Invasive potential of *Baccharis halimifolia* : Experimental characterization of its establishment capacity. Environmental and Experimental Botany 162 : 444–454.

Fried G., Caño L., Brunel S., Beteta E., Charpentier A., Herrera M., Starfinger U., Panetta F.D., 2016. Monographs on Invasive Plants in Europe : *Baccharis halimifolia L.*, Botany Letters, 163:2, 127-153, DOI: 10.1080/23818107.2016.1168315.

Lázaro-Lobo A., Herrera M., Campos J.A., Caño L., Goñi E., Ervin G.N., 2020. Influence of local adaptations, transgenerational effects and changes in offspring's saline environment on *Baccharis halimifolia L*. under different salinity and light levels. Environmental and Experimental Botany 177 : 104 - 134.

Panetta F.D., 1979b. "The Effects of Vegetation Development Upon Achene Production in the Woody Weed, Groundsel Bush (*Baccharis halimifolia L.*)." Australian Journal of Agricultural Research 30 (6): 1053–1065.

Westman W.E., Panetta F.D., Stanley T.D., 1975. Ecological studies on reproduction and establishment of the woody weed, groundsel bush (*Baccharis halimifolia* L.: Asteraceae), Aust. J. Agric. Res., 26:855-70.

Volet 2b : Amorce de l'étude des conditions favorisant l'implantation de *Baccharis halimifolia*

I - Introduction

L'étude de la dynamique des populations passe aussi par l'étude des facteurs favorisant l'expansion de l'espèce. C'est pourquoi, les conditions favorisant l'implantation de *B. halimifolia* sont importantes à déterminer. Pour ce faire, des mesures relatives à la pédologie ont été récoltées afin de comparer les caractéristiques du sol, notamment la teneur en eau et la conductivité, en présence ou absence de *Baccharis*. Un transect a été réalisés le long d'un cœnocline partant du cœur du schorre, le but étant d'observer la répartition de l'espèce le long de ce transect. Par la suite, cette méthode devra être reconduite par la réalisation d'autres transects pour mettre en relation la pédologie, la topographie et la présence de *Baccharis*. Sachant que *B. halimifolia* peut se développer sur un large éventail de types de sols (Westman *et al.* 1975), les données collectées permettront aux gestionnaires une meilleure expertise dans la détection des sites favorables à l'implantation de l'espèce.

II - Matériels et méthodes

La méthode du transect a été utilisée sur le site de Brennec Nord (Locoal-Mendon). Un transect continu régulier d'une longueur de 70 m a été réalisé le long du gradient d'immersion propre au site. Des quadrats de 2m^2 ont été disposés tous les 1m le long du transect. Pour chaque quadrat, la densité en *Baccharis* a été déterminée par décompte du nombre d'individus présent. De plus, les paramètres édaphiques ont été déterminés grâce à un conductimètre (HH2 moisture meter - Wet sensor type wet 2). Cet outil de terrain a permis la mesure de la teneur en eau du sol, ainsi que de la conductivité du sol (conductivité de l'eau interstitiel, ECb).

III - Résultats

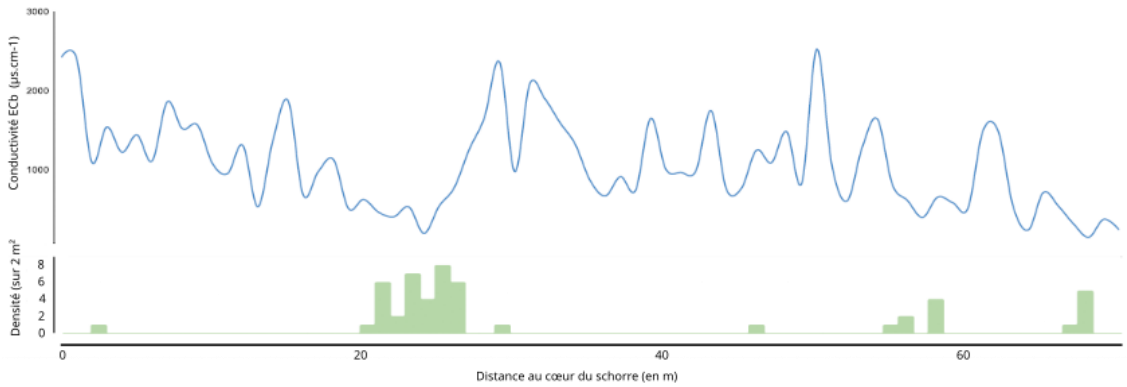


Figure II.15 : Transect réalisé sur le site de Brennec Nord indiquant la densité de *B. halimifolia* et la conductivité du sol le long de ce transect

Le *Baccharis* est présent principalement sur les quadrats qui ont une conductivité (et une teneur en eau) plus faible (figure II.15). Seule la conductivité a été représentée sur la figure II.15 car la teneur en eau du sol et la conductivité sont corrélées positivement (r = 0,871). La partie du transect où la conductivité est la plus basse est la zone où la densité de *B. halimifolia* est la plus importante. La densité de *Baccharis* et la conductivité sont corrélées négativement (r = -0.353), de même pour la densité de *Baccharis* et la teneur en eau du sol (r = -0.446).

IV - Discussion / Conclusion

La densité de *Baccharis* semble donc liée à la conductivité et à la teneur en eau du sol. *B. halimifolia* pousse de manière plus fréquente sur un sol humide à fort contenu organique (Westman *et al.,*1975 ; Boldt, 1987 ; Sims-ChiltonetPanetta, 2011). De plus, l'espèce a généralement une plus forte présence sur des sols présentant des niveaux modérés de salinité (Paudel et Battaglia, 2015). Néanmoins, d'autres expérimentations sont nécessaires pour définir si l'espèce s'est implantée sur les zones avec une conductivité et une teneur en eau plus basse, ou si la présence de *B. halimifolia* a modifié les conditions édaphiques.

V – Bibliographie

Boldt P. E., 1987. "Host Specificity and Laboratory Rearing Studies of Megacyllene mellyi (Coleoptera : Cerambycidae), a Potential Biological Control Agent of *Baccharis* NeglectaBritt. (Asteraceae). Proceedings of the Entomological Society of Washington 89 : 665–672.

Paudel S. and Battaglia L. L., 2015. "The Role of Light, Soil and Human Factors on the Probability of Occurrence of an Invasive and Three Native Plant Species in Coastal Transitions of Coastal Mississippi, USA." Journal of Plant Ecology 8 : 491–500.

Sims-Chilton N. M., Panetta F. D., 2011. "The Biology of Australian Weeds 58. *Baccharis halimifolia* L." Plant Protection Quarterly 26 (4) : 114–123.

Westman W.E., Panetta F.D., Stanley T.D., 1975. Ecological studies on reproduction and establishment of the woody weed, groundsel bush (*Baccharis halimifolia* L. : Asteraceae), Aust. J. Agric. Res., 26 :855-70.

Volet 3

Caractéristiques écophysiologiques de *Baccharis halimifolia*

Volet 3a :
Mesure de traits biologiques et paramètres abiotiques du sol

Volet 3b :
Marqueurs de stress : Osmolarité, teneur en sodium et potassium

Volet 3b :
Dosage des osmolytes par RMN-1H

SOMMAIRE

VOLET 3A : MESURE DE TRAITS BIOLOGIQUES ET PARAMÈTRES ABIOTIQUES DU SOL 32

I - INTRODUCTION 32
II - MATÉRIELS ET MÉTHODES 32
III - RÉSULTATS 38
IV - DISCUSSION/CONCLUSION 46
V - BIBLIOGRAPHIE 51
VI - ANNEXES : MESURE DE TRAITS BIOLOGIQUES ET PARAMÈTRES ABIOTIQUES DU SOL 52

VOLET 3B : MARQUEURS DE STRESS : OSMOLARITÉ, TENEUR EN SODIUM ET POTASSIUM 66

I - INTRODUCTION 66
II - MATÉRIELS ET MÉTHODES 66
III - RÉSULTATS 68
IV - DISCUSSION/CONCLUSION 69
V - BIBLIOGRAPHIE 69

VOLET 3C : DOSAGE DES OSMOLYTES PAR RMN-1H 70

I - INTRODUCTION 70
II - MATÉRIELS ET MÉTHODES 70
III - RÉSULTATS 71
IV - DISCUSSION / CONCLUSION 72
V - BIBLIOGRAPHIE 72

Volet 3a : Mesure de traits biologiques et paramètres abiotiques du sol

I - Introduction

Dans le cas d'une espèce exotique envahissante en expansion sur un territoire, l'étude des caractéristiques écophysiologiques de l'espèce est importante. En effet, ceux-ci peuvent différer en fonction des populations et du milieu sur lequel l'espèce s'établit. C'est pourquoi, la réalisation de mesures de traits biologiques et des paramètres abiotiques du sol est nécessaire pour discriminer s'il existe des différences inter-populationnels dans la Ria d'Etel.

II - Matériels et méthodes

Sur l'ensemble de la Ria d'Etel, 14 populations ont été retenues pour réaliser plusieurs mesures et suivis. Des mesures biotiques et abiotiques (figure III.1) ont été réalisées afin de caractériser les populations de *Baccharis halimifolia* de la Ria. Ces mesures ont été effectuées à différentes échelles, de la population dans son ensemble (sol compris), à l'individu, ainsi qu'à l'échelle d'une feuille.

Les populations ainsi que leur localisation sont présentées en figure III.2.

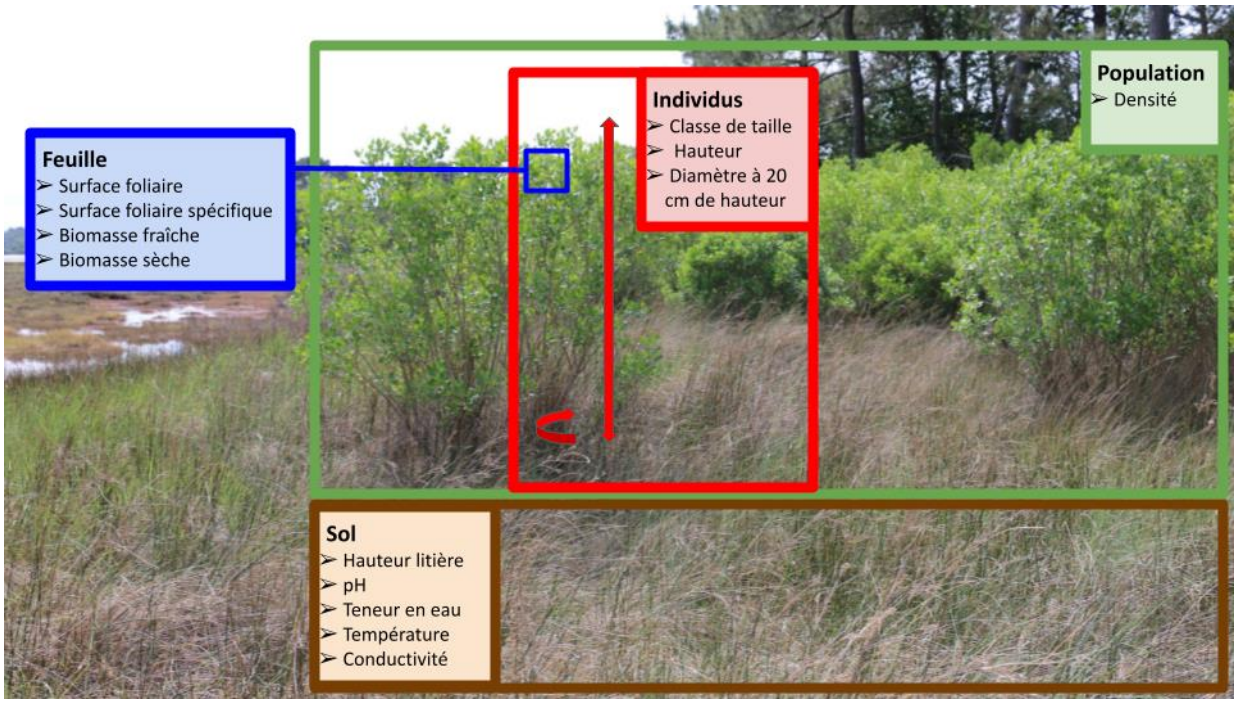


Figure III.1 : Schéma général des mesures réalisées in situ sur les populations de *B. halimifolia* de la Ria d'Etel

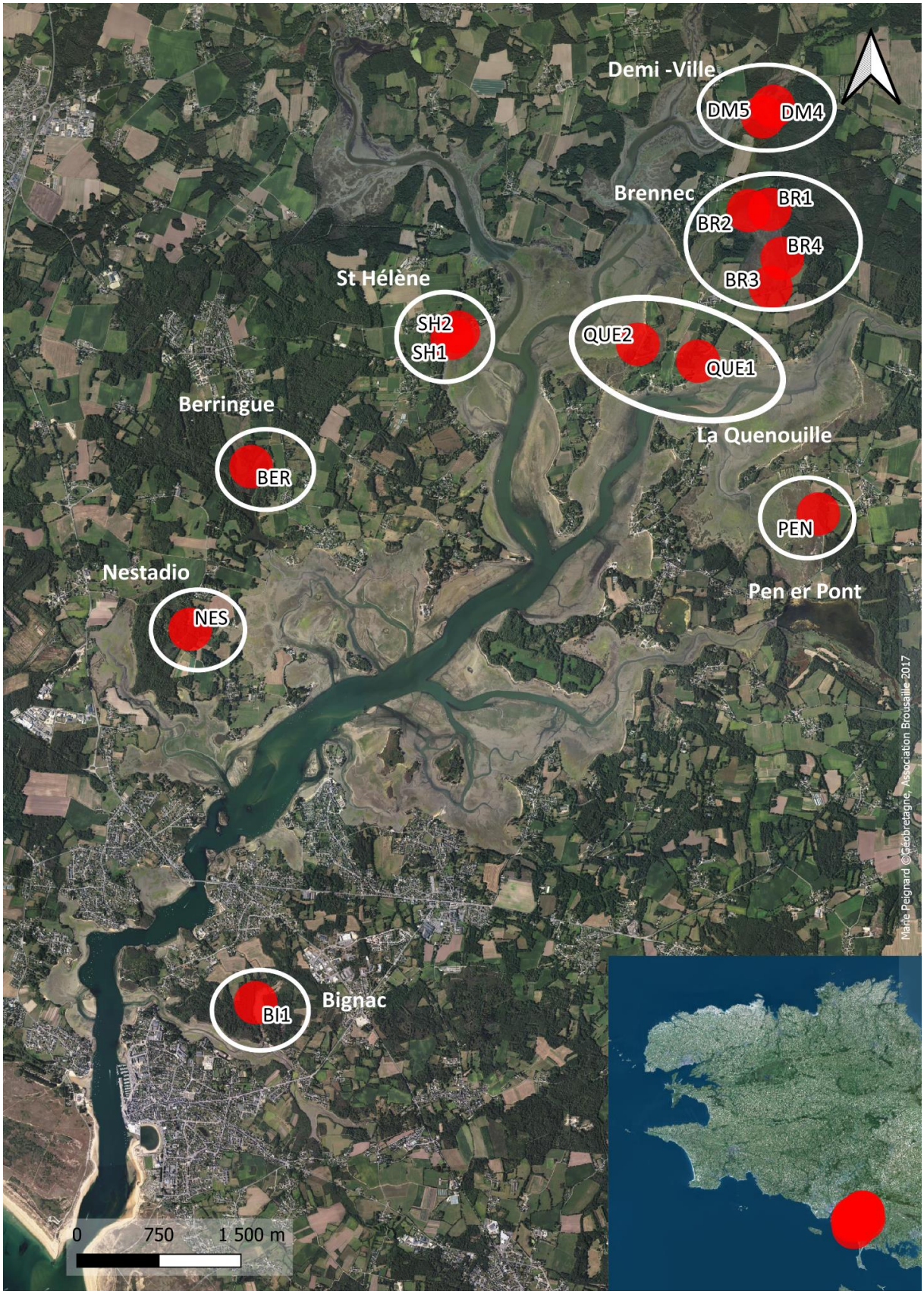


Figure III.2 : Localisation des populations de *B. halimifolia* échantillonnées pour la réalisation de mesure de traits biologiques et des paramètres abiotiques du sol

Mesure des traits biologiques

Pour la plupart des mesures réalisées, les individus ont été séparés en classes de tailles qui sont décrites dans la figure III.3.

Classe de taille	1	2	3	4	5
Hauteur (cm)	0 - 49,9	50 - 99,9	100 - 199,9	200 - 299,9	300 et +

Figure III.3 : Détail des classes de tailles pour *B. halimifolia*

Au niveau de la population

La densité du *Baccharis* a été déterminée par classes de tailles. Pour ce faire, un quadrat de 4 m² (figure III.4a) a été utilisé, avec 3 réplicats, pour chaque population. Les quadrats ont été placés aléatoirement sur les sites, avec pour seules conditions d'être au cœur de la population de *B.halimifolia* (pour ainsi éviter un effet bordure). Deux quadrats permanents ont également été posés pour suivre à l'avenir l'évolution du *Baccharis* post opérations d'arrachage manuel.

Au niveau de l'individu

Pour recueillir des données sur les populations de *Baccharis*, deux traits ont été mesurés sur les individus, à savoir, la hauteur et le diamètre à 20 cm de hauteur (figure III.1). Ces mesures ont été réalisées sur 10 individus pour chaque classe de tailles présente dans la population. Ainsi, entre 20 et 42 individus par population ont fait l'objet de ces mesures, pour un total de 432 individus échantillonnés tous sites confondus.

Au niveau de la feuille

De surcroît, sur les mêmes individus, des mesures sur les feuilles ont été faites. Pour un individu, 10 feuilles ont fait l'objet de mesures, soit pour un total de 4320 feuilles. La surface foliaire, ainsi que la biomasse foliaire fraîche (figure III.4b) et sèche ont été évaluées pour les 10 feuilles de l'individu puis rapportées à une valeur moyenne par feuille et par individu. De plus, avec ces données la LMA ("Leaf Mass per Area") a été calculée. Cette mesure correspond à la biomasse foliaire sèche par unité de surface et permet de comparer les différents individus entre eux. La différence entre la biomasse foliaire fraîche et sèche a aussi été calculée.

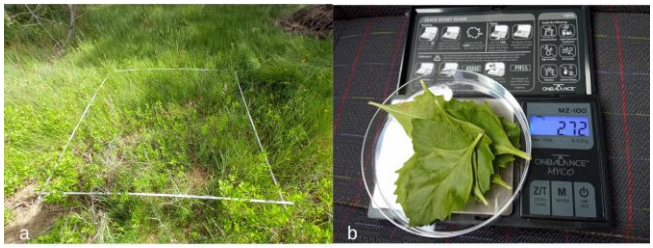


Figure III.4 : a : Quadrat posé à QUE2 le 09/06/2022, b : pesée de 10 feuilles de *B. halimifolia* avec une balance de précision

Paramètres abiotiques du sol

Sur le terrain, divers paramètres abiotiques ont été retenus pour caractériser les populations de *Baccharis halimifolia* de la Ria d'Etel. Certains paramètres ont été mesurés directement sur le terrain, d'autres en revanche ont nécessité des analyses en laboratoire. 5 réplicats par population ont été réalisés à chaque fois.

Hauteur de la litière

La hauteur de la litière a été déterminée grâce à un mètre. Il s'agit ici de déterminer la hauteur de l'horizon 0 qui est l'horizon organique, caractérisé par des débris végétaux identifiables.

Mesures effectuées grâce à un conductimètre

Un appareil spécifique a été utilisé pour récolter de nombreuses données directement sur les sites. L'appareil utilisé était une HH2 moisture meter - Wet sensor type wet 2. Cet outil de terrain à permis la mesure de la température du sol, de la teneur en eau du sol, ainsi que de la conductivité du sol. Cette mesure de la conductivité a été enregistrée en deux catégories : la conductivité de l'eau disponible pour la plante (ECb) et la conductivité de l'eau interstitiel (ECp).

Résistance mécanique

Connaître la résistance mécanique du sol permet de savoir quelle sera la qualité de l'implantation racinaire. Cette résistance mécanique du sol a été mesurée à l'aide d'un pénétromètre manuel sur une profondeur de 20 cm, avec un calibre variant de 1 à 2. La valeur indiquée par l'aiguille de manomètre a été notée [6].

Prélèvement et préparation des échantillons de sol

Des échantillons de sol ont été récupérés sur le terrain, puis stockés en chambre froide. Ils ont ensuite été séchés en étuve à 40°C pendant une semaine, puis tamisés à 2 mm. Le poids de la terre récoltée sur le terrain était d'environ 200 g de terre fraîche.

pH

Le pH peut avoir une forte incidence sur la banque de graines présente dans le sol. Cette mesure a été effectuée en laboratoire à partir de 4 g de terre préalablement séchée en suivant la méthode ci-dessus. Ces 4 g de terre ont été placés dans un pilulier avec 10 mL d'eau déminéralisés. Après

[6] La valeur de la résistance mécanique du sol se définit comme suit : (A/B)*10 (A : valeur lue sur le manomètre, B : aire de la base du cône, Conversion en Méga Pascal : *10)

agitation grâce à une baguette en verre, les solutions ont été laissées reposer 2h. La mesure du pH a ensuite été prise dans le liquide surnageant (figure III.5). Le pH-mètre utilisé était le “Features Lutron pH 220 S Soil pH meter”. L’électrode a ensuite été bien rincée avec de l’eau déminéralisée entre chaque échantillon. Avant toute utilisation du pH mètre, celui-ci a été calibré à l’aide de deux solutions témoins.

Figure III.5 : Différentes étapes de préparation de la terre et mesure du pH

Masse volumique

À partir de la terre sèche, le volume par gramme de terre à été déterminé en calculant le volume des piluliers occupé par la terre pour 4 g de terre puis converti pour 1 g de terre.

Suivis futurs

Afin d’amorcer un suivi sur un temps plus long, des quadrats permanents ont aussi été posés sur deux sites où des chantiers d'arrachage de *Baccharis* sont prévus fin 2022. Toutes les mesures précédemment citées ont été relevées, pour, par la suite, réaliser un suivi post chantier.

Analyse des données et statistiques

Tous les tests statistiques ont été réalisés sur R-Studio en utilisant les packages R Commander, FactoMineR et corrplot (RStudio 2022.07.1 Build 554 © 2009-2022 RStudio, PBC[7]). Les différents tests ont été fait avec un risque alpha de 0,05.

[7] https://www.rstudio.com/about/trademark/

Tout d'abord, la normalité des données, pour chaque variable, a été testée grâce au test de Shapiro. Avec H0 : l'échantillon suit une loi normale (p-value > 0.05) et H1 : l'échantillon ne suit pas une loi normale.

- ➔ Si les variables suivent une loi normale, un test de Bartlett a été réalisé (vérification de l'homoscédasticité des variances) puis un test paramétrique : l'ANOVA à un facteur (H0 : toutes les moyennes de la population sont égales, H1 : au moins une moyenne de la population est différente des autres). Si, H1 est vérifiée pour l'ANOVA, alors un test de TukeyHSD a été réalisé en tant que test post-hoc de comparaison multiple.
- ➔ Si les variables ne suivaient pas la loi normale, alors un test de Kruskal Wallis a été appliqué comme alternative non paramétrique au test ANOVA à un facteur (H0 : pas de différences significatives entre les moyennes, H1 : différences significatives entre les moyennes). Quand H1 était validé, un test post-hoc de comparaisons par paires a été appliqué, le test de Wilcoxon. Néanmoins, du fait que ce test se base sur des rangs et non des valeurs pouvait causer une perte d'information, voire des comparaisons impossibles.

De plus, le test de corrélations de Pearson a été réalisé entre diverses variables. Pour rendre le résultat des corrélations entre variable plus visuel, le package corrplot a été utilisé.

Une ACP a été effectuée sur l'ensemble des données collectées en utilisant les packages R Commander et FactoMineR et le plugin RcmdrPlugin.FactoMineR. Les différentes variables ont été préalablement centrées et réduites.

III - Résultats

Les corrélations entre variables

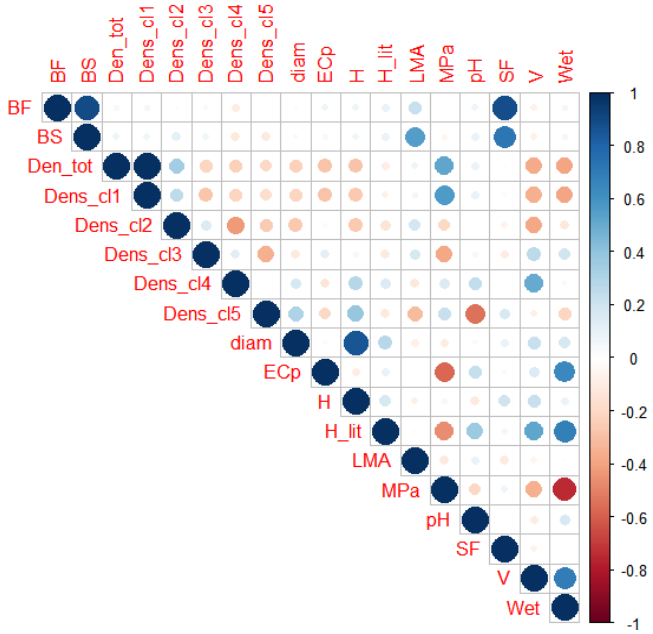


Figure III.6 : Matrice de corrélation entre toutes les variables mesurées in situ sur les populations de *B. halimifolia* de la Ria d'Etel. BF : Biomasse foliaire fraîche, BS : Biomasse foliaire sèche, Dens_tot : densité totale, Dens_cl1 : densité de la classe 1, Dens_cl2 : densité de la classe 2, Dens_cl3 : densité de la classe 3, Dens_cl4 : densité de la classe 4, Dens_cl5 : densité de la classe 5, diam : diamètre à 20 cm de hauteur, ECp : conductivité du sol, H : hauteur de l'individu, H_lit : hauteur de la litière, LMA : biomasse sèche par cm², MPA : résistance mécanique du sol, pH : pH du sol, SF : surface foliaire, V : masse volumique du sol, Wet : teneur en eau du sol

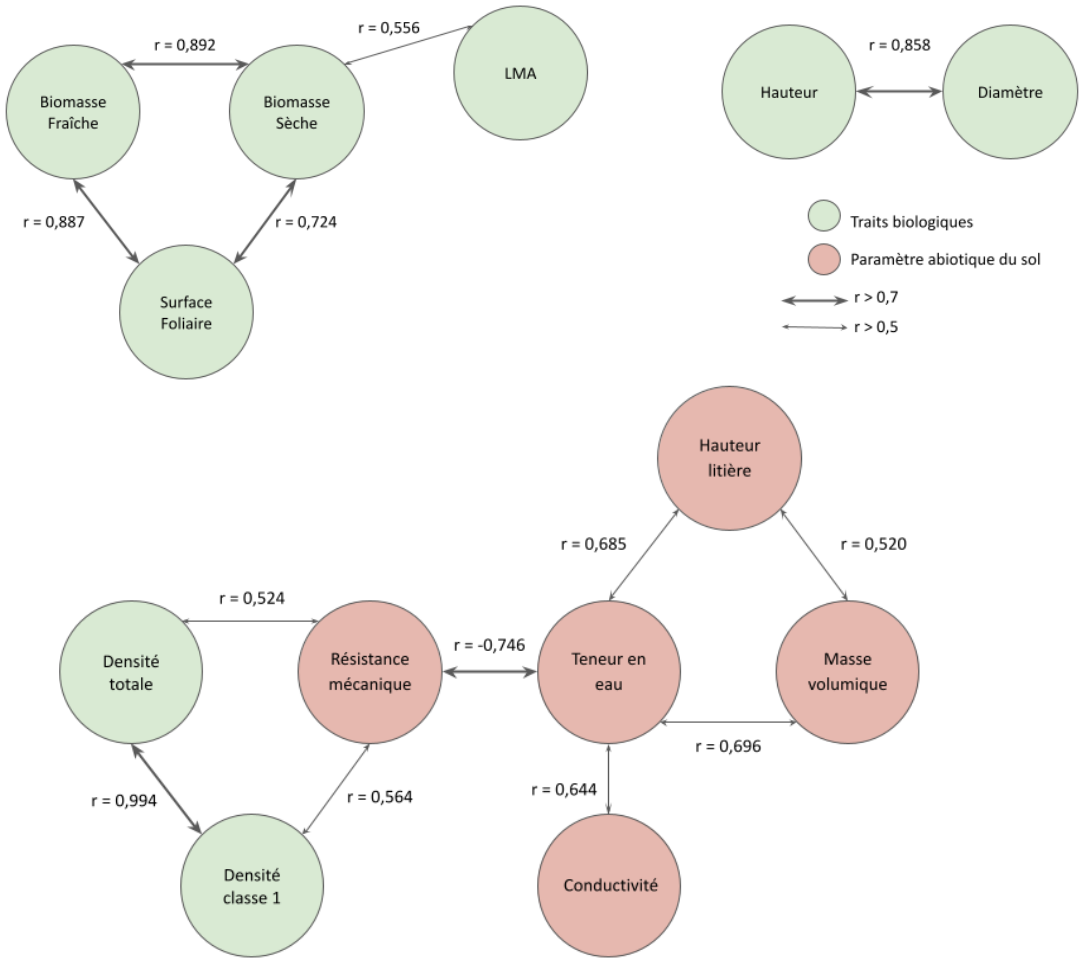


Figure III.7 : Schéma des corrélations les plus importantes au sein des variables étudiées

La matrice de corrélation (figure III.6) met en évidence entre les classes de tailles de *B. halimifolia*. Il y a une corrélation négative entre la classe 1 et toutes les autres classes (r compris entre -0.179 et -0.254) et il en est de même pour la classe 5 (r compris entre -0.004 et -0.358). La classe 2 possède une corrélation négative avec toutes les classes sauf la classe 3, de même pour la classe 4. La densité totale par population est quant à elle fortement corrélée avec la densité de la classe 1 (r = 0,994). Parmi les traits biologiques mesurés, la hauteur de l'individu et son diamètre sont corrélés positivement (r = 0.858) (figure III.6 et III.7). La biomasse fraîche, la biomasse sèche et la surface foliaire sont aussi corrélés entre eux (r entre 0,724 et 0,892) (figure III.6 et III.7). De plus, au sein des variables pédologiques, il existe aussi des corrélations entre facteurs. Une forte corrélation négative se trouve entre la teneur en eau du sol et la résistance mécanique (r = -0.746) (figure III.6 et III.7). La teneur en eau du sol, la hauteur de la litière et la masse volumique sont aussi des variables corrélées (r entre 0,520 et 0,696) (figure III.6 et III.7). De plus, la teneur en eau du sol est aussi corrélée avec la conductivité du sol (r = 0,644) (figure III.6 et III.7).

La densité

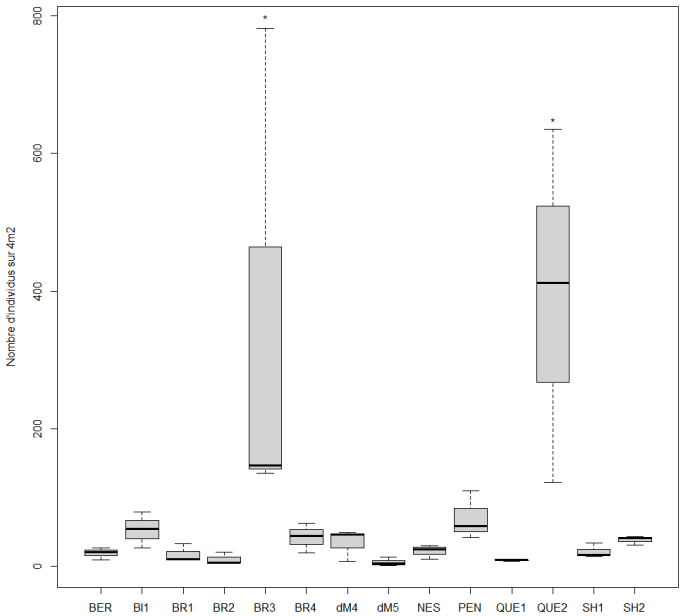


Figure III.8 : Densité de *B. halimifolia* sur 4 m² en fonction de chaque population

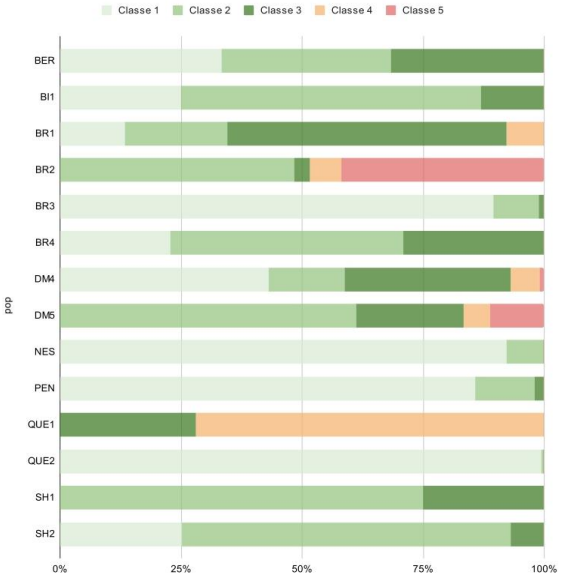


Figure III.9: Proportion des différentes classes de taille au sein de chaque population

La densité d'individus est plus forte sur les sites de QUE2 et de BR3 (p-value = 0.002387) (figure 7), avec des densités de plus de 65 individus au mètre carré en moyenne. Ces deux populations sont principalement constituées de jeunes individus appartenant majoritairement à la classe 1 (individus inférieurs à 50 cm de hauteur) (figure III.9). Ces deux sites ont subi d'importantes opérations

d'arrachage ces dernières années. En effet, antérieurement, elles étaient composées d'individus plus âgés formant de grands bosquets.

D'autre part, il y a une densité plus faible sur les sites de QUE1, BR2 et DM5 (figure III.8), qui possèdent des classes de taille plus importantes (classe 4 et 5), c'est-à-dire des individus supérieurs à 2 m de hauteur (figure III.9 et figure III.12).

Traits biotiques et classe de taille

En fonction des différents traits mesurés, il existe une différence significative entre les classes de tailles (p-value < 2.2e-16 pour toutes les modalités sauf SF où p-value = 1.428e-15) (figure III.11).

La hauteur étant corrélée au diamètre de l'individu (figure III.6 et III.7), la même répartition des classes de tailles est observée pour ces deux modalités (figure CL-a-b). Autrement dit, plus l'individu appartient à une grande classe de taille et plus il sera susceptible d'avoir un diamètre et une hauteur importante. La classe 1 a une surface foliaire, mais aussi une biomasse foliaire fraîche et sèche inférieure aux autres classes de tailles (figure CL c-d-e). Que ce soit pour la biomasse foliaire fraîche, sèche ou la LMA (BS/SF), les valeurs pour les classes 2 et 3 sont supérieures aux autres classes. A l'inverse, les classes 4 et 5 voient leurs valeurs diminuées pour ces paramètres. (figure 14-d-e-f). Les individus des classes 2 et 3 ont donc des feuilles plus grandes et plus lourdes comparativement aux autres classes de tailles (figure III.10).

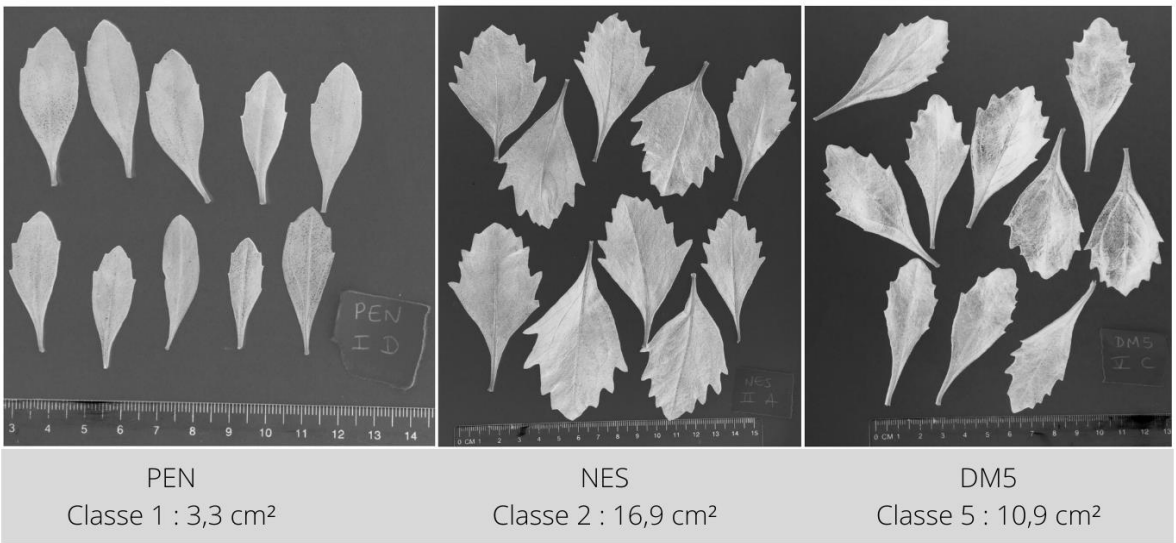


Figure III.10 : Exemple de photographies prises pour déterminer la surface foliaire (en cm^2 sur 10 feuilles)

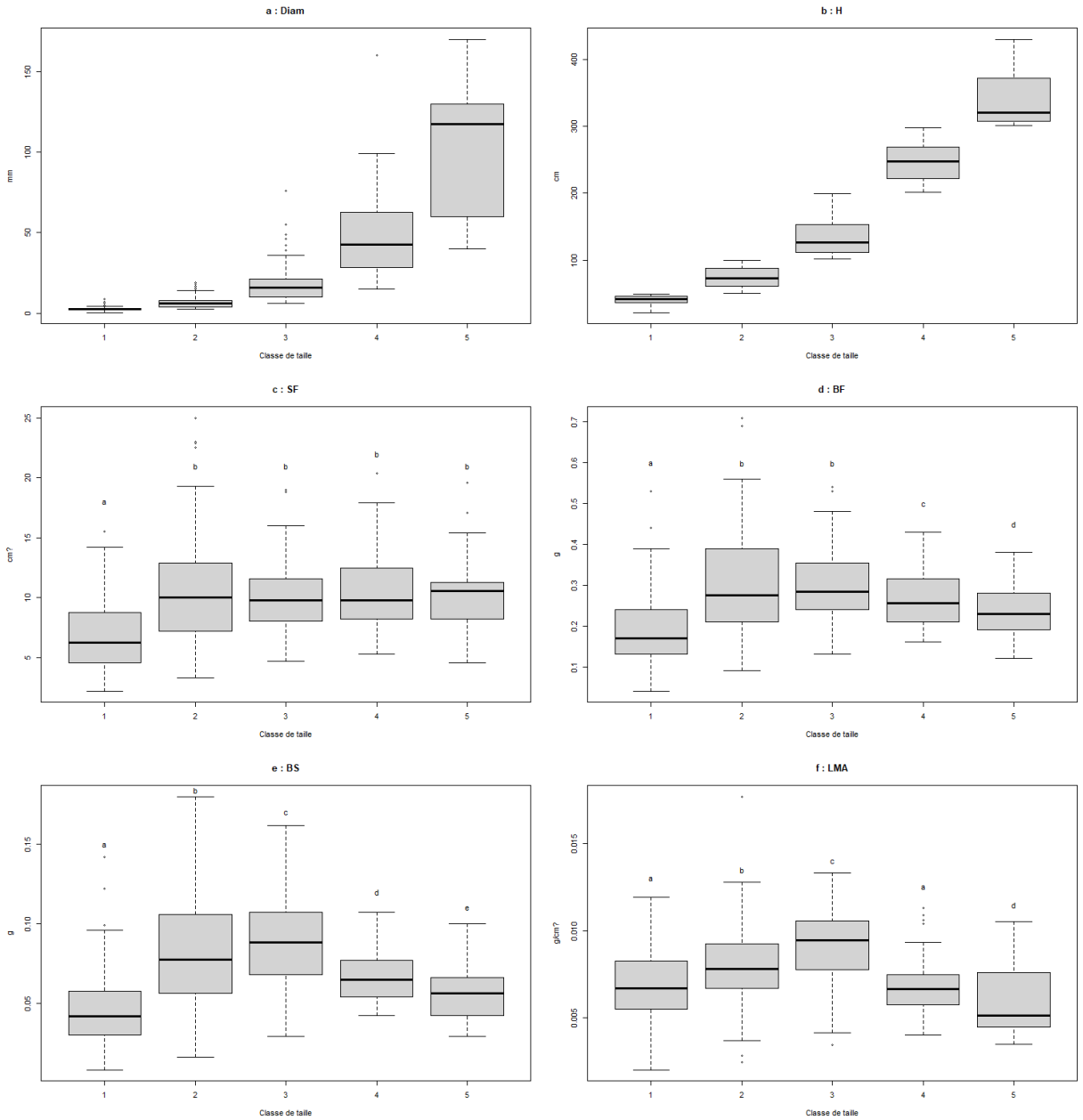


Figure III.11 : Box plot des différentes modalités mesurées en fonction de la classe de taille des individus (toutes populations confondues). a : diamètre à 20 cm de hauteur, b : hauteur, c : surface foliaire, d : biomasse foliaire fraîche, d : biomasse foliaire sèche, f : leaf mass per area (BS/SF)

Diversité inter-populationnelle et appariement de populations

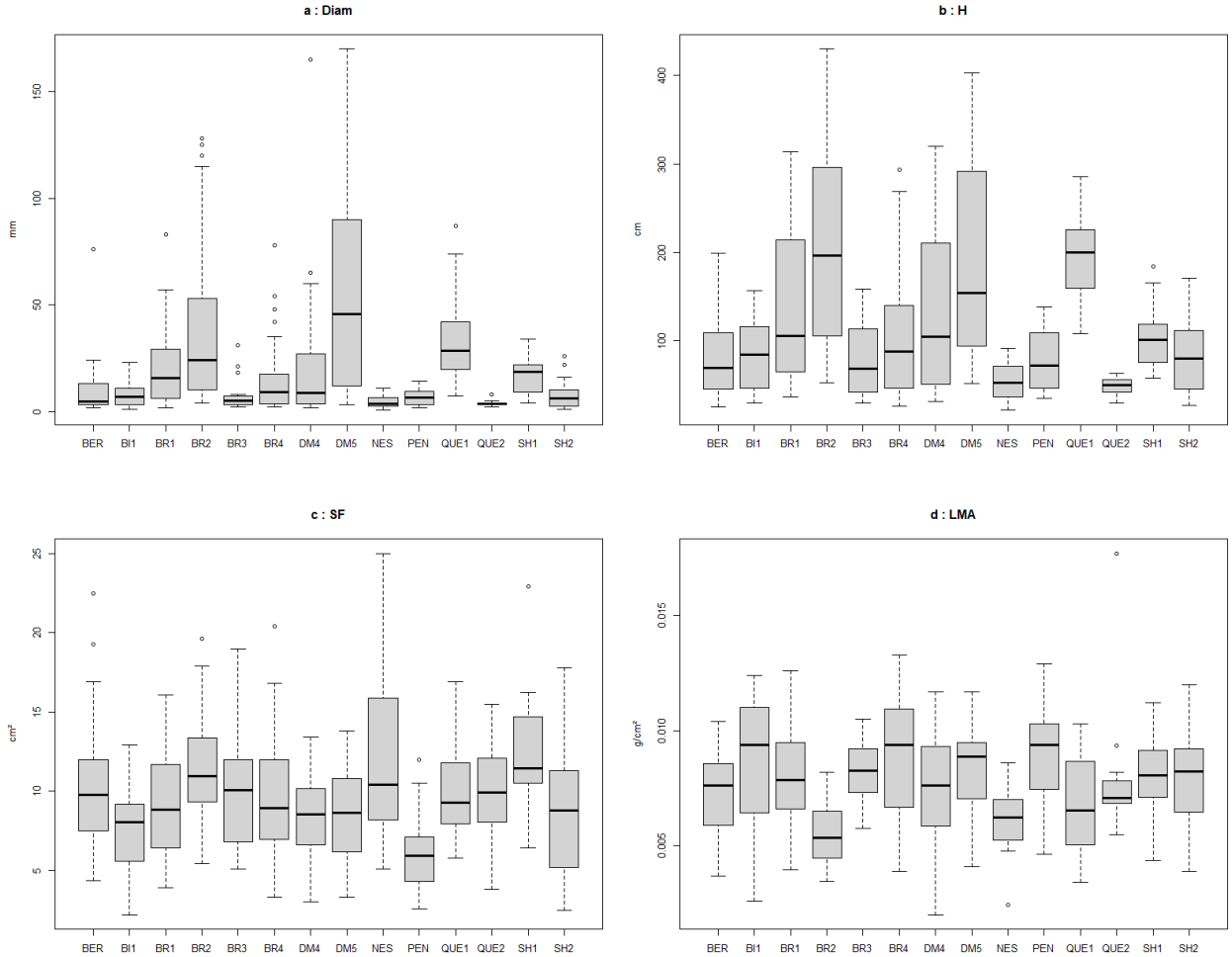


Figure III.12 : Box plot des différentes modalités en fonction des populations de *B. halimifolia*. a : diamètre à 20 cm de hauteur (p-value < 2.2e-16^{S}), b : hauteur (p-value < 2.2e-16^{S}), c : surface foliaire (p-value = 1.501e-12^{S}), d : leaf mass per area (p-value =1.579e-13^{S}); S : différence significative entre les populations

Les populations de *B. halimifolia* étudiées sont significativement différentes les unes des autres pour tous les traits mesurés (figure III.12).

Il y a une différence importante entre la biomasse foliaire fraîche et sèche, des feuilles de *B. halimifolia* (figure III.13). En effet, pour toutes les populations, les feuilles ont perdu plus de 65% de leur biomasse fraîche après étuve.

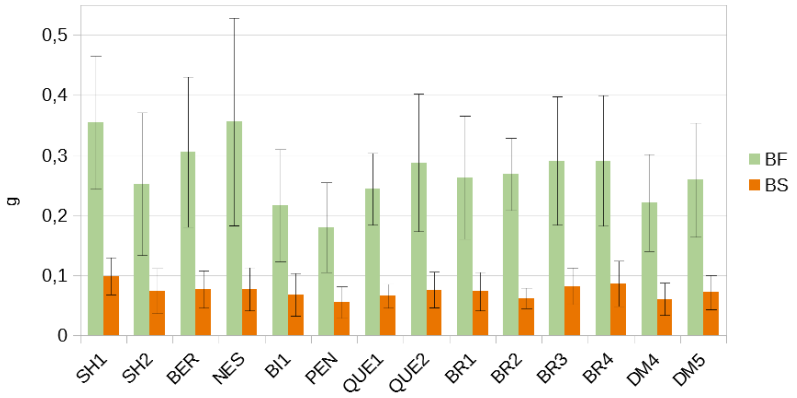


Figure III.13 : Biomasse foliaire fraîche (BF) et sèche (BS) moyenne par population de *B. halimifolia* en Ria d'Etel

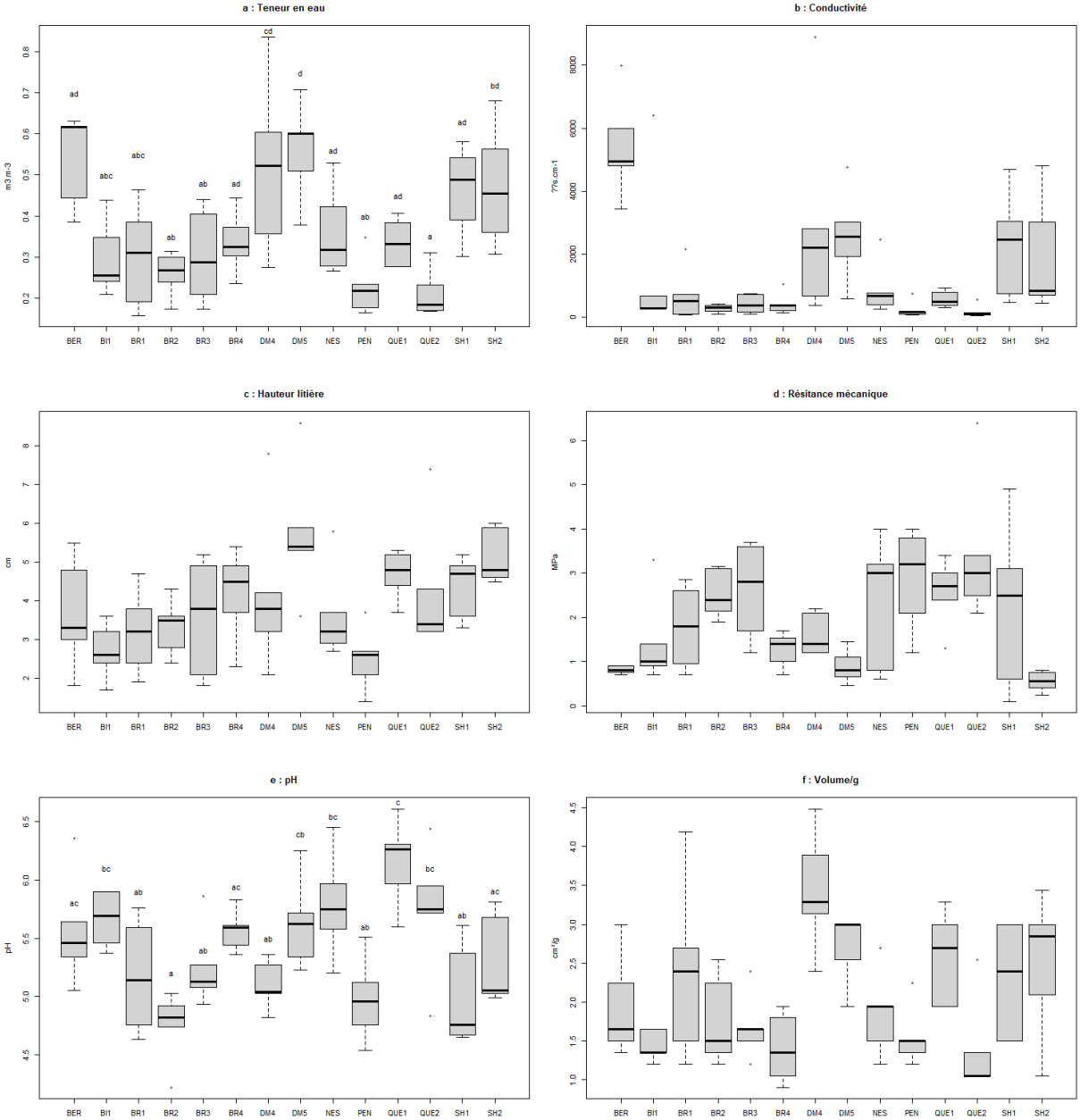


Figure III.14 : Box plot des différentes modalités relatives à la pédologie en fonction des populations de *B. halimifolia.* a : Teneur en eau (p-value = 0,000000615^{S}) , b : conductivité (p-value = 0,001996^{S}), c : hauteur de la litière (p-value = 0,01328^{S}), d : Résistance mécanique (p-value = 0,001501^{S}), e : pH (p-value = 0,0000202^{S}) , f : masse volumique (p-value = 0,002512^{S}). S : différence significative entre les populations

De même que pour les traits biologiques, les caractéristiques pédologiques du sol diffèrent d'un site à l'autre (figure III.14). Les sites de PEN et QUE2 ont un sol qui a une teneur en eau plus faible (figure III.14.a). Les sites de BER, DM4 et DM5 ont, à l'inverse, une teneur en eau des sols supérieure aux autres sites (figure III.14.a).

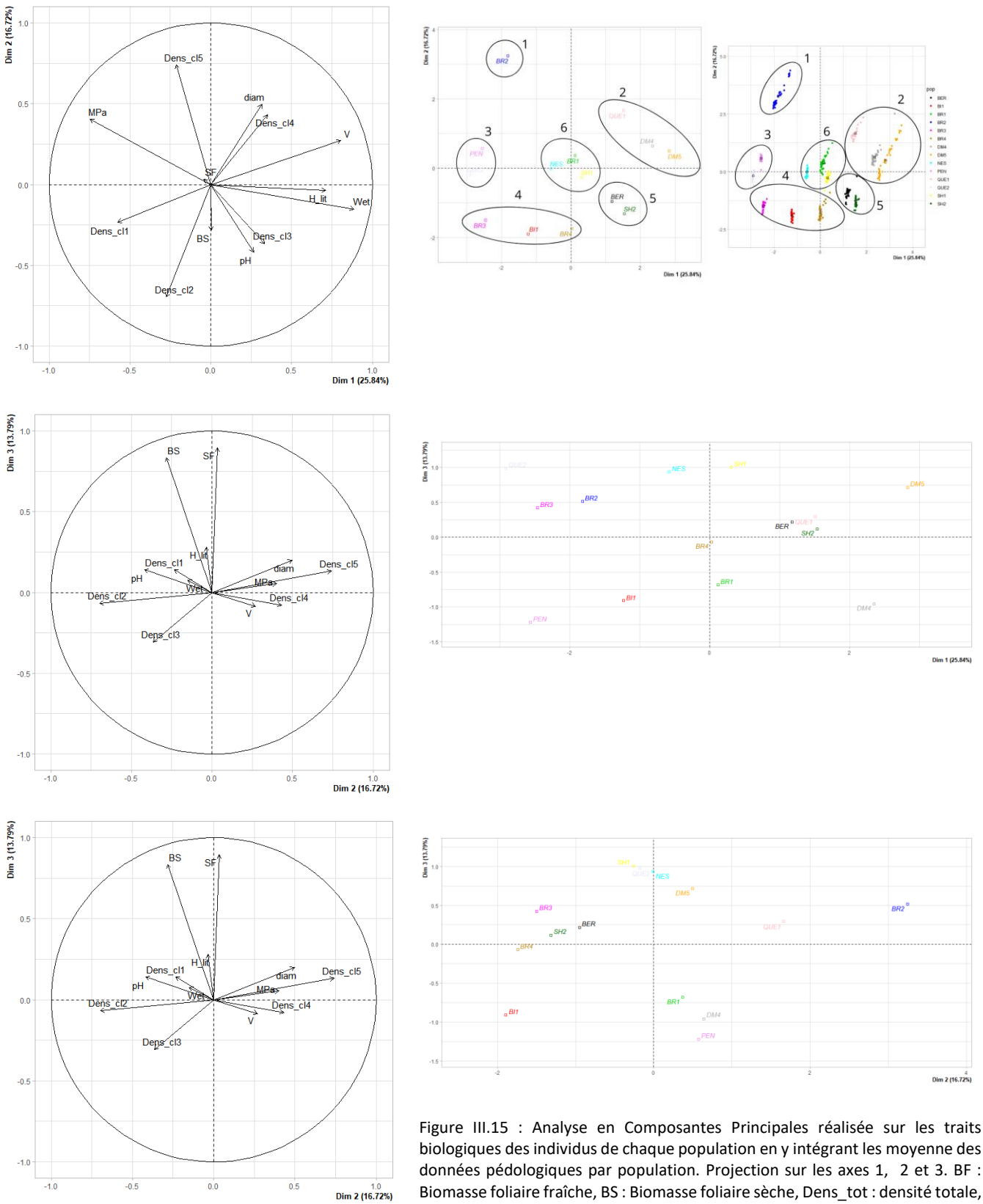


Figure III.15 : Analyse en Composantes Principales réalisée sur les traits biologiques des individus de chaque population en y intégrant les moyenne des données pédologiques par population. Projection sur les axes 1, 2 et 3. BF : Biomasse foliaire fraîche, BS : Biomasse foliaire sèche, Dens_tot : densité totale, Dens_cl1 : densité de la classe 1, Dens_cl2 : densité de la classe 2, Dens_cl3 : densité de la classe 3, Dens_cl4 : densité de la classe 4, Dens_cl5 : densité de la classe 5, diam : diamètre à 20 cm de hauteur, ECp : conductivité du sol, H : hauteur de l'individu, H_lit : hauteur de la litière, LMA : biomasse foliaire sèche par cm², MPA : résistance mécanique du sol, pH : pH du sol, SF : surface foliaire, V : masse volumique du sol, Wet : teneur en eau du sol

L'analyse des variables prises indépendamment ne permet pas de caractériser les populations, c'est pourquoi une ACP a été réalisée sur 432 individus. En raison de fortes corrélations entre variables (figure III.6 et III.7), seules 13 variables sur 18 ont été retenues. Le diamètre et la hauteur étant fortement corrélés, seul le diamètre a été retenu. Le LMA est une valeur issue de la biomasse sèche et de la surface foliaire, il a donc été mis de côté. De même, pour la biomasse foliaire, seule la sèche a été utilisée. Il existe une forte corrélation entre la densité totale et la densité de la classe 1, c'est pourquoi la variable classe 1 a été gardée. Enfin, la conductivité et la teneur en eau du sol sont aussi deux variables corrélées. La teneur en eau du sol a été retenue pour la réalisation de l'ACP.

Les axes 1, 2 et 3 représentent 68,36% des variances, soit 25,84% pour l'axe 1, 16,17% pour l'axe 2 et 13,01% pour l'axe 3 (figure III.15). L'axe 1 est corrélé avec la teneur en eau du sol (r = 0.88658311), la masse volumique du sol (r = 0.80560316) et la hauteur de la litière (r = 0.71291580). L'axe 2 est corrélé avec la densité de la classe 5 (r = 0.74204177) et est corrélé négativement avec la densité de la classe 2 (r = -0.69584440). Enfin, l'axe 3 est corrélé avec la surface foliaire (r = 0.89485177) et la biomasse foliaire sèche (r = 0.83449653).

A partir des de la projection des dimensions 1 et 2 (qui représente 42.01% des variables), les populations peuvent être regroupées en 6 groupes (figure ACP1), tous ces groupes ont été validés par le clustering présenté en figure III.15.

Le premier groupe correspond à BR2 qui présente une forte densité d'individus de classe 5 (figure III.8 et III.9) et des valeurs de teneur en eau du sol, masse volumique du sol et hauteur de litière plutôt basse (figure III.14). Le LMA est lui aussi faible (figure III.12).

Le deuxième groupement est composé de QUE1, DM4 et DM5, ces populations comportent majoritairement des individus de classe 4 (figure III.8 et III.9). De plus, les variables pédologiques ont de fortes valeurs (figure III.14). Néanmoins, grâce à la projection de la dimension des dimensions 1 et 3 (figure III.15), il apparaît que ces 3 populations diffèrent de par les variables : surface foliaire et biomasse foliaire sèche, avec des valeurs plus importantes pour DM5, puis QUE1 et enfin de faible valeur pour DM4 (figure III.12).

PEN et QUE2 forment le troisième groupement caractérisé par de faibles valeurs pour les variables teneur en eau et conductivité du sol avec une forte résistance mécaniques (figure III.14). La densité dans ces deux populations est importante et elles sont dominées par de petits individus (classe 1 et 2). Néanmoins, grâce aux projections des dimensions 1-3 et 2-3, ces populations diffèrent de par leur surface foliaire et biomasse foliaire sèche, avec des valeurs plus importantes retrouvées à QUE2 (figure III.12).

Le quatrième groupement est composé de BR3, BI1 et BR4, ces populations ont une forte densité de petites classes (classe 1, 2 et 3) (figure III.8 et III.9). Ces populations ont aussi une valeur de LMA importante.

Le cinquième groupement de populations constitué de BER et SH2 présente les mêmes caractéristiques sur les 3 axes. En effet, ces deux populations ont des teneurs en eau du sol, masses volumiques du sol et hauteur de litière importantes (figure III.14). De plus, elles sont caractérisées par une densité de classe 3 forte (figure III.8 et III.9), et présentent des sols avec une valeur de pH importante (figure III.14).

Enfin, le sixième groupement n'est pas bien représenté sur la projection avec les dimensions 1-2. En revanche, grâce aux projections des dimensions 1-3 et 2-3 (figure III.15), NES et SH1 forment un type de population avec une biomasse foliaire sèche et une surface foliaire très importante, contrairement à BR1 (figure III.12). BR1 possède aussi davantage de densité de classe 3(figure III.8 et III.9).

Les populations de *Baccharis halimifolia* présent sur la Ria d'Etel peuvent donc être classées en différents groupes (figure III.15). La population qui ressort est BR2 car elle se différencie beaucoup des autres populations en formant un type de population âgé, avec des individus les plus hauts.

IV - Discussion/Conclusion

La densité de *B. halimifolia* varie entre populations et reflète une partie de l'histoire du site. En effet les populations composées d'individus hauts et larges, et qui ont une densité faible, sont d'anciennes populations. Parmi ce type de population, il y a Brennec 2 (BR2), la Quenouille 1 (QUE1), 2 populations de Demi-ville (DM4 et DM5). Un autre type de population est observé sur la Ria, avec une densité très forte d'individus. Il s'agit de Brennec 3 (BR3) et la Quenouille 2 (QUE2), dont l'histoire de la gestion du site explique la forte densité observée. Par le passé, ces sites étaient composés de grands bosquets de *Baccharis* plutôt âgés qui ont fait l'objet de chantiers d'arrachages il y a quelques années. L'arrachage et l'élagage de ces grands individus a permis la germination et la croissance de la banque de graines contenue dans le sol. En effet, une fois établi, l'arbuste bloque la lumière aux autres espèces, modifiant les conditions microclimatiques et entraînant une réduction des espèces herbacées (Muller, 2004), c'est pourquoi la densité des anciennes populations composées de grands individus inhibe la germination de la banque de graines présente dans le sol par compétition. Lorsque ces grands individus sont coupés ou arrachés, les graines présentes dans le sol sont alors davantage susceptibles de germer. Les populations de BR3 et QUE2, au vu de l'ancienne population, doivent contenir d'importantes banques de graines dans leur sol, d'où une densité si élevée. Il est alors important de revenir faire des chantiers d'arrachage sur ces sites chaque année pour épuiser la

banque de graines. Les graines ont la capacité de germer rapidement lorsque les conditions sont favorables ; Westman *et al.* (1975) ont montré que la plupart des graines germent dans un délai d'un mois après la formation des graines. Néanmoins, la banque de semences peut persister pendant au moins 2 ans dans le sol (Panetta, 1979a, 1979b).

Dans le cas des populations avec une densité intermédiaire, cette densité dépend principalement des classes de tailles présentent et de l'âge de la population. Quand beaucoup de classe 1 sont présents, peu ou pas de classe 5 y sont. Inversement, une population avec des classes de taille 4 et 5 comportera une faible densité en individus de classe 1.

La mesure de traits biologiques sur les 14 populations ciblées lors de ce stage, montre que ces traits diffèrent entre les populations. La différence la plus frappante est la différence de taille globale des individus (ainsi que le diamètre à 20 cm de hauteur). Cette différence dépend principalement de l'âge de la population, même si au-delà de 3,5 m de hauteur il est davantage difficile de dater une population.

A partir des résultats, plusieurs caractéristiques sont communes à certaines populations. Il est alors possible de former des groupements à partir des populations appariées.

Le site de Beringue (BER) et de Saint Hélène 2 (SH2) forme un type de population bien distinct, avec une densité de d'individus de classe 3 importante, et un sol avec une forte teneur en eau. La teneur en eau des sites dépend principalement de la proximité de la mer et du batillage des marées. De plus, pour le cas de BER, la forte teneur en eau dépend d'une immersion volontaire du site par le propriétaire. En effet, principalement l'été, quand il estime que le niveau est trop bas dans l'étang, il fait entrer de l'eau sur le site en profitant de grands coefficients de marée. Cette méthode a permis la mort sur pied d'un bon nombre de *Baccharis* (figure III.16).

Figure III.16 : Site de Berringue 56680 Plouhinec, France

En Ria d'Etel il y a aussi des populations composées majoritairement de classe 4 et 5. La Quenouille 1 (QUE1), et les sites de la Demi-ville 4 et 5 (DM4 et DM5) sont caractérisés par une teneur en eau importante, une masse volumique du sol et une hauteur de litière élevée. Le volume de terre sèche par gramme dépend de la composition du sol, un sol plus argileux étant plus lourd pour un même volume.

En opposition, ces caractéristiques pédologiques sont faibles sur le site du Brennec 2 (BR2), qui compte une forte densité en individus de classe 5. Le site de BR2 diffère de toutes les autres populations, il est situé dans une parcelle entourée de talus et forme un bosquet dense de *Baccharis*. C'est aussi la population avec le LMA le plus faible, c'est-à-dire que les feuilles des individus appartenant à cette population ont une masse moindre par centimètre carré que les feuilles des autres populations. Cette différence peut, peut-être, s'expliquer du fait que les individus sont grands et âgés avec beaucoup de ramifications. Leur nombre de feuilles par arbre est donc important et les ressources allouées à une seule feuille sont sûrement moindres.

Le *Baccharis* colonise aussi les sites de Pen er pont (PEN) et la Quenouille 2 (QUE2), où la teneur en eau est faible. PEN est la population avec la surface foliaire la plus faible, or cette population se situe sur un site fortement exposé au soleil une grande partie de la journée. Les différences de surface foliaire entre populations peuvent donc davantage s'expliquer par l'environnement où se trouvent celles-ci. PEN est aussi caractérisé par une résistance mécanique du sol importante. D'après les observations faites sur le terrain, la résistance du sol semble influencer la croissance du *Baccharis*. En effet, les individus poussant sur les sols à forte résistance mécanique semblent posséder un système racinaire traçant, avec des individus durs à arracher manuellement. A contrario, là où le sol est peu compact, les racines semblent se développer davantage en profondeur.

Même si le *Baccharis* a la capacité de germer à de fortes concentrations en sel ; en colonisant les communautés estuariennes où les valeurs de salinité des eaux souterraines varient de 5 à 30 $g.L.^{-1}$ de NaCl (Caño *et al.*, 2014) ; les populations de *Baccharis* de la Ria sont présentes sur des sites avec une salinité modérée. Les valeurs de conductivité les plus fortes sont retrouvées à BER, DM4 et DM5 qui sont des milieux soumis à la marée et donc à l'influence de l'eau de mer. En revanche, à PEN, la conductivité est plus faible, du fait de la distance entre l'eau de mer et la population.

Nestadio (NES) et Saint Hélène 1 (SH1) forment un groupement caractérisé par une surface foliaire et une biomasse foliaire importante. Ces deux populations ont une densité d'individus de classe 3

élevée. Au vu des résultats, il apparaît que les individus des classes 2 et 3 ont des feuilles plus grandes et plus lourdes comparativement aux autres classes de tailles. Ces classes de tailles semblent donc allouer davantage de ressources à la croissance et au développement de leurs feuilles. Enfin, pour NES et SH1 le *Baccharis* se développe sur des sols avec un pH basique.

Enfin, Bignac 1, Brennec 3 et 4 sont principalement différenciés des autres populations pas leur composition en petite classe de taille (1 et 2). Ces populations ont subi des opérations d'arrachage ces dernières années, ce sont donc des populations en reconstitution.

Toutes les caractéristiques des populations de *B. halimifolia* présentes sur la Ria d'Etel sont détaillées en annexes. Cette annexe comprend des fiches qui serviront pour les prochaines phases de terrain.

La figure III.15 représente les trois grands types de populations présentes sur la Ria que sont : les populations jeunes, les populations âgées et les populations intermédiaires. D'après cette cartographie (figure III.17) l'origine de *Baccharis halimifolia* en Ria d'Etel semblerait être au nord-est de la rivière d'Etel. Le *Baccharis* aurait alors colonisé l'ensemble de Ria depuis ce secteur. Néanmoins, des analyses génétiques confirment ou non cette hypothèse.

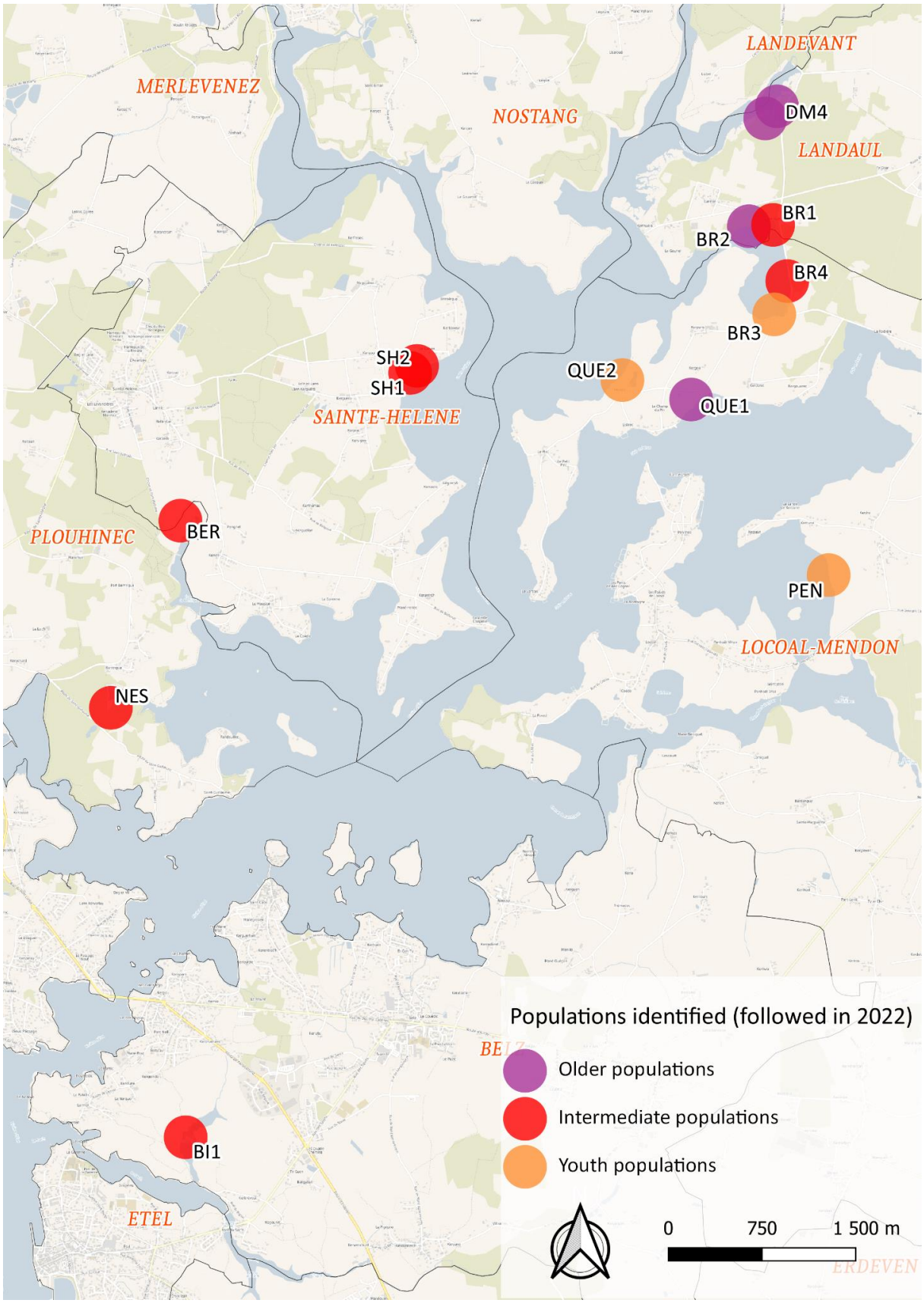


Figure III.17 : Cartographie des trois grands types de populations de *B. halimifolia* présents en Ria d'Etel

V - Bibliographie

Caño L., Campos J. A., García-Magro D., and Herrera M, 2014. "Invasiveness and Impact of The Non-native Shrub *Baccharis halimifolia* In Sea Rush Marshes: Fine-Scale Stress Heterogeneity Matters." Biological Invasions 16 (10) : 2063–2077.

Muller S., 2004. Plantes invasives en France Museum National d'Histoire Naturelle, Paris.

Panetta F.D., 1979a. "Germination and Seed Survival in the Woody Weed, Groundsel Bush (*Baccharis halimifolia L*.)." Australian Journal of Agricultural Research 30 (6): 1067–1077.

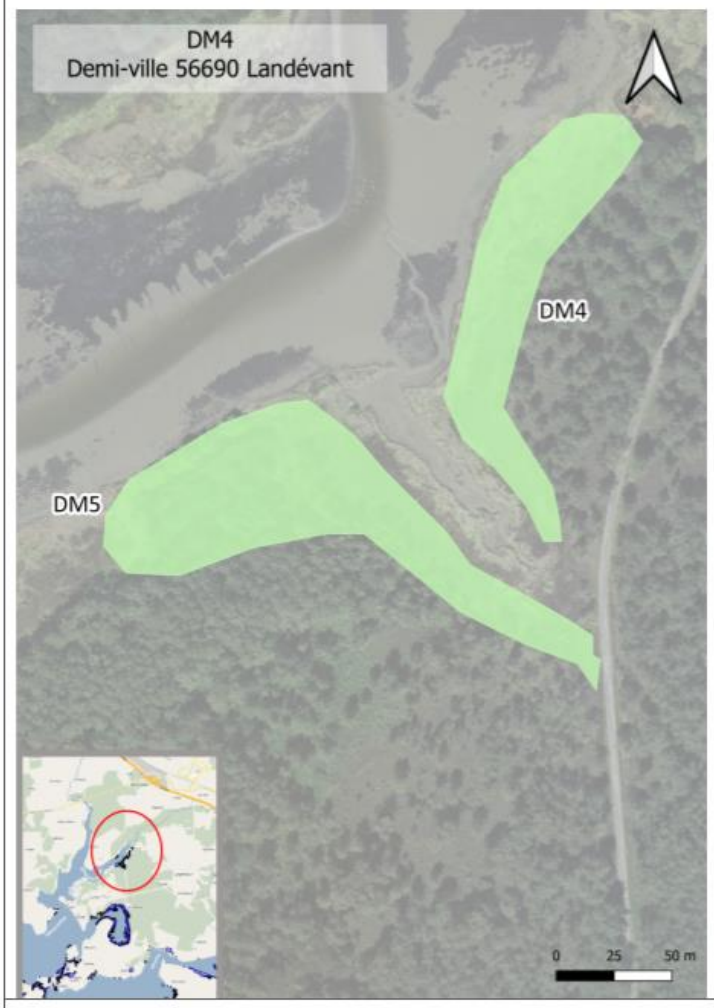
Panetta F.D., 1979b. "The Effects of Vegetation Development Upon Achene Production in the Woody Weed, Groundsel Bush (*Baccharis halimifolia L*.)." Australian Journal of Agricultural Research 30 (6): 1053–1065.

Westman W.E., Panetta F.D., Stanley T.D., 1975. Ecological studies on reproduction and establishment of the woody weed, groundsel bush (*Baccharis halimifolia* L.: Asteraceae), Aust. J. Agric. Res., 26:855-70.

VI - Annexes : Mesure de traits biologiques et paramètres abiotiques du sol

Nom population : DM4

Localisation : Demi-ville 56690 Landevant



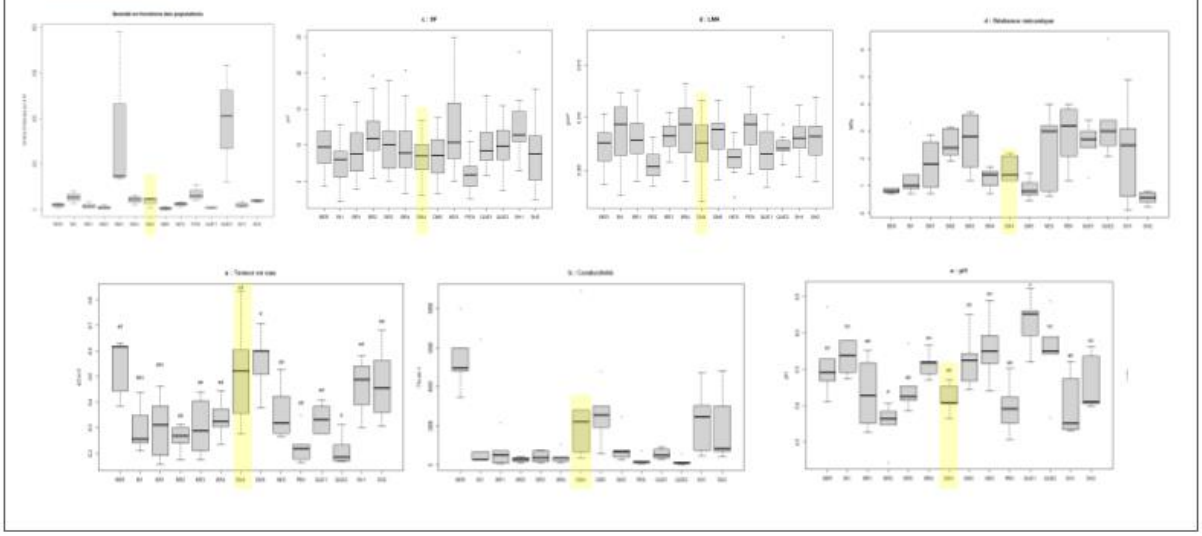
Chantiers prévus : Arrachage manuel

Caractéristiques :

Dens_cl1	Dens_cl2	Dens_cl3	Dens_cl4	Dens_cl5	Den_tot
2,75000	1	2,1875	0,375	0,0625	6,375

Wet	ECb	H_lit	MPa	pH	V	S
0,51920	2997	4,22	1,62	5,104	3,440138203	1,8072

Remarques :



Nom population : DM5

Localisation : Demi-ville 56690 Landevant

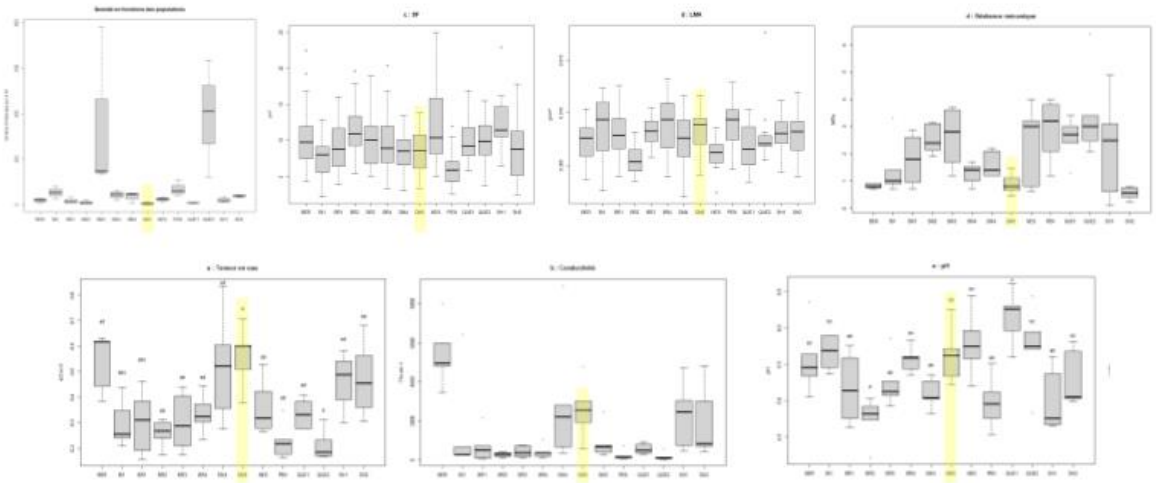
Chantiers prévus : Broyage + Arrachage manuel

Caractéristiques :

Dens_cl1	Dens_cl2	Dens_cl3	Dens_cl4	Dens_cl5	Den_tot
0,00000	0,6875	0,25	0,0625	0,125	1,125

Wet	ECb	H_lit	MPa	pH	V	S
0,55960	2574,4	5,76	0,89	5,632	2,692282072	1,388

Remarques :



Nom population : BR1

Localisation : Brennec 56550 Locoal-Mendon

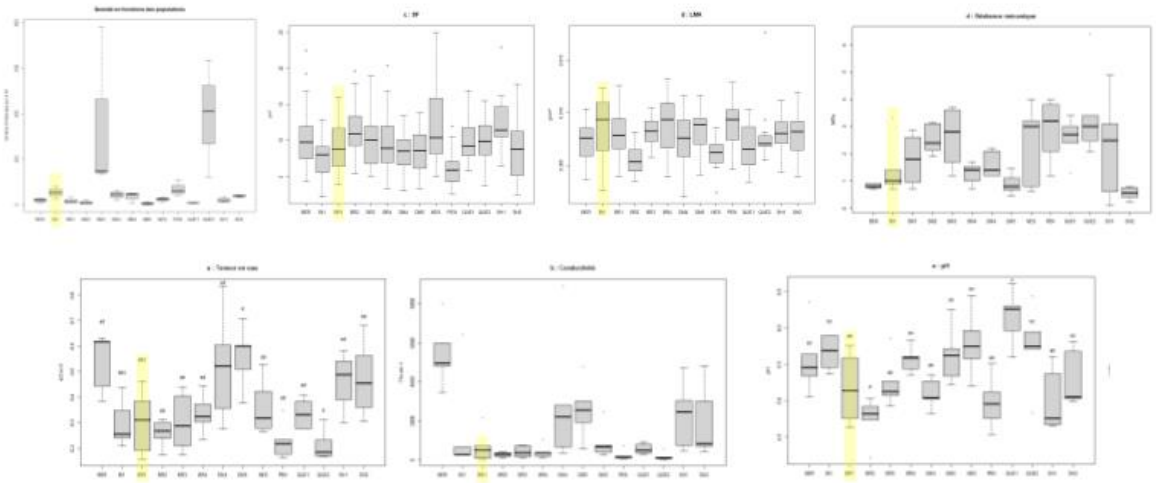
Chantiers prévus : Arrachage manuel

Caractéristiques :

Dens_cl1	Dens_cl2	Dens_cl3	Dens_cl4	Dens_cl5	Den_tot
0,43750	0,6875	1,875	0,25	0	3,25

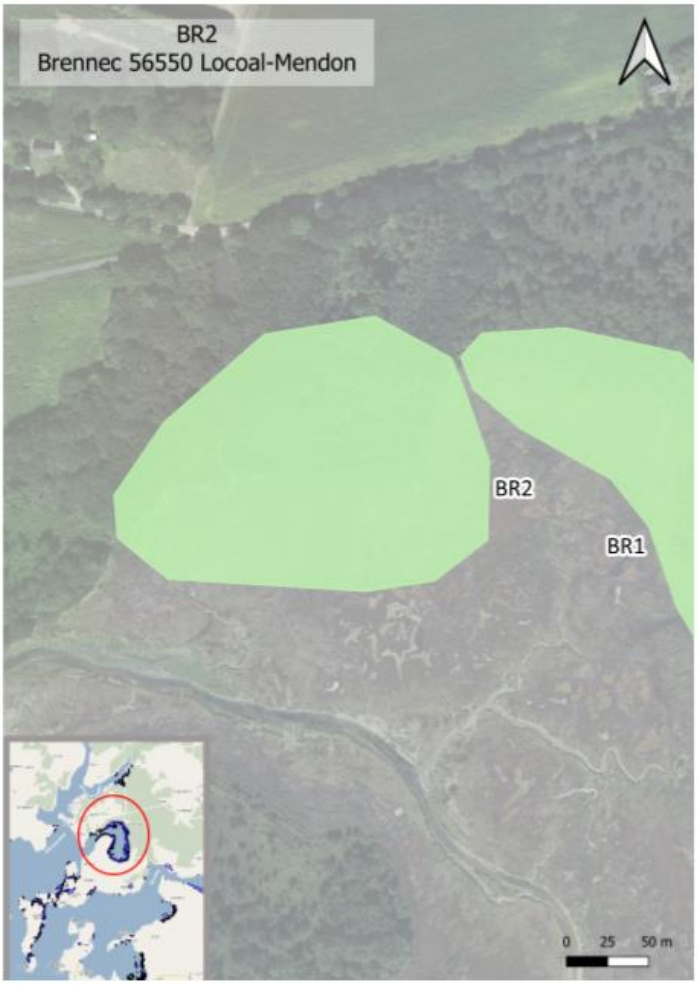
Wet	ECb	H_lit	MPa	pH	V	S
0,30060	717,6	3,2	1,78	5,176	2,39313962	0,3272

Remarques :



Nom population : BR2

Localisation : Brennec 56550 Locoal-Mendon



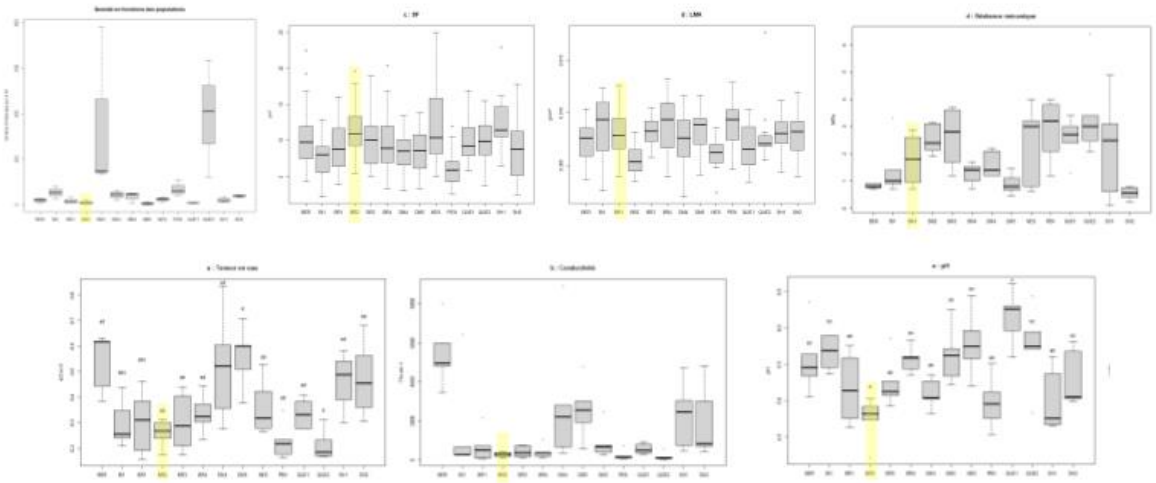
Chantiers prévus : Broyage

Caractéristiques :

Dens_cl1	Dens_cl2	Dens_cl3	Dens_cl4	Dens_cl5	Den_tot
0,00000	0,9375	0,0625	0,125	0,8125	1,9375

Wet	ECb	H_lit	MPa	pH	V	S
0,25860	279,8	3,32	2,54	4,746	1,76494047	0,126

Remarques :



Nom population : BR3

Localisation : Brennec 56550 Locoal-Mendon

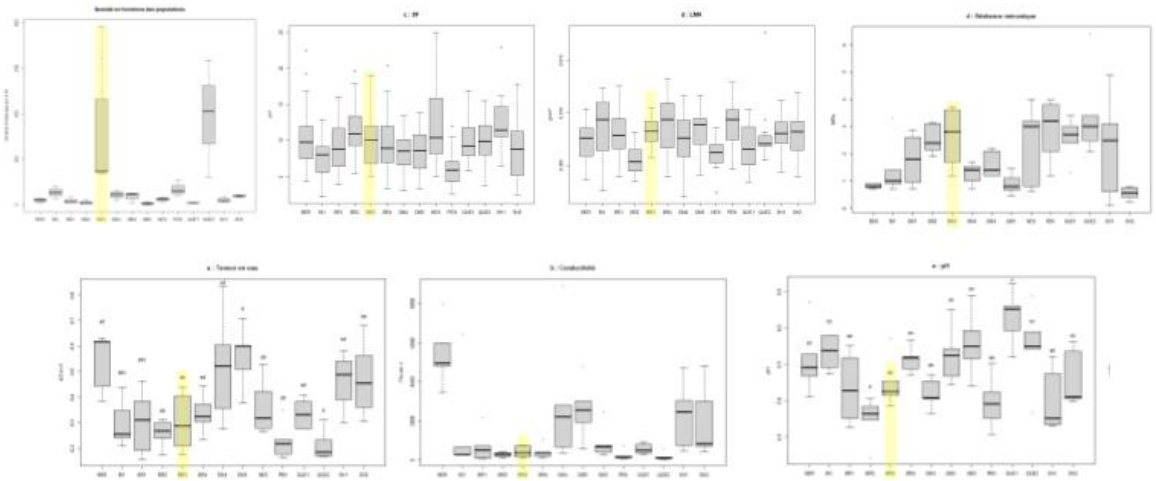
Chantiers prévus : Arrachage manuel

Caractéristiques :

Dens_cl1	Dens_cl2	Dens_cl3	Dens_cl4	Dens_cl5	Den_tot
59,50000	6,3125	0,6875	0	0	66,5

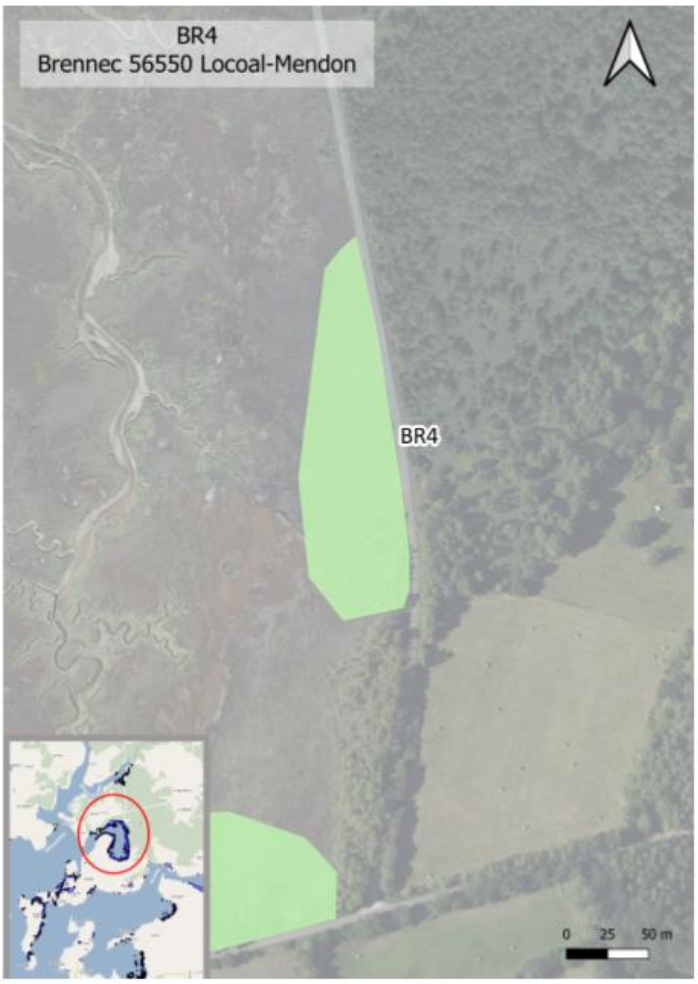
Wet	ECb	H_lit	MPa	pH	V	S
0,30260	425,2	3,56	2,6	5,254	1,675197734	0,1874

Remarques :



Nom population : BR4

Localisation : Brennec 56550 Locoal-Mendon



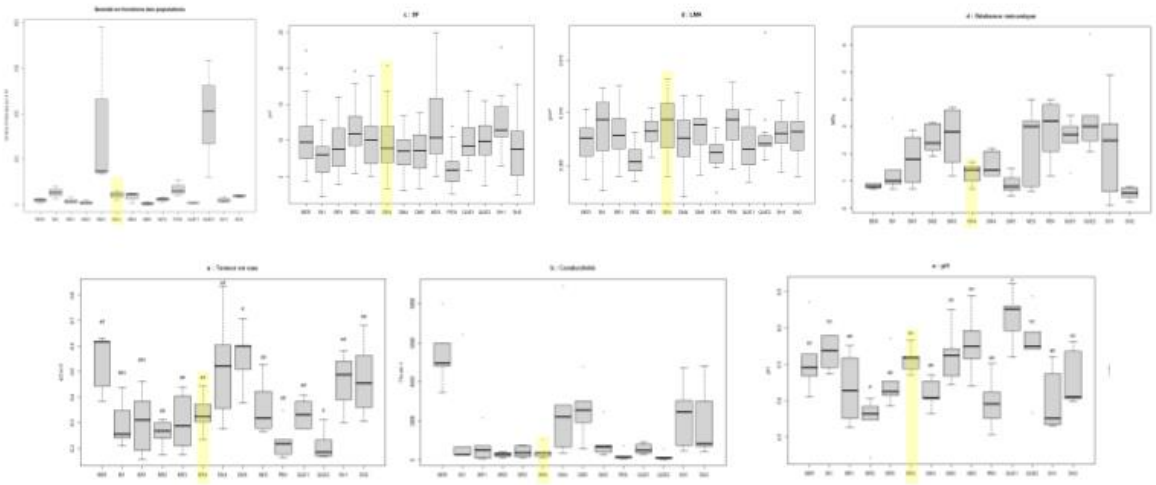
Chantiers prévus : Arrachage manuel

Caractéristiques :

Dens_cl1	Dens_cl2	Dens_cl3	Dens_cl4	Dens_cl5	Dens_tot
1,81250	3,8125	2,3125	0	0	7,9375

Wet	ECb	H_lit	MPa	pH	V	S
0,33540	442,4	4,16	1,265	5,566	1,405969527	0,208

Remarques :



Nom population : QUE1

Localisation : La Quenouille de Sainte-Brigitte 56550 Locoal-Mendon

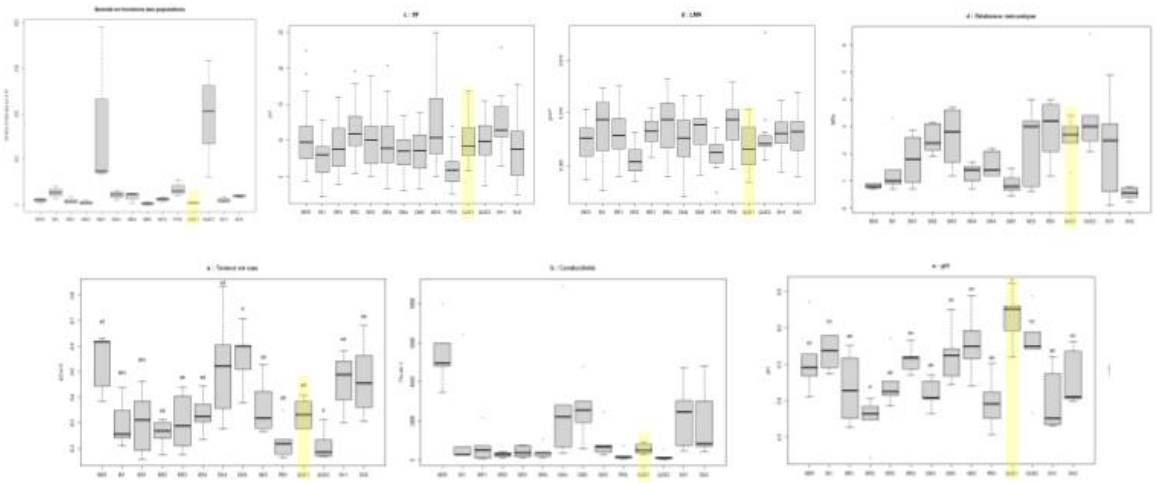
Chantiers prévus :

Caractéristiques :

Dens_cl1	Dens_cl2	Dens_cl3	Dens_cl4	Dens_cl5	Den_tot
0,00000	0	0,44	1,13	0	1,57

Wet	ECb	H_lit	MPa	pH	V	S
0,33460	589,2	4,68	2,56	6,15	2,572625091	0,299

Remarques :



Nom population : QUE2

Localisation : La Quenouille de Sainte-Brigitte 56550 Locoal-Mendon

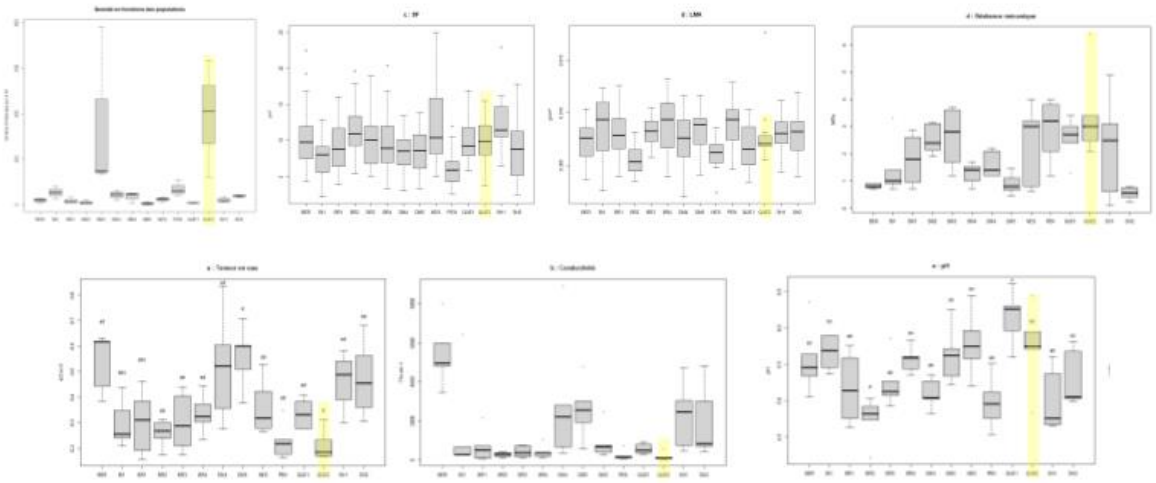
Chantiers prévus : Arrachage manuel (27/08/2022, 15/09/2022, 29/09/2022)

Caractéristiques :

Dens_cl1	Dens_cl2	Dens_cl3	Dens_cl4	Dens_cl5	Den_tot
72,62500	0,4375	0	0	0	73,0625

Wet	ECb	H_lit	MPa	pH	V	S
0,21220	190,2	4,3	3,48	5,738	1,405969527	0,0916

Remarques :



Nom population : PEN

Localisation : Pen er pont 56550 Locoal-Mendon

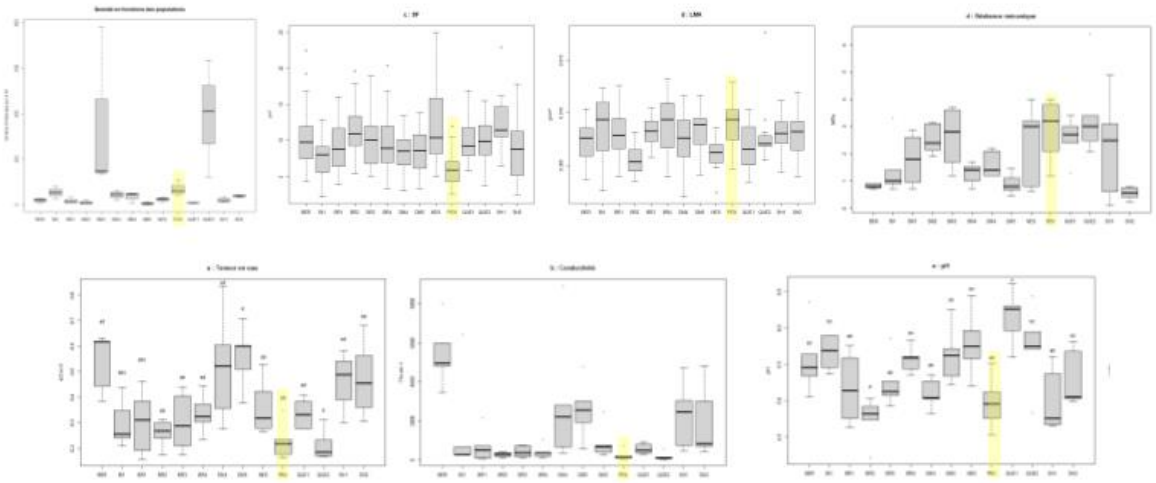
Chantiers prévus : Arrachage manuel

Caractéristiques :

Dens_cl1	Dens_cl2	Dens_cl3	Dens_cl4	Dens_cl5	Den_tot
11,25000	1,63	0,25	0	0	13,13

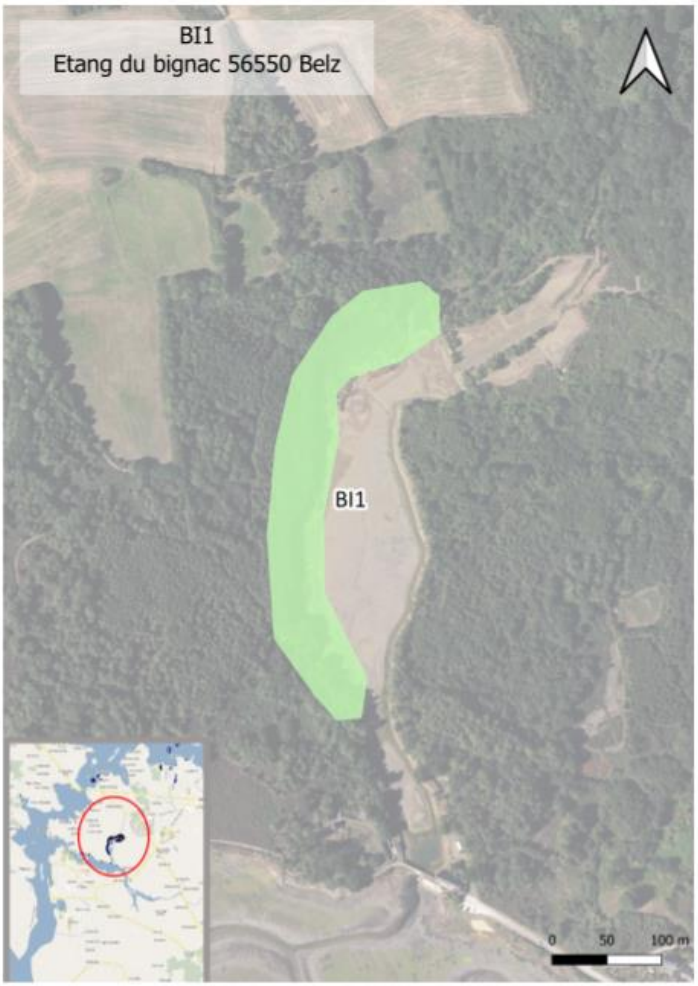
Wet	ECb	H_lit	MPa	pH	V	S
0,22740	256,8	2,5	2,86	4,978	1,555540753	0,1154

Remarques :



Nom population : BI1

Localisation : Etang du Bignac 56550 Belz



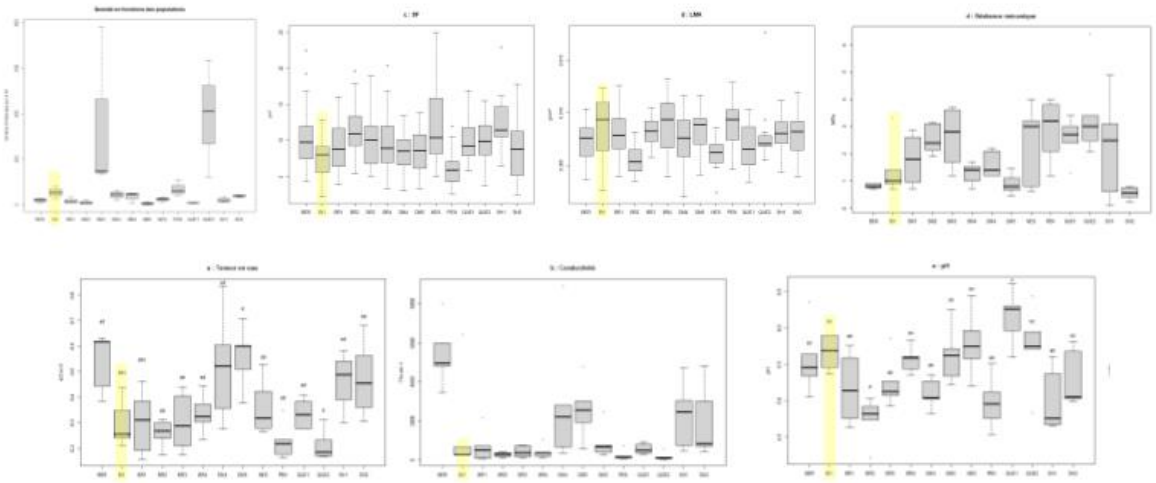
Chantiers prévus : Arrachage manuel

Caractéristiques :

Dens_cl1	Dens_cl2	Dens_cl3	Dens_cl4	Dens_cl5	Den_tot
2,50000	6,1875	1,3125	0	0	10

Wet	ECb	H_lit	MPa	pH	V	S
0,29600	1583	2,7	1,46	5,664	1,435883772	0,8242

Remarques :



Nom population : NES

Localisation : Nestadio 56680 Plouhinec

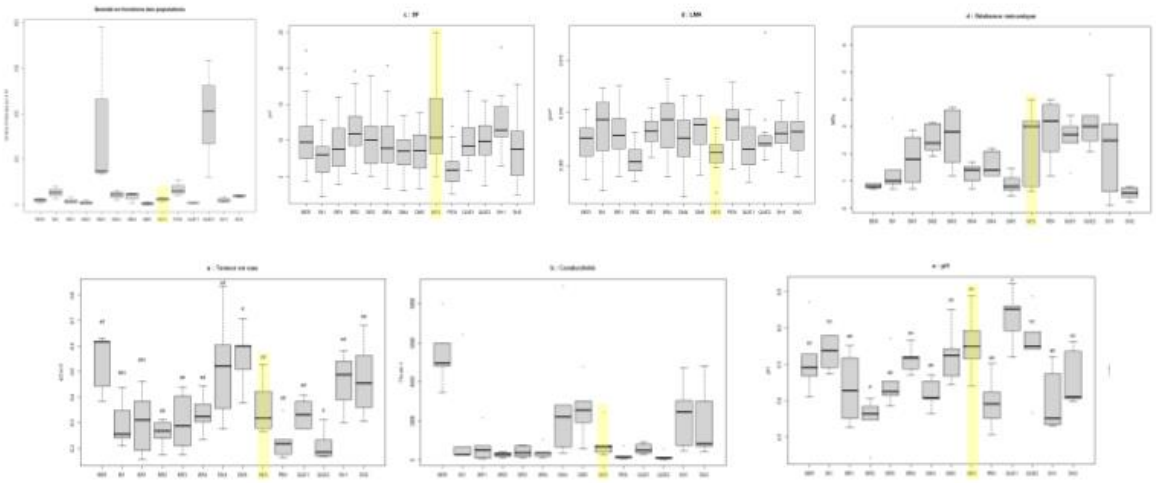
Chantiers prévus :

Caractéristiques :

Dens_cl1	Dens_cl2	Dens_cl3	Dens_cl4	Dens_cl5	Den_tot
3.75000	0.31	0	0	0	4.06

Wet	ECb	H_lit	MPa	pH	V	S
0.36200	914.8	3.66	2.32	5.79	1.854683205	0.477

Remarques :



Nom population : BER

Localisation : Berringue 56680 Plouhinec

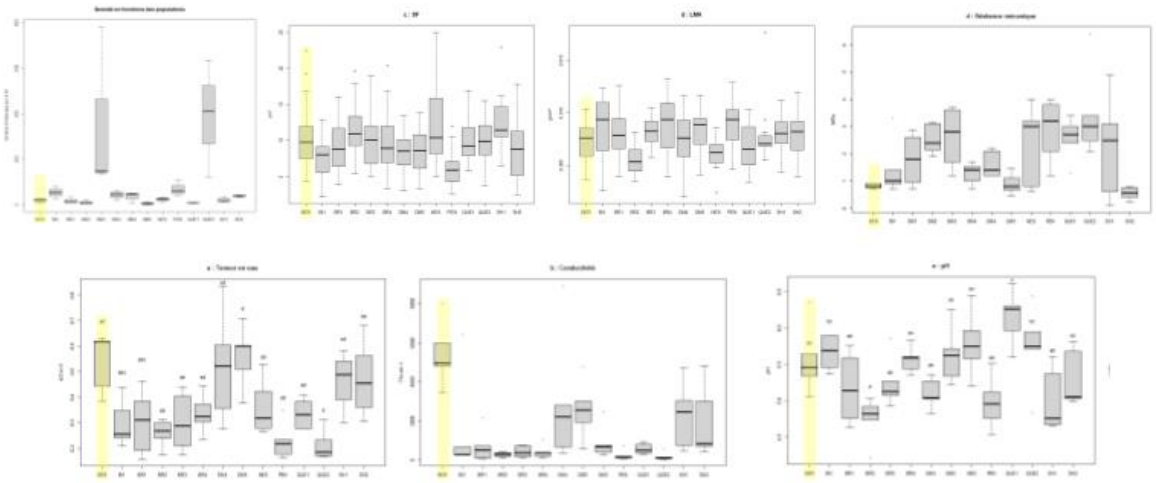
Chantiers prévus : Arrachage manuel (08/09/2022)

Caractéristiques :

Dens_cl1	Dens_cl2	Dens_cl3	Dens_cl4	Dens_cl5	Den_tot
1,19	1,25	1,13	0	0	3,57

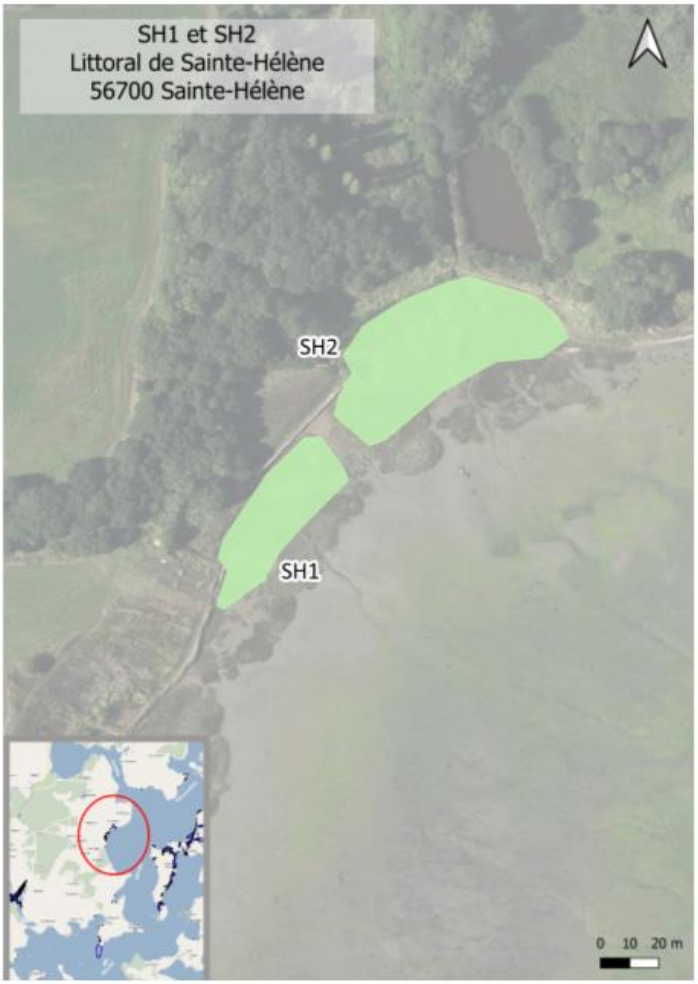
Wet	ECb	H_tt	MPa	pH	V	S
0,53840	5430,6	3,68	0,81	5,57	1,944425941	3,0584

Remarques :



Nom population : SH1

Localisation : Littoral de Saint-Hélène 56700 Saint-Hélène



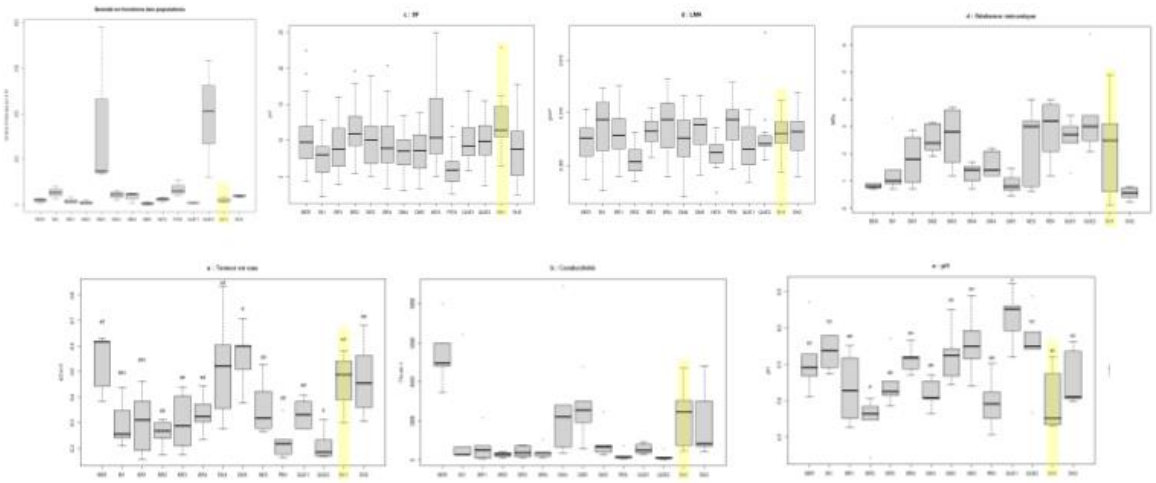
Chantiers prévus : Arrachage manuel

Caractéristiques :

Dens_cl1	Dens_cl2	Dens_cl3	Dens_cl4	Dens_cl5	Den_tot
0	3	1	0	0	4

Wet	ECb	H_lit	MPa	pH	V	S
0,4606	2281,4	4,34	2,24	5,012	2,273482639	1,1606

Remarques :



Nom population : SH2

Localisation : Littoral de Saint-Hélène 56700 Saint-Hélène

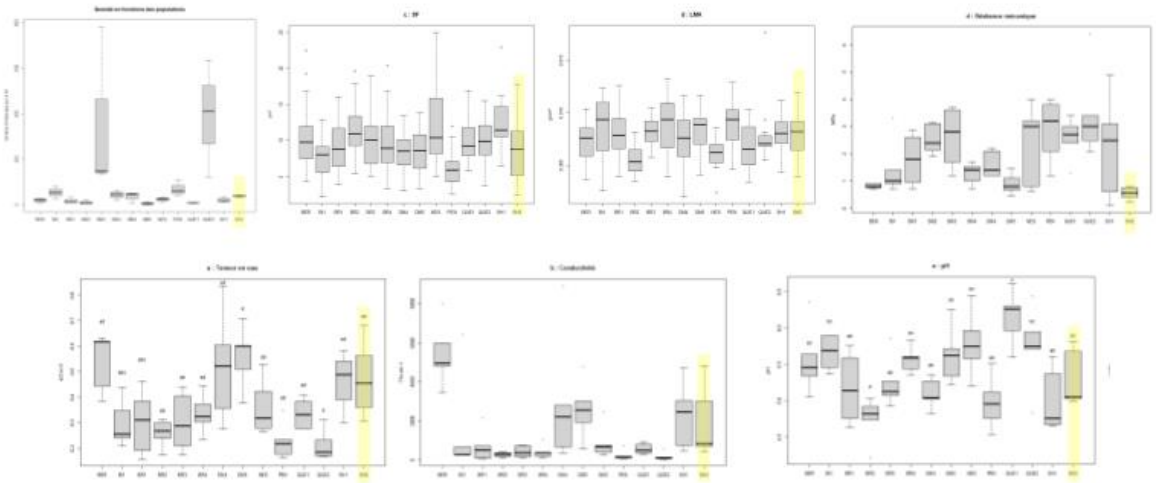
Chantiers prévus : Arrachage manuel

Caractéristiques :

Dens_cl1	Dens_cl2	Dens_cl3	Dens_cl4	Dens_cl5	Den_tot
1,81	4,88	0,5	0	0	7,19

Wet	ECb	H_tt	MPa	pH	V	S
0,4728	1964,6	5,16	0,55	5,312	2,482882356	0,9556

Remarques :



Volet 3b : Marqueurs de stress : Osmolarité, teneur en sodium et potassium

I - Introduction

Dans le cas d'une espèce exotique envahissante en expansion sur un territoire, l'étude des caractéristiques écophysiologiques de l'espèce est importante. En effet, ceux-ci peuvent différer en fonction des populations et du milieu sur lequel l'espèce s'établit. Du fait, des différences existantes entre les populations de la Ria d'Etel (Volet 3a), la poursuite de l'étude des caractéristiques écophysiologiques de *B. halimifolia* est importante pour comprendre davantage la physiologie de l'espèce et ses adaptations locales. C'est pourquoi, des mesures d'osmolarité et aussi de teneur en sodium et en potassium dans les feuilles de *B. halimifolia* ont été réalisées sur diverses populations de la Ria. La question est de savoir si ces caractéristiques fluctuent entre population et si elles sont corrélées avec les variables abiotiques telles que la conductivité du sol.

II - Matériels et méthodes

Des feuilles de *B. halimifolia* ont été échantillonnées sur 7 populations (figure III.18). Par population, 3 individus par classes de tailles ont été sélectionnés au hasard (figure III.3). De même que dans l'étude de Caño *et al.* (2016), 5 feuilles par individu ont été prélevées pour en déterminer les teneurs en Na^+ et K^+.

Les feuilles ont tout d'abord été pesées puis placées dans des seringues, pour être congelées. Une fois congelées, puis décongelées, les seringues ont été pressées permettant d'extraire le liquide contenu dans les feuilles de *B. halimifolia*.

Osmolarité

Un volume de 100 µL de chaque extrait ont été placés dans des eppendorf puis soumis à un micro-osmomètre (Roebling® AUTOCAL Typ13DR). Les résultats ont été obtenus en milliosmol (mOsm).

Teneur en sodium et potassium

La teneur en ion sodium et potassium a été déterminée à partir d'un photomètre de flamme (M360, SHERWOOD®). Pour ce faire, les extraits ont été dilués 5000 fois et deux solutions étalons ont été préparées à 10 ppm de Na et 10 ppm de KOH.

De plus, le rapport K^+/Na^+ a été calculé car dans des conditions de salinité, les états d'équilibre cinétique du transport ionique et l'homéostasie ionique de la cellule sont perturbés de manière à ce que Na^+ agisse comme un compétiteur pour l'absorption de K^+ et le remplace (Niu *et al.*, 1995). En

conséquence, le rapport K^+/Na^+ est réduit en cas de stress salin (Caño *et al.*,2016). La rétention d'une plus grande quantité de K^+ pour une teneur en Na^+ similaire (c'est-à-dire un rapport K^+/Na^+ plus élevé) reflète une homéostasie ionique plus efficace et, par conséquent, une plus grande tolérance à la salinité (Niu *et al.*, 1995 ; Hasegawa *et al.*, 2000).

Analyse des données et statistiques

Tous les tests statistiques ont été réalisés sur R-Studio en utilisant les packages R Commander er corrplot (RStudio 2022.07.1 Build 554 © 2009-2022 RStudio, PBC[8]). Les différents tests ont été fait avec un risque alpha de 0,05. Une anova a été appliquée puis un test post hoc afin de comparer les populations entre elles.

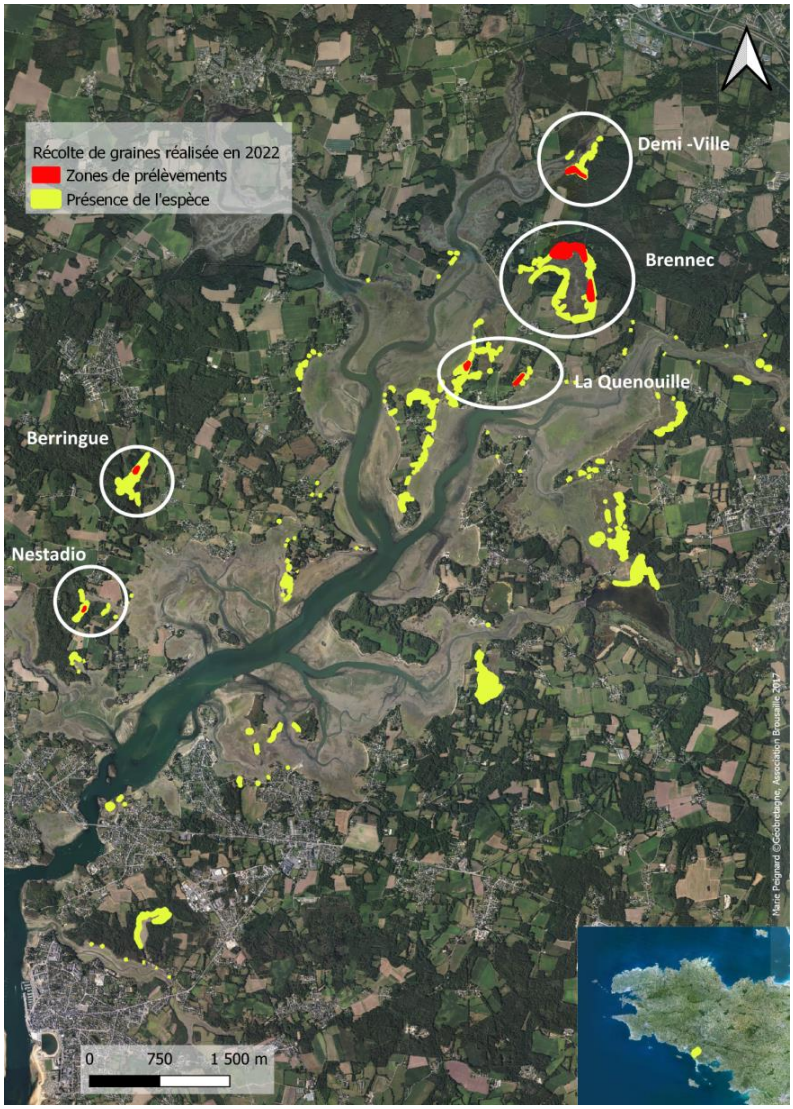
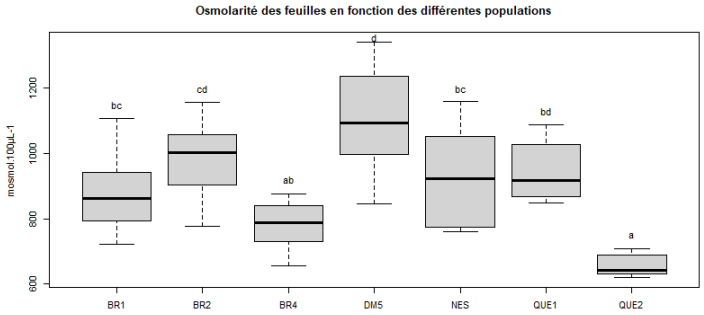
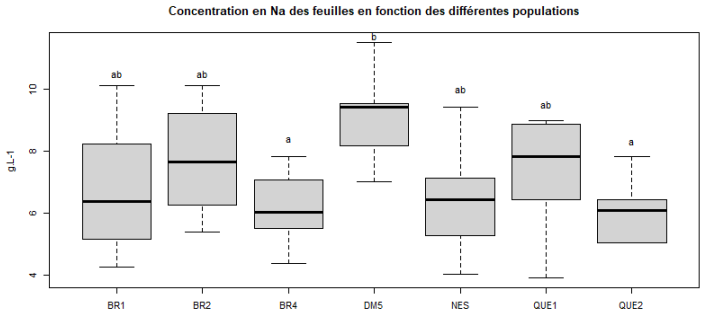


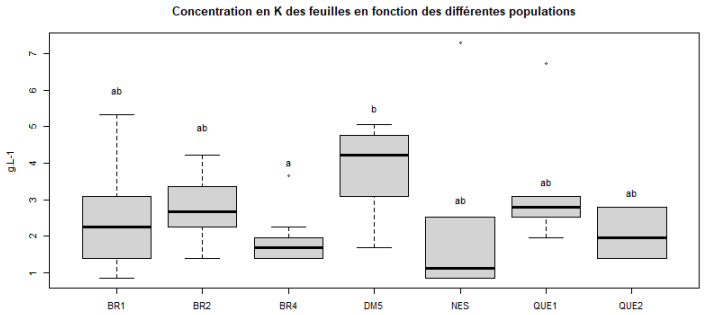
Figure III.18 : Localisation des populations de *B. halimifolia* échantillonnées pour la réalisation de mesure d'osmolarité et de teneur en sodium et en potassium

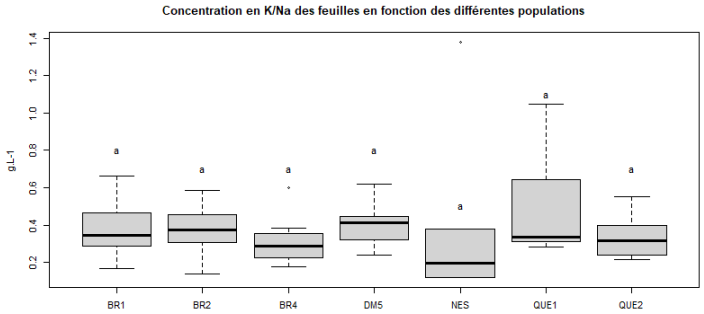
[8] https://www.rstudio.com/about/trademark/

III - Résultats









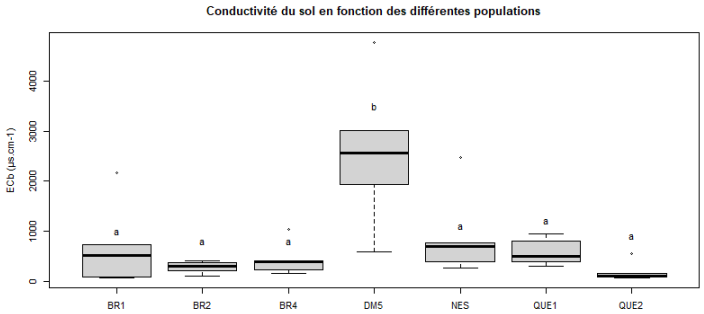
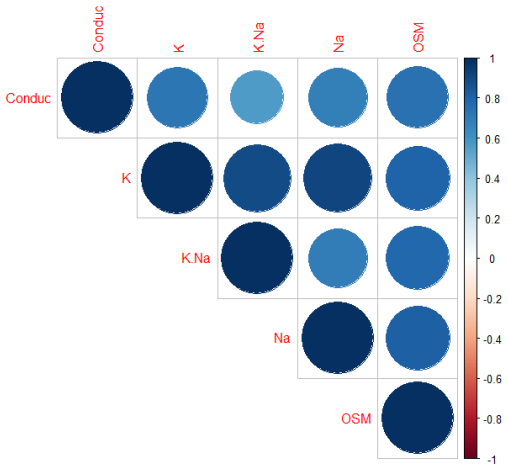


Figure III.19 : Boxplot des différentes variables mesurées en fonction des populations de *B. halimifolia*



	Conduc	K	K.Na	Na	OSM
Conduc	1.0000000	0.7225164	0.5614897	0.6871284	0.7411229
K	0.7225164	1.0000000	0.8940709	0.9178727	0.8091457
K.Na	0.5614897	0.8940709	1.0000000	0.6907092	0.7805505
Na	0.6871284	0.9178727	0.6907092	1.0000000	0.8171259
OSM	0.7411229	0.8091457	0.7805505	0.8171259	1.0000000

Figure III.20 : Matrice de corrélation entre les variables mesurées sur les populations de *B. halimifolia* de la Ria d'Etel. Conduc: conductivité du sol, K : teneur en potassium ($g.L^{-1}$), K.Na : teneur en potassium ($g.L^{-1}$) / teneur en sodium ($g.L^{-1}$) , Na : teneur en sodium ($g.L^{-1}$), OSM : osmolarité

Dans un premier temps, toutes les variables mesurées sont corrélées entre elles (Figure III.20). L'osmolarité et la teneur en sodium des feuilles sont fortement corrélées (r= 0,809). De plus, toutes les variables sont corrélées positivement avec la conductivité du sol (r entre 0,561 et 0,741). La population de *Baccharis* située à la Demi-Ville de Landévant s'établit sur un sol présentant une conductivité plus élevée que les autres sites (Figure III.19). Or, l'osmolarité et la teneur en sodium des feuilles sont aussi significativement supérieure pour cette population.

IV - Discussion/Conclusion

L'osmolarité, la teneur en sodium des feuilles et la conductivité du sol sont 3 variables intrinsèquement liées. L'osmolarité et la teneur en sodium des feuilles de *Baccharis* augmentent lorsque la plante est soumise à un stress salin plus important. Pour confirmer ces résultats, une expérimentation, en conditions contrôlées doit être réalisée (cf. Volet 9).

V - Bibliographie

Caño L., Fuertes-Mendizabal T., García-Baquero G., Herrera M., and González-Moro M. B., 2016. CañoPlasticity to salinity and transgenerational effects in the nonnative shrub *Baccharis halimifolia* : Insights into an estuarine invasion. American journal of botany 103 : 808-820.

Hasegawa P. M., BressanR. A., Zhu J. K., Bohnert H. J., 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 51: 463–499.

Niu X., Bressan R. A., Hasegawa P. M., Pardo J. M., 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environments. Plant Physiology 109 : 735–742.

Volet 3c : Dosage des osmolytes par RMN-1H

I - Introduction

L'analyse par RMN^{1}H, c'est-à-dire par Résonance magnétique nucléaire du proton, est une technique de spectroscopie non invasive qui se fonde sur les propriétés cinétiques et magnétiques de nombreux noyaux et la possibilité de les faire résonner dans un champ magnétique. Cette technique permet une bonne accessibilité aux "petites" molécules, ce qui en fait un outil puissant de caractérisation des composés hydrosolubles.

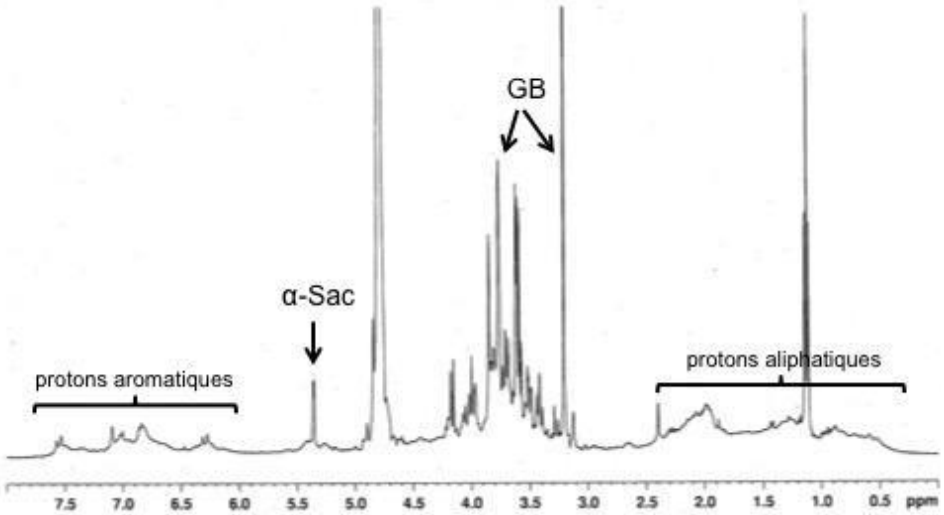
II - Matériels et méthodes

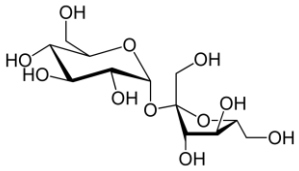
Des feuilles de *B. halimifolia* ont été séchées à l'étuve à 30°C durant 3 jours puis stockées dans des pots hermétiques. L'expérimentation n'a actuellement porté que sur une population située au nord de Brennec (Locoal-Mendon), mais sera reconduite ultérieurement sur davantage de populations. Une extraction à l'éthanol 30% a ensuite été réalisée sur la matière sèche foliaire, puis l'extrait congelé au moyen d'azote liquide, a été placé au lyophilisateur durant une journée. Une fois secs, les échantillons ont été préparés pour la RMN par l'ajout de Deuterium oxide D214H puis introduit dans des tubes à RMN. Le profil métabolique a pu être visualisé.

Par la suite, l'extrait pur de *B. halimifolia* a été purifié sur une colonne C18 avec pour éluant : H2O, MeOH 20, MeOH 40, MeOH 60 et MeOH 80. Les métabolites secondaires ont alors pu être élués selon leur polarité. Les différentes fractions obtenues ont ensuite été placées au lyophilisateur durant une journée (après avoir été congelées au moyen d'azote liquide). Une fois secs, les échantillons ont été préparés pour la RMN par l'ajout de Deuterium oxide D214H, sauf pour la fraction M80 pour laquelle du Méthanol D4 a été utilisé.

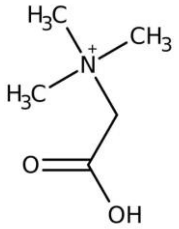
Enfin, les fractions M40, M60 et M80 ont été purifiées sur une colonne C18. Pour la fraction M40 les éluants étaient : MeOH 20, MeOH 25, MeOH 30, MeOH 35, MeOH 40. Pour la fraction M60 les éluants étaient : MeOH 40, MeOH 45, MeOH 50, MeOH 55, MeOH 60. Pour la fraction M80 les éluants étaient : MeOH 60, MeOH 65, MeOH 70, MeOH 75, MeOH 80. Les sous fractions obtenues ont subi les mêmes traitements que les fractions et ont été envoyées en RMN. Le Méthanol D4 a été utilisé pour les sous fractions M60 ssf M55, M60 ssf M60 et pour toutes les sous fractions de M80.

III - Résultats





Saccharose



Glycine bétaïne

Figure III.21 : Profil métabolique obtenu après passage en RMN¹H réalisé à partir de l'extrait pur

Le profil métabolique réalisé à partir de l'extrait pur (figure III.21) révèle la présence de deux osmolytes principaux : le saccharose (5,3 à 5,4 ppm) et la glycine bétaïne (3,2 à 3,8 ppm) (figure III.21). De plus, l'acide chlorogénique est aussi présent (groupement caféoïde et Acide quinique). A partir des profils métaboliques obtenus post-purification (figure III.22) des métabolites secondaires ont pu être visualisés. Il apparaît que *Baccharis halimifolia* est composé d'une grande diversité de molécules phénoliques. Il est ainsi identifiable des molécules telles que des dicaféoïde quinicacide ou encore des dérivés de quercétine (Kamphénol) (5,8 à 8 ppm). Ces molécules sont aussi retrouvées dans la composition d'autres espèces de *Baccharis* tel que *B. trimera* (Dutra *et al.*, 2020).

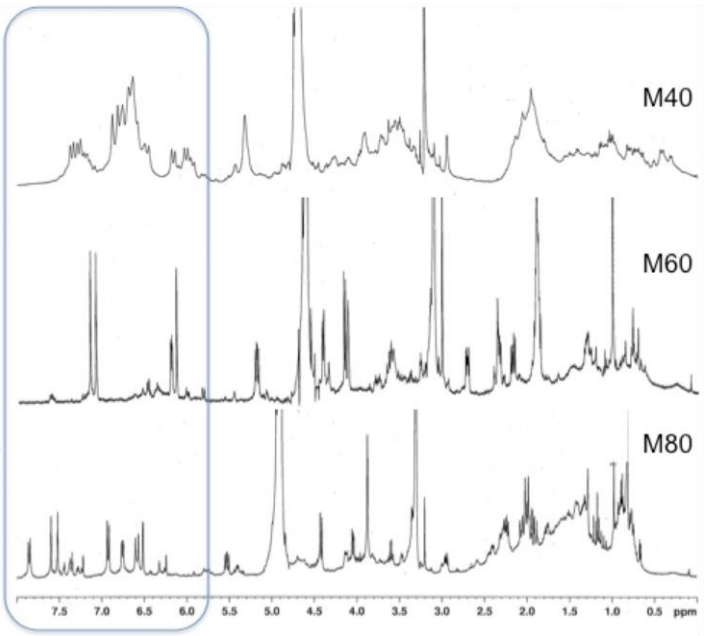


Figure III.22 : Profils métaboliques obtenus après passage en RMN^{1}H réalisé à partir des extraits purifiés

IV - Discussion / Conclusion

B. halimifolia est composé d'une grande diversité de molécules. L'analyse par RMN^{1}H a permis de révéler la présence de molécules indicatrices de stress chez la plante telles que la glycine bétaïne et l'acide chlorogénique. La poursuite de l'analyse des molécules présente dans *B. halimifolia* par la technique de la RMN^{1}H est donc essentiel pour l'amélioration des connaissances sur l'espèce et ainsi que ces capacités adaptatives. Cette méthode sera donc reconduite sur d'autres populations de *Baccharis* en conditions contrôlées suivant une gamme croissante de sel.

V - Bibliographie

Dutra L.M., da Conceição Santos A.D., Lourenço A.V.F., Nagata N., Heiden G., Campos F.R., Barison A., 2020. 1H HR-MAS NMR and chemometric methods for discrimination and classification of *Baccharis* (Asteraceae) : A proposal for quality control of *Baccharis trimera*. J Pharm Biomed Anal. 2020 May30 ; 184 : 113200. doi: 10.1016/j.jpba.2020.113200. Epub 2020 Feb 24. PMID : 32114162.

Volet 4

Amorce de l'étude de la structure et de la diversité génétique d'une espèce exotique envahissante : *Baccharis halimifolia*

SOMMAIRE

I - INTRODUCTION 76
II - MATÉRIELS ET MÉTHODES 76
EXTRACTION ADN 77
VÉRIFICATION DE L'ADN EXTRAIT 77
III - RÉSULTATS 77
IV - DISCUSSION / CONCLUSION 78
V - BIBLIOGRAPHIE 78

I - Introduction

Ce document contient les informations relatives à l'amorce de l'étude de la structure et de la diversité génétique de *Baccharis halimifolia* sur les populations Morbihannaises, Bretonnes et plus largement originaires de l'Arc Atlantique. La structure génétique des populations sera étudiée à l'aide de marqueurs microsatellites. Ces marqueurs ont été développés pour *B. dracunculifolia* (Belini *et al.*, 2016) et non jamais été testé sur *B. halimifolia*. Dans un premier temps, cette analyse devrait permettre d'éclairer sur l'origine unique ou diverse des populations de *B. halimifolia* en Bretagne, puis de mettre en évidence ou non une structuration génotypique des populations Bretonnes.

II - Matériels et méthodes

Matériel végétal

Afin de réaliser une analyse génétique sur les populations de *Baccharis halimifolia*, des échantillons biologiques ont été prélevés sur 26 populations bretonnes (figure IV.1). Dans chaque population, 30 individus ont été échantillonnés au hasard dans la population, par le prélèvement d'une feuille.

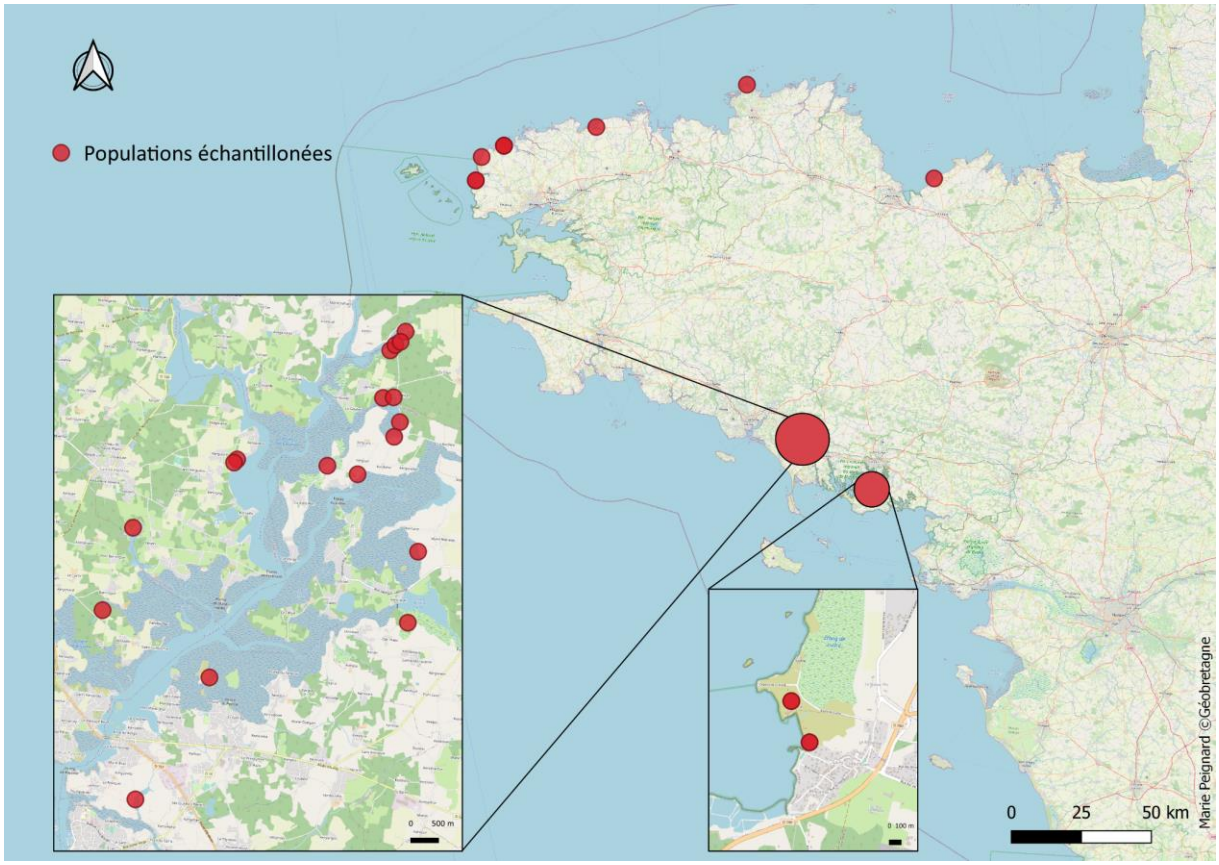


Figure IV.1 : Cartographie des populations de *Baccharis halimifolia* échantillonnées en Bretagne à des fins d'analyse génétique

Extraction ADN

Des extractions d'ADN ont été réalisées sur 10 des 26 populations de *B. halimifolia* échantillonnées (figure IV.2). Elles ont été réalisées grâce au kit d'extraction DNeasy® Plant Pro Kit (250) de Qiagen.

Figure IV.2 : Photographie phase d'extraction de l'ADN de *B. halimifolia*

Vérification de l'ADN extrait

Une amplification par PCR ITS (Internal Transcribed Spacer) a été réalisée sur 3 individus en suivant le cycle expliqué en figure IV.3. Puis une dépose sur gel d'agarose 1% (TBE 0,5x) a été effectuée. Neuf fractions de 5µL ont été déposés sur le gel : 3 issus de la PCR, 3 des extractions d'ADN ces mêmes individus que ceux amplifiés par PCR, 2 d'autres individus dont l'ADN a été extrait, et 1 autre échantillon d'ADN provenant d'un autre matériel végétal.

X1	1 min	85°C
X1	3 min	94°C
X 35	40 s	94°C
	40 s	48°C
	1 min 30 s	72°C
X1	7 min	72°C
X1	1 h	10°C

Figure IV.3 : Détail des cycles PCR appliqués

III - Résultats

La dépose de l'ADN amplifié et non amplifié sur gel d'agarose a montré la présence d'ADN de *B. halimifolia* mais en petite quantité.

L'amplification avec les marqueurs microsatellites n'ayant pas encore eu lieu, aucun séquençage n'a été réalisé. Les résultats de l'analyse génétique réalisée sur l'espèce exotique envahissante *B. halimifolia* seront donc acquis dans les prochains mois.

IV - Discussion / Conclusion

La faible quantité d'ADN de *Baccharis halimifolia* extrait en utilisant le kit d'extraction est dû à l'importante quantité de polyphénols que contient l'espèce (cf Volet 3c). En effet, les polyphénols agissent comme des inhibiteurs rendant difficile l'extraction de l'ADN via ce type de kit. Il aurait été préférable d'ajouter en amont une solution de séparation phénolique présente dans le kit, mais non utilisée. De ce fait, les futures extractions seront réalisées au phénol et au chloroforme sur l'ensemble des populations où du matériel génétique a été récolté.

V - Bibliographie

Belini C.M.B., Marques M.O.M., Figueira G.M., Bajay M.M., Campos J.B., Viana J.P.G., Pinheiro J.B., Zucchi M. I., 2016. Characterization of microsatellite markers for *Baccharis dracunculifolia* (Astréraceae). Applications in Plant Sciences 2016 4 (3): 1500093.

Volet 5

**********, *******potentiel de *Baccharis halimifolia*

SOMMAIRE

I - INTRODUCTION ..... **ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.**
II - MATÉRIELS ET MÉTHODES ..... **ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.**
III - RÉSULTATS 82
IV - DISCUSSION / CONCLUSION ..... **ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.**
V - BIBLIOGRAPHIE ..... **ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.**

Volet 6

Les impacts de l'espèce exotique envahissante *Baccharis halimifolia*

SOMMAIRE

I - IMPACTS SUR LES HABITATS 90
II -IMPACTS SUR LES COMMUNAUTÉS 91
III -IMPACTS SUR LES CONDITIONS ABIOTIQUES DU MILIEU 92
IV - IMPACTS ÉCONOMIQUES 92
V -IMPACTS SANITAIRES 92
IV -BIBLIOGRAPHIE 93

Le *Baccharis halimifolia*, en tant qu'espèce exotique envahissante, est susceptible d'engendrer différents impacts tant paysagers, économiques que sur la biodiversité. Ces impacts sont peu étudiés en France et plus généralement à travers le monde. Néanmoins, certaines études ont été réalisées pour divers aspects de ces impacts. La figure VI.1 décrit les principaux domaines impactés par le *Baccharis*.

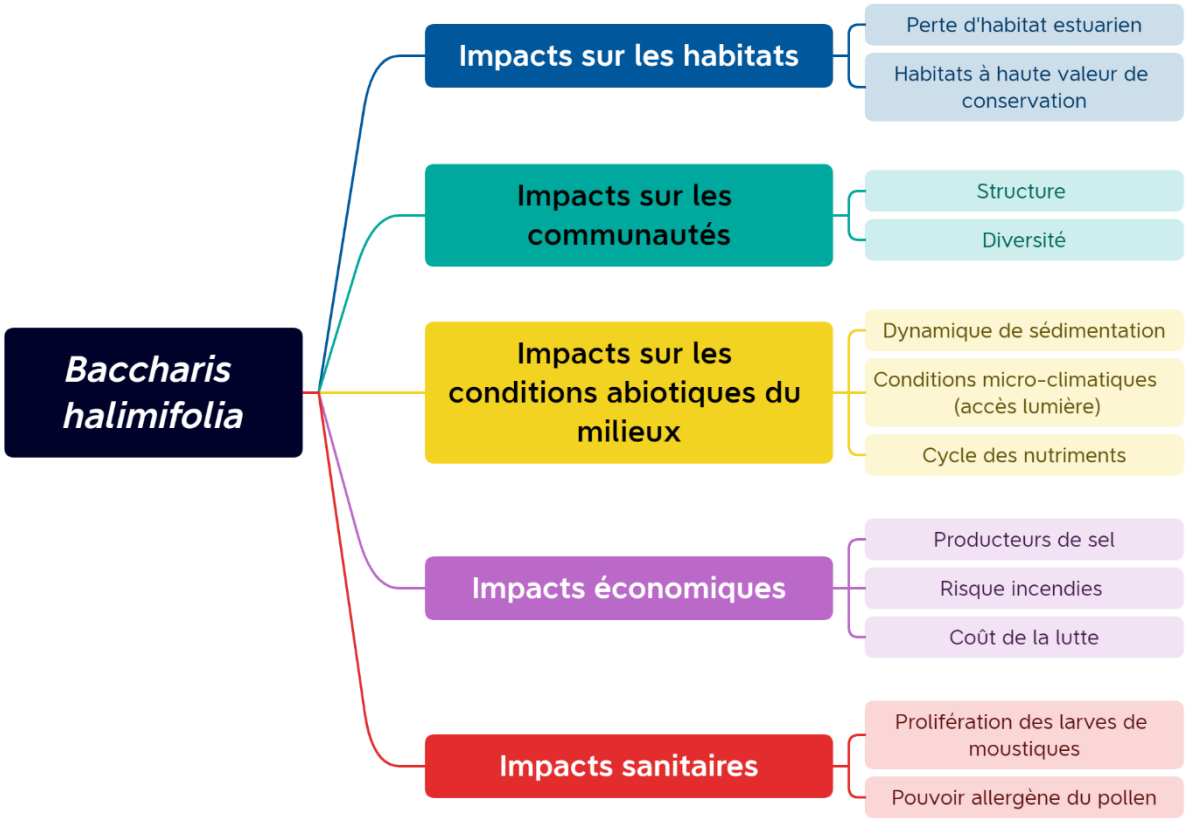


Figure VI.1 : Les différents impacts de *Baccharis halimifolia*

I - Impacts sur les habitats

L'implantation et l'expansion de *B. halimifolia* en zone littoral est à même de d'occasionner une perte d'habitats estuarien engendrant des menaces pour la flore estuarienne (Caño *et al.*, 2014). Les grands peuplements ligneux formés *modifient donc la succession naturelle* sur ces sites en ajoutant une nouvelle couche de végétation (Fried et Panetta, 2016). De plus, l'impact de *B. halimifolia* est d'autant plus conséquent du fait qu'il s'établit souvent dans des habitats à haute valeur de conservation (Fried *et al.*, 2016). L'espèce est présente dans de nombreux « Habitats naturels d'intérêt communautaire » et « Habitats prioritaires » répertoriés à l'annexe I de la directive Habitats 92/43/CEE (European Commission 2007). La figure VI.2, illustre les habitats répertoriés à l'annexe I de la directive Habitats 92/43/CEE (European Commission 2007) colonisés par *B. halimifolia*, cette figure est issue du travail de Fried *et al.* (2016).

De plus, *B. halimifolia* envahit des habitats situés dans des sites d'importance communautaire (SIC) du réseau Natura 2000 et des zones côtières naturelles protégées (UNESCO, Ramsar, etc.) (Fried *et al.*, 2016).

Code	Description
1230	Falaises avec végétation des côtes atlantiques et baltiques
1330	Prés-salés atlantiques (*Glauco-Puccinellietalia maritimae*)
1410	Près salés méditerranéens (*Juncetalia maritimi*)
1420	Fourrés halophiles thermo-atlantiques (*Sarcocornetea fruticosi*)
2130 *	Dunes côtières fixées à végétation herbacée (dunes grises)
2190	Dépressions humides intradunales
3130	Eaux stagnantes, oligotrophes à mésotrophes avec végétation du *Lirrorelletea uniflorae* et /ou du *Isoëto-Nanojuncetea*
4040 *	Landes sèches atlantiques littorales à *Erica vagans*
6420	Prairies humides méditerranéennes à grandes herbes du *Molinio-Holoschoenion*
7210 *	Marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davallianae*
91E0 *	Forêts alluviales résiduelles à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae*)

*indique un habitat Prioritaire.

Figure VI.2 : Liste des habitats menacés inscrits à l'Annexe 1 de la Directive Habitats Européenne, où *B. halimifolia* s'est établi en Europe

II -Impacts sur les communautés

Les peuplements de *Baccharis halimifolia* impactent aussi la structure et la diversité des communautés. L'expansion de l'espèce sur un site implique des changements radicaux dans la structure des communautés estuariennes indigènes en remplaçant la végétation estuarienne herbacée indigène par des peuplements ligneux monospécifiques (Caño *et al.*, 2014). Cet impact sur la structure de la communauté est plus important dans les sites à faible salinité (Caño *et al.*, 2014). Dans l'étude de Caño *et al.* (2014) la structure de la communauté a décliné de manière linéaire avec l'augmentation de la couverture de *B. halimifolia*, avec un déclin plus rapide pour les espèces annuelles. Les strates sont aussi affectées par l'espèce, avec l'observation d'une réduction de la superficie occupée par la strate herbacée sous-arbustive (Caño *et al.*, 2014). Dans un premier temps, la flore est impactée par la colonisation du *Baccharis*, notamment par la réduction de la diversité des plantes herbacées. Dans l'étude de Fried et Panetta (2016), les auteurs ont montré que les plantes herbacées annuelles et vivaces étaient plus sensibles à l'augmentation de la couverture de *B. halimifolia* que les graminoïdes vivaces. De même, dans un projet de restauration des prairies indigènes dans l'est du Texas, la présence de *B. halimifolia* a réduit la diversité des plantes herbacées (Harcomb, 1989). Il est aussi observé une diminution de certaines espèces lorsque le peuplement de *Baccharis* est important tel que *Juncus maritimus, Elytrigia acuta, Lotus jordanii, Phragmites australis, Limonium narbonense, Sonchus maritimus, Lysimachia maritima, Cochlearia aestuaria et Matricaria maritima* (Fried *et al.*, 2014 ; Campos *et al.*, 2014). De surcroît de cet impact sur la faune, *B. halimifolia* a aussi des conséquences sur la faune, notamment les arthropodes (Mallard, 2008 ; Galarza et Hidalgo, 2006), oiseaux (Arizaga *et al.*, 2013) et petits herbivores (Hobbs et Mooney, 1986).

III -Impacts sur les conditions abiotiques du milieu

De par la modification de la structure des communautés végétales, l'espèce va être susceptible d'induire des changements dans la dynamique de sédimentation des marais salés de par l'influence de son système racinaire et d'une production abondante de litière (Campos et Herrera, 2009). De plus, l'apparition d'une canopée plus dense va limiter la lumière disponible pour les autres espèces, ce qui est particulièrement préjudiciable aux espèces héliophiles (Campos *et al.*, 2004 ; Sinnassamy, 2004). Enfin, d'après Fried *et al.* (2016) l'invasion de *B. halimifolia* pourrait donc modifier radicalement la dynamique d'accrétion, les niveaux de productivité et le cycle des nutriments dans les marais salants européens, avec de graves conséquences pour les communautés de vertébrés et d'invertébrés.

IV - Impacts économiques

L'envahissement des sites par *B. halimifolia* peut aussi avoir des conséquences sur l'agriculture. Les peuplements épais peuvent inhiber le mouvement du bétail et réduire la productivité des zones pâturées (Ensbey, 2001). D'après les données de l'Observatoire de la Biodiversité Bretagne, l'espèce limite l'accès aux zones de production de sel et est responsable d'un ralentissement de la production (par diminution du vent et de l'évaporation de l'eau), ce qui entraîne des pertes économiques (Fried *et al.*, 2016). Enfin, la lutte contre l'espèce est coûteuse. A titre d'exemple le Projet LIFE "Restauración de hábitats de interés comunitario en estuarios del País Vasco" a représenté 630 000 € (Ihobe, 2014).

V -Impacts sanitaires

L'impact sanitaire du *Baccharis* n'est pas non plus négligeable. Premièrement, les graines sont toxiques si elles sont consommées (Brown et Cooperrider, 2011). Deuxièmement, les peuplements denses de *Baccharis* sont bénéfiques pour le développement des larves de moustiques (Bouterin et Canonge, 1999). Enfin, le pollen *Baccharis halimifolia* est également signalé comme un allergène (Moss, 1967 ; Panetta 1979a ; De Loach *et al.*, 1986).

IV -Bibliographie

Arizaga J., Unamuno E., and Clarabuch O., 2013. “The Impact of an Invasive Exotic Bush on the Stopover Ecology of Migrant Passerines.” Animal Biodiversity and Conservation 36 (1) : 1–11.

Bouterin B. et Canonge L., 1999. " Dynamique et évolution des peuplements de *Baccharis halimifolia*, délimitation de ses conditions écologiques (entre Fos-sur-mer et Port-Saint-Louis-du-Rhône)." MSc diss., Université de Droit d'Economie et des Sciences de St Jérôme (Marseille, France).

Brown SH et Cooperrider K., 2011. « *Baccharis halimifolia* ». Institut des services alimentaires et agricoles de l'Université de Floride.

Campos J. A., and Herrera M., 2009. “Análisis de la flora alóctona de Bizkaia (País Vasco, España). [Analysis of the Alien Flora in Bizkaia (Basque Country, Spain)].” Lazaroa 30: 7–33.

Caño L., Campos J. A., García-Magro D., and Herrera M, 2014. “Invasiveness and Impact of The Non-native Shrub *Baccharis halimifolia* In Sea Rush Marshes: Fine-Scale Stress Heterogeneity Matters.” Biological Invasions 16 (10): 2063–2077.

DeLoach C. J., Boldt P. E., Cordo H. A., Johnson H. B., and Cuda J. P., 1986. “Weeds Common to Mexican and U.S. Rangelands: Proposals for Biological Control and Ecological Studies.” Paper presented at the Symposium on Management and Utilization of Arid Land Plants, Saltillo, February 18–22.

Ensbey R., 2001. Séneçon Bush. Grafton : Agriculture de Nouvelle-Galles du Sud.

European Commission 2007. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora.

Fried G., Caño L., Brunel S., Beteta E., Charpentier A., Herrera M., Starfinger U., Panetta F.D., 2016. Monographs on Invasive Plants in Europe : *Baccharis halimifolia L.*, Botany Letters, 163:2, 127-153, DOI: 10.1080/23818107.2016.1168315.

Fried G., Panetta F.D., 2016. Comparing an exotic shrub’s impact with that of a native life form analogue: *Baccharis halimifolia* vs Tamarix gallica in Mediterranean salt marsh communities J. Veg. Sci., 27 (2016), pp. 812-823, 10.1111/jvs.12407.

Galarza A., and Hidalgo J., 2006. Diagnosis de la fauna vertebrada asociada a los carrizales de la reserva de la biosfera de Urdaibai: censo y cartografia de la avifauna (2005/2006). [Diagnosis of the vertebrate fauna associated with reedbeds of the Urdaibai estuary: census and mapping of the avifauna]. Bilbao: Urdaibai Fundazioa.

Harcomb P. A., 1989. “Reports Progress of Three Prairie Restoration/Management Projects in Houston Area (Texas).” Restoration and Management Notes 7 (1): 35.

Hobbs R. J., and Mooney H. A., 1986. “Community Changes Following Shrub Invasion of Grassland.” Oecologia 70 : 508–513.

Ihobe (Sociedad pública de gestión ambiental), 2014. Manual de gestión de *Baccharis halimifolia* [Manuel de gestion de *Baccharis halimifolia*]. Bilbao : Ihobe SA, Sociedad Pública de Gestión Ambiental, Gobierno Vasco.

Mallard F., 2008. Effet d'une espèce végétale introduite envahissante le Séneçon en arbre *Baccharis halimifolia* sur le peuplement d'arthropodes dans le Golfe du Morbihan. MSc diss. : Université de Rennes. 1.

Moss J. E., 1967. "A Flowering Calendar of Possible Hay Fever Plants in Brisbane." Medical Journal of Australia 1: 270–272.

Panetta F. D. 1979a. "Germination and Seed Survival in the Woody Weed, Groundsel Bush (*Baccharis halimifolia L.*)." Australian Journal of Agricultural Research 30 (6): 1067–1077.

Sinnassamy J.M., 2004. *Baccharis halimifolia* : Plantes invasives en France. Coordonné par Muller, S. Paris : Muséum national d'Histoire naturelle.

Volet 7

Les modes de gestion appliqués à l'espèce exotique envahissante *Baccharis halimifolia*

SOMMAIRE

I - Pâturage par les herbivores 98
II - Contrôles mécanisés ou manuels (arrachage/dessouchage/coupe) 99
III - Coupe puis application de sel 100
VI - Coupe puis enrubannage 101
V -Inondation naturelle prolongée 101
VI -Phytocides 102
VII -Brûlage dirigé 102
VIII - Lutte biologique 102
IX - Bibliographie 105

Depuis quelques années, différentes actions ont été menées pour tenter de freiner la colonisation de cette espèce. Le but n'étant pas l'éradication mais de contenir son développement et éviter qu'elle ne colonise de nouveaux prés salés (Izard, 2016). Diverses techniques ont été utilisées au cours du temps, avec des taux de réussite plus ou moins variables. En général, le suivi se réalise grâce à des photographies attestant de l'état initial de la zone "traitée", puis des photographies sont réalisées au cours des années post chantiers. La faisabilité de l'éradication de *B. halimifolia* dépend de la taille de la zone infestée, de la densité des plantes, de la taille de la banque de graines accumulée et de l'accessibilité du site (OEPP, 2016).

En 2016, l'Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes, a publié un bulletin dans lequel un Programme d'éradication est présenté dans son annexe 1 (OEPP, 2016). Ce programme est axé autour de 4 activités principales : la surveillance pour enquêter pleinement sur la répartition de l'organisme nuisible (veille), l'établissement de mesures de confinement pour empêcher la propagation du ravageur (c'est-à-dire, éviter le transport non intentionnel de graines, ce qui implique que les déplacements à travers les zones envahies doivent être limités aux périodes où la propagation des graines est probable), la mise en place de mesures de traitement et / ou le contrôle pour éradiquer l'organisme nuisible lorsqu'il est trouvé. Et enfin, en parallèle de ces 4 actions, la vérification de l'éradication des ravageurs doit être réalisée.

L'éradication dépend d'une surveillance efficace pour déterminer la distribution de l'organisme nuisible et d'un confinement pour empêcher sa propagation pendant que l'éradication est en cours. La surveillance doit être utilisée pour vérifier si l'éradication a réussi (OEPP, 2016).

De nombreuses techniques sont utilisées en France et en Espagne pour tenter de supprimer l'espèce sur un site donné. Certaines de ces techniques sont ou ont été utilisées sur la Ria, tandis que d'autres sont à l'inverse proscrites.

I - Pâturage par les herbivores

Le pâturage et notamment ovin a beaucoup été utilisé. Cette technique consiste en un pâturage extensif dans une zone clôturé tout au long de l'année ou seulement à certaines saisons. En Ria d'Étel (Morbihan) ce type d'intervention a été effectué sur certains sites pendant 3 ans durant 2 périodes : printemps / fin de l'été et automne (Izard, 2016). Un gyrobroyage a été réalisé par le propriétaire de la parcelle avant la première période de pâturage, puis une fois par an.

Les résultats de cette action ont montré des résultats insuffisants, en effet, la pression de pâturage était trop faible et sur une période trop courte (Izard, 2016). Cette technique est donc apparemment peu adaptée à la gestion du *Baccharis* sur la Ria d'Étel (Izard, 2016). De même, dans le Parc naturel régional de Camargue, cette technique a aussi été utilisée (Charpentier *et al.*, 2006). Les conclusions sur cette action menée contre l'espèce sont proches de celles obtenues en ria d'Étel. De plus Charpentier *et al.* (2006), indiquent que *B. halimifolia* semble peu appétant pour les herbivores et que le piétinement de ceux-ci est à même de créer des conditions propices à la germination de l'espèce. Néanmoins, si le pâturage est important, il nuirait au *Baccharis* (Charpentier *et al.*, 2006).

II - Contrôles mécanisés ou manuels (arrachage/dessouchage/coupe)

Une autre action réalisable sur l'espèce est l'arrachage des pieds ou la coupe de ceux-ci (pour les plus gros), elle peut se faire de façon mécanique ou manuelle. Le but est alors d'enlever le maximum de pied pour limiter la dispersion de l'espèce, il est alors nécessaire de revenir sur site plusieurs fois (tous les deux ans, en général) pour épuiser la banque de graines présente dans le sol.

Le contrôle mécanique va faire intervenir différents engins tels qu'une minipelle ou un gyrobroyeur, et sera réalisé par une entreprise spécialisée. L'arrachage est efficace et plutôt rapide, mais laisse une zone mise à nu qui sera très favorable aux germinations de *Baccharis*, d'où l'utilité de revenir sur site les années qui suivent (Izard, 2016). De plus, l'arrachage mécanique est susceptible de laisser plus de racines dans le sol, car celles-ci cassent facilement, le risque de reprise est donc accru. Enfin, le coût de ces prestations est assez élevé. D'après Charpentier *et al.* (2006), l'utilisation de la technique est limitée par des conditions d'accessibilité et exige un contrôle des rejets à partir de racines mal arrachées.

Quant à la coupe ou gyrobroyage des gros pieds, l'impact est variable sur l'environnement. Seules des coupes répétées, année après année, parviennent à fragiliser le pied jusqu'à l'épuiser (Charpentier *et al.*, 2006).

Pour ce qui est de l'arrachage manuel, il consiste à enlever à la main, ou à l'aide d'outils, les pieds de *Baccharis*. La technique est coûteuse en temps et difficile à mettre en pratique sur les stations étendues et inadaptées aux stations composées d'individus adultes (Charpentier *et al.*, 2006). Néanmoins, de bons résultats sont observés sur les stations nouvelles et peu étendues (Charpentier *et al.*, 2006).

Pour optimiser le travail à effectuer et réduire le temps nécessaire d'arrachage, divers outils peuvent être utilisés tels que : des pioches, des coupes-branches, des chèvre-trépieds de levage télescopique (figure VII.1) et des palans à chaîne (force de levage 1 tonne) (Izard, 2016). De plus,

depuis 2016, un outil spécifique à l'arrachage du *Baccharis* a été inventé par Daniel Lasne : le “baccharache” (figure VII.2).

En Ria d’Étel, la plupart des sites où *Baccharis halimifolia* est présent, sont gérés à l’aide d’arrachage mécanisés ou manuels. Les chantiers sont réalisés avec des bénévoles qui viennent donner de leur temps et de leur énergie à cette cause.

Figure VII.1 : Chèvre-trépied de levage télescopique, © SMRE (Izard, 2016)

Figure VII.2 : Arrachage manuel avec le “baccharache”

III - Coupe puis application de sel

Il est aussi possible d'appliquer une grande quantité de sel dans la souche fraîchement coupée pour tuer l’individu (figure VII.3). Cette technique a été utilisée sur l'île de Boëde à Séné et a montré de bons résultats. En effet, cette méthode de lutte contre le *Baccharis* consistant en une coupe suivie d’un dépôt de sel au niveau de chaque souche s’est avérée particulièrement efficace (Fortune, 2018). Dans l’étude réalisée en 2018 (Fortune, 2018), deux quadrats permanents ont été disposés pour suivre l'efficacité de cette méthode, les résultats ont montré que 100% des pieds traités au sel dans les deux carrés permanents sont morts. Néanmoins, l’impact réel de cet apport de sel sur la végétation reste à déterminer.

Cette technique n’est pas applicable sur la Ria du fait de l’impact probable d’une si grande quantité de sel.

VI - Coupe puis enrubannage

La coupe peut aussi être couplée à de l'enrubannage des souches. Pour ce faire, les souches de *B. halimifolia* sont élaguées à 50 cm au-dessus du sol, puis recouvertes à leur base avec un géotextile polyéthylène ou plastique polyéthylène noir (calibre 400) maintenu par des cordes (figure VII.4) (OEPP, 2016).

Cette méthode n'a pas été testée en Ria, en plus d'un impact inconnu sur le milieu, la technique utilisée est coûteuse en temps, donc non adaptée.

Figure VII.3 : Souches de *Baccharis* dévitalisées par le sel (03/05/2008), © Fortune, 2018

Figure VII.4 : Éradication d'une zone de *B. halimifolia* au plastique noir au Pays Basque, © Proyecto Life, 2010

V - Inondation naturelle prolongée

Cette technique consiste en une immersion de la zone où est présente la population de *B. halimifolia*. Elle induit une réduction des rejets de souche de *Baccharis* coupés et une mortalité significative des pieds non coupés (Charpentier *et al.*, 2006).

Même si elle est efficace, cette méthode est difficile à mettre en œuvre sur la Ria, car elle nécessite une configuration de site particulière (proximité point d'eau, milieu capable de résilience après submersion), de plus, elle exige une gestion particulière des niveaux d'eau. Cette technique a été employée sur le site de Berringue (56680, Plouhinec, Morbihan), et a plutôt bien marché, en témoigne le nombre de souches mortes présentes sur le site (figure VII.5).

Figure VII.5 : Site de Berringue (56680, Plouhinec, Morbihan) après inondation prolongée

Figure VII.6 : Application phytocides sur souches à Urdaibai (Nord de l'Espagne) (Projet LIFE+, Estuaires du Pays Basque – LIFE08NAT/E/0055), ©Gobierno, 2014

VI - Phytocides

Des phytocides peuvent aussi être utilisés sur les individus de *B. halimifolia*. Plusieurs méthodes sont utilisées, tout d'abord, la pulvérisation sur le feuillage, qui est efficace sur les jeunes stades ou sur les rejets (Alary, 2005), mais qui présente un risque de dispersion sur les végétaux non ciblés et vers le sol et les eaux. Pour réduire cet impact sur l'environnement, il est aussi possible de badigeonner les souches après la coupe (Charpentier *et al.*, 2006). Ainsi, la combinaison coupe / broyage et dévitalisation souche s'avère plus efficace et plus adaptée dans certaines situations, mais il existe toujours un danger de ces phytocides pour l'environnement et pour l'utilisateur (figure VII.6) (Charpentier *et al.*, 2006). Cette méthode est très efficace (97 % d'efficacité) dans les petites ou moyennes invasions, mais moins efficace dans les grandes invasions étendues (70 à 75 % d'efficacité) (OEPP, 2016 ; Gobierno, 2014). Le meilleur moment pour l'application se situe entre août et octobre, pendant la floraison de la plante (OEPP, 2016) et divers herbicides peuvent être utilisés (OEPP, 2016).

De par la dangerosité des phytocides pour le milieu et aussi pour la personne qui l'utilise, cette technique n'est pas envisageable sur la Ria d'Etel.

VII - Brûlage dirigé

Le Brûlage dirigé est réalisé en mettant le feu à une zone où est présente l'espèce, la zone doit être petite pour pas que le feu se propage. Dans le Parc naturel régional de Camargue, cette technique s'est montrée peu efficace et contre-productive, car le *Baccharis* rejette à partir de la souche après un feu (Charpentier *et al.*, 2006). De plus, l'ouverture brutale du milieu favorise l'augmentation de la banque de graine au sol et la croissance des jeunes plants de *Baccharis* (Cortot, 2003 ; Senacq, 2002).

Le brûlage des *Baccharis* sur pied n'est pas à prévoir en Ria. En effet, les forêts de pins entourent généralement les sites, le risque de propagation de l'incendie est donc trop important. Néanmoins, le brûlage des individus arrachés a déjà été réalisé dans la Ria.

VIII - Lutte biologique

La lutte biologique contre *B. halimifolia* a été testée en Australie et aux Etats-Unis (EOPP, 2016). L'introduction d'insectes n'a pas donné de résultats probants (Charpentier *et al.*, 2006). En Australie, des programmes de lutte biologique ont débuté en 1967 (EOPP, 2016). Plus de 35 insectes différents ont été testés, mais seuls 6 se sont établis de manière permanente sur le terrain (Palmer *et al.*, 2010).

En France, deux cochenilles molles ont été identifiées sur *B. halimifolia* (Fried *et al.*, 2013) : *Saissetia oleae* (Hemiptera : *Coccidae*) et *Ceroplastes sinensis* (Hemiptera : *Coccidae*), cette dernière ayant des impacts sur le taux de reproduction, voire la survie des jeunes plants. Malheureusement, leur utilisation comme agents de lutte biologique n'est pas possible car ce sont des ravageurs de cultures, néanmoins il pourrait être envisagé de les utiliser là où ils sont déjà présents (OEPP, 2016).

De plus, des recherches sur les rouilles sont en cours, mais leur pouvoir pathogène est encore mal connu, il semble toutefois que les rouilles semblent provoquer une forte réduction de la floraison et de la production de graines (Charpentier *et al.*, 2006).

La lutte biologique pourrait être utilisée en Ria, mais des recherches complémentaires doivent être faites pour trouver l'agent de lutte biologique qui correspondrait le mieux, en prenant soin de minimiser les impacts sur l'écosystème.

Il apparaît donc que le choix de la méthode dépend de l'environnement écologique dans lequel elles peuvent être appliquées. La présence d'espèces de flore ou de faune protégées ou endémiques doit être prise en compte ainsi que les saisons de reproduction de la faune, la fragilité de l'écosystème, en particulier des zones humides, et toute réglementation existante doit être vérifiée (OEPP, 2016). De plus, travailler dans les marais et les estuaires implique de planifier des actions qui tiennent compte des marées.

Pour optimiser les techniques utilisées, il convient de prioriser les secteurs dans lesquels une intervention est souhaitable. Maxime Hourde (technicien *Baccharis*, SMRE) se charge du choix des chantiers d'arrachage qui seront effectués dans l'année. Il a choisi de privilégier certains sites en fonction de différents facteurs. Les facteurs de priorisation sont divers et propres à chaque région, en figure VII.7 sont présentés ceux qui paraissent essentiels. Cette figure a été construite grâce aux discussions avec M. Hourde, et des données recueillies lors de ce stage, la liste est donc non exhaustive.

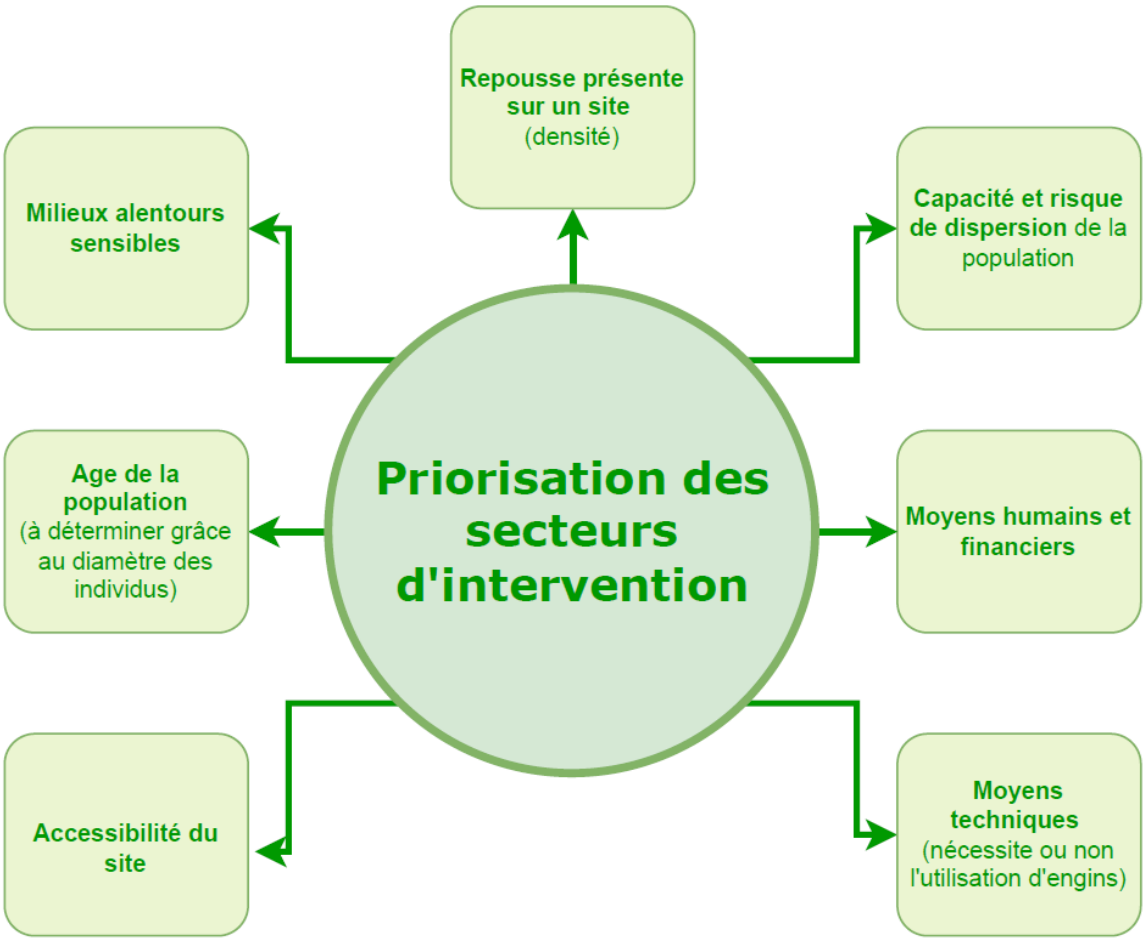


Figure VII.7 : Mode de priorisation des secteurs d'intervention pour la mise en place de chantier de lutte contre *B. halimifolia*

IX - Bibliographie

Alary M., 2005. Plantes envahissantes et biodiversité - Evaluation du niveau de colonisation de *Baccharis halimifolia* sur le territoire du Parc Naturel de Camargue et des moyens à mettre en œuvre pour son contrôle. Rapport de stage BTSA-GPN.

Charpentier A., Riou K., Thibault M., 2006. Bilan de la campagne de contrôle de l'expansion du *Baccharis Halimifolia* menée dans le Parc naturel régional de Camargue en automne 2004 et 2005. Pôle Relais Lagunes.

Cortot G., 2003. Les cladiaies : Ecologie et gestion par le feu et invasion biologique. Rapport de stage de DESS.

Fortune C., 2018. Dynamique de la végétation - évaluation de l'efficacité d'une méthode de lutte contre le *Baccharis*. Conseil départemental du Morbihan, octobre 2018.

Fried G., Balmès V., Germain J.F., 2013. A contribution to the inventory and impacts of phytophagous insects found on *Baccharis halimifolia* in its introduced range in France. EPPO Bulletin 43, 285–289.

Gobierno V., 2014. Manual de Gestión de *Baccharis halimifolia*. Consulté le 01 juin 2022 sur : http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/documentacion/*Baccharis*/es_def/adjuntos/ManualGestion*BaccharisHalimifolia*_ES.pdf.

Izard C., 2016. Retour d'expérience de gestion réalisé dans le cadre des travaux du groupe de travail Invasions Biologiques en milieux aquatiques – Onema & UICN France, février 2016.

OEPP, 2016. PM 23/09 (1) *Baccharis halimifolia*. Bulletin OEPP/OEPP (2016) 46 (3), 567–575.

Palmer W.A., Heard T.A., Sheppard A.W., 2010. A review of Australian classical biological control of weeds programs and research activities over the past 12 years. Biological Control 52, 271–287.

Proyecto LIFE, 2010. Restauración de hábitats de interés comunitario en estuarios del País Vasco - LIFE08NAT/E/000055.

Senacq G., 2002. L'invasion des marais à marisque par *Baccharis halimifolia* - Le cas des Espaces Naturels de Sollac, Méditerranée. Rapport de stage de DESS Gestion des zones humides, Université d'Angers.

Volet 8

Fiches méthodes et perspectives

Fiche méthode 1 :
Réponse de *B. halimifolia* face à la contrainte saline (culture en condition contrôlée)

Fiche méthode 2 :
Capacité de reproduction végétative de *B. halimifolia*

Fiche méthode 3 :
Développement d'une méthode de détermination de l'âge des individus/populations de *B. halimifolia*

Fiche méthode 4 :
Suivis post-chantier d'arrachage

Fiche méthode 1 : Réponse de *B. halimifolia* face à la contrainte saline (culture en condition contrôlée)

Afin d'évaluer la réponse de *B. halimifolia* face à la contrainte saline, des cultures seront réalisées en conditions contrôlées, en serre, pour observer sa croissance et son métabolisme en fonction de la salinité. Deux axes seront privilégiés, le premier consistera en l'acclimatation des individus au sel afin d'observer leur réponse face à cette contrainte. Le second aura pour objectif l'optimisation de la gestion par induction de stress salin, en vue de déterminer à partir de quelle concentration, *B. halimifolia* présente des difficultés de développement.

Sur 3 populations :
- la population la plus résistante au sel lors du test de germination
- la population la moins résistante au sel lors du test de germination
- une population intermédiaire

Germination en boite de Pétri puis repiquage
3 plantules / pot
8 pots / modalité / pop, soit 24 plantules / modalité / pop
1 bac par modalité (24 pots / bac), soit 72 individus / modalité

1ère expérimentation :
Acclimatation des individus au sel (pendant 3 semaines, ajout progressif de sel) → 360 individus

0 $g.L^{-1}$ NaCl	2.5 $g.L^{-1}$ NaCl	5 $g.L^{-1}$ NaCl	10 $g.L^{-1}$ NaCl	15 $g.L^{-1}$ NaCl

2ème expérimentation :
test méthode de gestion possible - stress salin (pas d'acclimatation) → 360 individus

0 $g.L^{-1}$ NaCl	2.5 $g.L^{-1}$ NaCl	5 $g.L^{-1}$ NaCl	10 $g.L^{-1}$ NaCl	15 $g.L^{-1}$ NaCl

24 individus / modalité / pop

Mesure hauteur + nombre de feuilles (toutes les semaines)

- Masse Fraîche et sèche (distinguer plante entière et feuilles) — ⅓ des individus
  - → Profil métabolique (RMN1H) — ⅓ des individus
- Teneur en Na et K des feuilles, Osmolarité + Volume racinaire — ⅓ des individus
- Mesure PAM — ⅓ des individus

Fiche méthode 2 : Capacité de reproduction végétative de *B. halimifolia*

Premier test sur la reproduction végétative de *B. halimifolia* :

Introduction

L'évaluation des capacités de reproductions végétatives de *B. halimifolia,* à partir de fragments de racines est réalisé dans le but de permettre un gain de temps lors des chantiers d'arrachage. En effet, si à partir d'un certain diamètre/longueur de racine, l'émergence d'individus n'est plus possible, alors les fragments de racines post-chantier d'arrachage de *Baccharis* pourront être laissés en terre.

Matériel et méthodes

Des fragments de racines ont été récoltés en juin 2022 puis mis en culture. Les fragments provenant de racines principales et secondaires ont été identifiés puis mesurés (longueur et diamètre). Ils ont été mis en culture dans du terreau puis laissés en chambre d'acclimatation durant 11 mois (figure VIII.1).

Figure VIII.1 : Photographie du premier test sur la reproduction végétative de *B. halimifolia*

Résultats

Aucun fragment n'a permis l'émergence de nouvel individu (VIII.2).

Type de racines	Longueur (cm)	Diamètre (mm)	Pousse	Le ..
Principale	12	8	non	/
Principale	9,5	14	non	/
Principale	5	7	non	/
Principale	11	5	non	/
Secondaire	5,7	3	non	/
Secondaire	4,7	4	non	/
Secondaire	5,6	3	non	/
Secondaire	3,9	2	non	/
Secondaire	7	3	non	/
Secondaire	8,2	3	non	/
Secondaire	6	6	non	/
Secondaire	8	4	non	/
Secondaire	1,9	<0,5	non	/
Secondaire	5,4	1	non	/
Secondaire	5	<1 ; >0,5	non	/

Figure VIII.2 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus lors du premier test sur la reproduction végétative de *B. halimifolia*

Discussion / conclusion

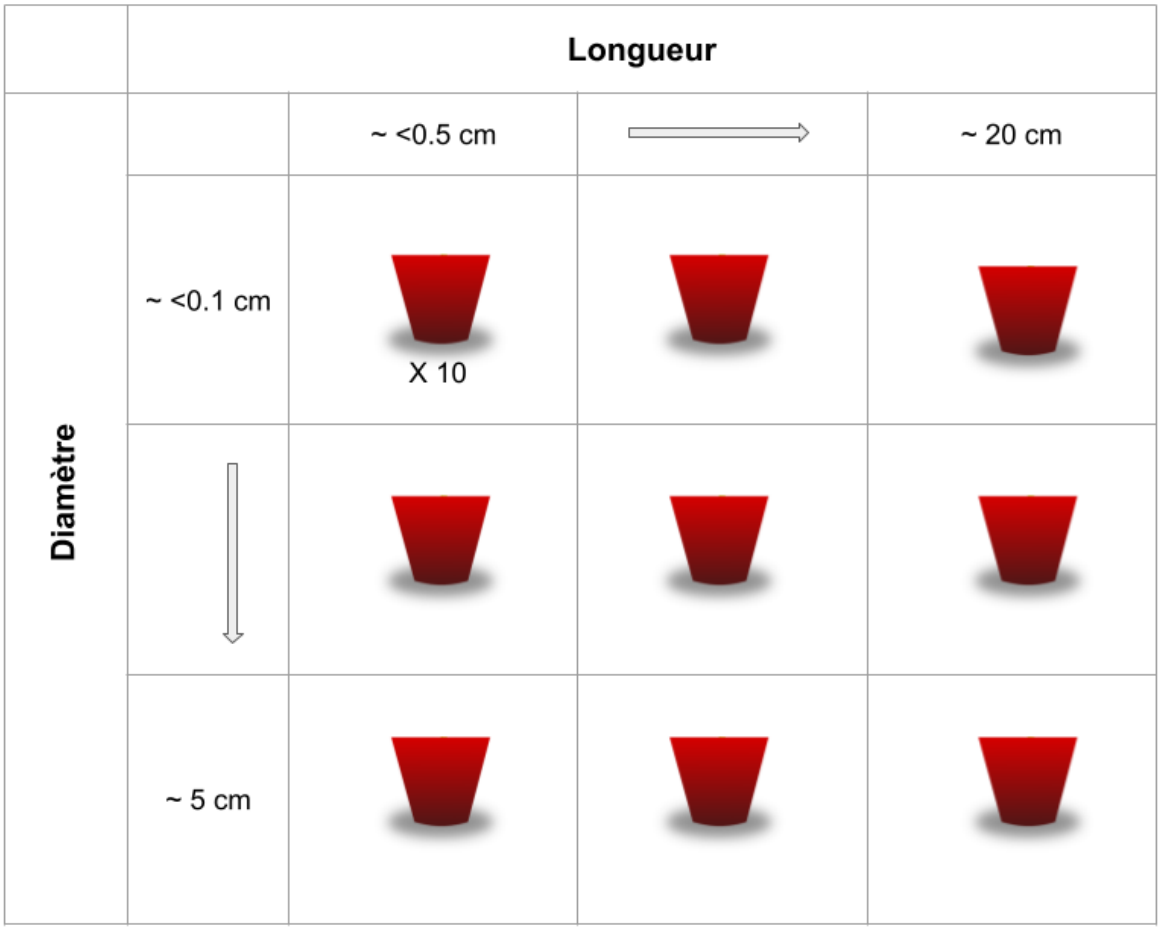
Les résultats obtenus ne peuvent pas être traités comme une preuve de non repousse à partir de ces dimensions de racine. Les facteurs ayant pu bloquer le développement à partir des fragments de racines étant multiples. D'autres expérimentations doivent venir affirmer ou non ces résultats.

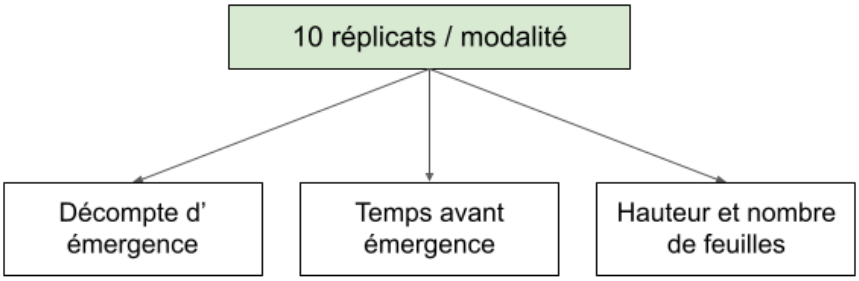
Capacité de reproduction végétative de *B. halimifolia*

Test croisé en conditions contrôlées:
Mise en culture de racines de *B. halimifolia* de différentes longueurs et de différents diamètres.

Pour chaque modalité 10 réplicats.

Différenciation : racine principale - racine secondaire

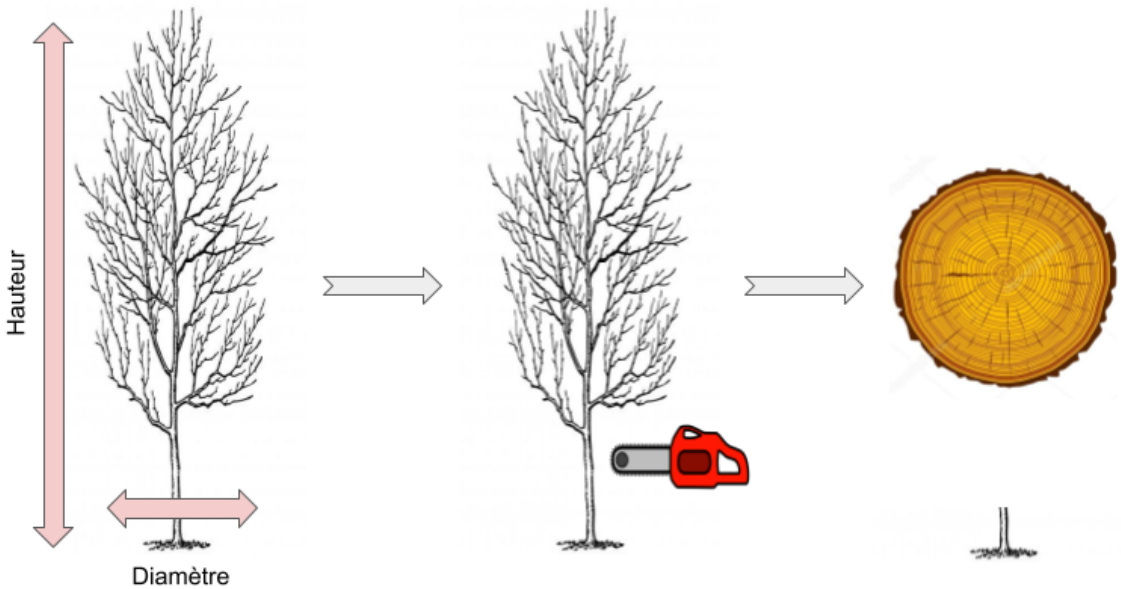




Fiche méthode 3 : Développement d'une méthode de détermination de l'âge des individus/populations de *B. halimifolia*

L'analyse de la dynamique des populations nécessite de connaître l'âge des individus, or sur le terrain, l' âge d'une population est complexe à déterminer, d'autant plus quand l'historique de la parcelle étudiée n'est pas disponible. Ainsi, une méthode de détermination fondée sur la corrélation entre diamètre et âge des individus sera développée in situ.

Pour ce faire, des individus de toute taille et de tout diamètre seront sélectionnés. Sur ces individus une mesure de hauteur et de diamètre à la base sera réalisée. Ensuite, les individus seront sciés mécaniquement à leur base, à l'aide d'une tronçonneuse à main, permettant la discrimination des stries de croissance des arbustres. L'âge réel des individus sera alors déterminé. Il sera alors possible de déterminer si une corrélation existe entre la taille, le diamètre et l'âge réel de l'individu.



Mesure hauteur et diamètre à la base de l'arbuste

Coupe à la base du tronc

Utilisation de la dendrologie pour déterminer l'âge de l'individu

Fiche méthode 4 : Suivis post-chantier d'arrachage

Les sites ayant fait l'objet de mesure de gestion en 2022-2023 seront suivis. Pour ce faire, des quadrats permanents ont été disposés, en 2022, sur le site de Bignac (Belz) et de Brennec - sud (Locoal-Mendon) (figure 1). La densité de *Baccharis halimifolia* a été dénombrée par classe de taille avant l'intervention du Syndicat Mixte de la Ria d'Etel qui a réalisé des chantiers d'arrachage manuel (figure 2). De plus, trois autres sites seraient idéals pour réaliser un suivi car tous les *Baccharis* présents ont été retirés. Sur les deux sites, deux techniques différentes de gestion ont été testées : arrachage manuel (site de Saint Hélène et de Pen er Pont à Locoal-Mendon) et arrachage mécanique avec l'utilisation de motoculteur (site de Brennec - nord à Locoal-Mendon).

Figure 1 : Cartographie des sites qui feront l'objet de suivi post chantier

	Taille quadrat (m2)	Date pose quadrat	Arrachage prévu	Densité au m2					
				Totale	< 0,5 m	0,5 - 1m	1 - 2 m	2 - 3 m	> 3m
Bignac	16	28/06/22	Fin 2022	10	2,5	6,1875	1,3125	0	0
Brennec	4	27/06/22	Fin 2022	195,5	192	3,5	0	0	0

Figure 2 : Densité initial des sites où les quadrats permanents ont été posés

Bibliographie générale

Alary M., 2005. Plantes envahissantes et biodiversité - Evaluation du niveau de colonisation de *Baccharis halimifolia* sur le territoire du Parc Naturel de Camargue et des moyens à mettre en œuvre pour son contrôle. Rapport de stage BTSA-GPN.

Allorge P., 1941. "Essai de synthèse phytogéographique du Pays Basque. "Bulletin de la Société Botanique de France 88 : 291–354.

Arizaga J., Unamuno E., and Clarabuch O., 2013. "The Impact of an Invasive Exotic Bush on the Stopover Ecology of Migrant Passerines." Animal Biodiversity and Conservation 36 (1): 1–11.

Arrigoni P.V., Viegi L., 2011. La flora vascolare esotica spontaneizzata della Toscana [Alien Vascular Flora Naturalized in Toscany]. Regione Toscana. Direzione generale Politiche territoriali, ambientali e per la mobilità Settore Tutela e valorizzazione delle risorse ambientali.

Auld B.A., 1970. "Groundsel Bush, a Dangerous Woody Weed of the Far North Coast." The Agricultural Gazette of New South Wales 81: 32–34.

Baker B.H., Sultan S.E., Lopez-Ichikawa M., Waterman R., 2019. Transgenerational effects of parental light environment on progeny competitive performance and lifetime fitness. Philos. Trans. R. Soc. B 374, 20180182.

Baker B.H., Berg L.J., Sultan S.E., 2018. Context-dependent developmental effects of parental shade versus sun are mediated by DNA methylation. Front. Plant Sci. 9, 1251.

Belini C.M.B., Marques M.O.M., Figueira G.M., Bajay M.M., Campos J.B., Viana J.P.G., Pinheiro J.B., Zucchi M. I., 2016. Characterization of microsatellite markers for *Baccharis dracunculifolia* (Astréraceae). Applications in Plant Sciences 2016 4 (3): 1500093.

Boldt P. E., 1987. "Host Specificity and Laboratory Rearing Studies of Megacyllene mellyi (Coleoptera : Cerambycidae), a Potential Biological Control Agent of *Baccharis* NeglectaBritt. (Asteraceae). Proceedings of the Entomological Society of Washington 89 : 665–672.

Bouterin B. et Canonge L., 1999. " Dynamique et évolution des peuplements de *Baccharis halimifolia*, délimitation de ses conditions écologiques (entre Fos-sur-mer et Port-Saint-Louis-du-Rhône)." MSc diss., Université de Droit d'Economie et des Sciences de St Jérôme (Marseille, France).

Brown SH et Cooperrider K., 2011. « *Baccharis halimifolia* ». Institut des services alimentaires et agricoles de l'Université de Floride.

Calleja F., Ondiviela B., Juanes J.A., 2019. Invasive potential of *Baccharis halimifolia* : Experimental characterization of its establishment capacity. Environmental and Experimental Botany 162 : 444–454.

Campos J. A., and Herrera M., 2009. "Análisis de la flora alóctona de Bizkaia (País Vasco, España). [Analysis of the Alien Flora in Bizkaia (Basque Country, Spain)]." Lazaroa 30: 7–33.

Campos J.A., Herrera M., Biurrun I., Loidi J., 2004. The role of alien plants in the natural coastal vegetation in central-northern Spain. Biodiversity and Conservation 13, 2275–2293.

Caño L., Fuertes-Mendizabal T., García-Baquero G., Herrera M., and González-Moro M. B., 2016. CañoPlasticity to salinity and transgenerational effects in the nonnative shrub *Baccharis halimifolia* : Insights into an estuarine invasion. American journal of botany 103 : 808-820.

Caño L., Campos J. A., García-Magro D., and Herrera M, 2014. "Invasiveness and Impact of The Non-native Shrub *Baccharis halimifolia* In Sea Rush Marshes: Fine-Scale Stress Heterogeneity Matters." Biological Invasions 16 (10): 2063–2077.

Caño L., García-Magro D., Herrera M., 2013. "Phenology of the Dioecious Shrub *Baccharis halimifolia* along an Environmental Gradient: Consequences for the Invasion of Atlantic Subhalophilous Communities." Plant Biosystems 147 : 1128–1138.

CBN Porquerolles Port-Cros, 2003. Plantes envahissantes de la région méditerranéenne. Montpellier : Agence Méditerranéenne de l'Environnement. Agence Régionale pour l'Environnement Provence-Alpes-Côte d'Azur.

CDR EEE, 2017. *Baccharis halimiifolia*. Base d'information sur les invasions biologiques en milieux aquatiques. Groupe de travail national Invasions biologiques en milieux aquatiques. UICN France et Office Française de la Biodiversité.

Charpentier A., Riou K., Thibault M., 2006. Bilan de la campagne de contrôle de l'expansion du *Baccharis Halimifolia* menée dans le Parc naturel régional de Camargue en automne 2004 et 2005. Pôle Relais Lagunes.

Cortot G., 2003. Les cladiaies : Ecologie et gestion par le feu et invasion biologique. Rapport de stage de DESS.

DeLoach C. J., Boldt P. E., Cordo H. A., Johnson H. B., and Cuda J. P., 1986. "Weeds Common to Mexican and U.S. Rangelands: Proposals for Biological Control and Ecological Studies." Paper presented at the Symposium on Management and Utilization of Arid Land Plants, Saltillo, February 18–22.

Diatloff G., 1964. "How Far Does Groundsel Seed Travel?" Queensland Agricultural Journal 90 : 354–356.

Dutra L.M., da Conceição Santos A.D., Lourenço A.V.F., Nagata N., Heiden G., Campos F.R., Barison A., 2020. 1H HR-MAS NMR and chemometric methods for discrimination and classification of *Baccharis* (Asteraceae) : A proposal for quality control of *Baccharis trimera*. J Pharm Biomed Anal. 2020 May30 ; 184 : 113200. Doi : 10.1016/j.jpba.2020.113200. Epub 2020 Feb 24. PMID : 32114162.

Ensbey R., 2001. Séneçon Bush. Grafton : Agriculture de Nouvelle-Galles du Sud.

European Commission 2007. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora.

Fortune C., 2018. Dynamique de la végétation - évaluation de l'efficacité d'une méthode de lutte contre le *Baccharis*. Conseil départemental du Morbihan, octobre 2018.

Fried G., Caño L., Brunel S., Beteta E., Charpentier A., Herrera M., Starfinger U., Panetta F.D., 2016. Monographs on Invasive Plants in Europe : *Baccharis halimifolia L.*, Botany Letters, 163:2, 127-153, DOI: 10.1080/23818107.2016.1168315.

Fried G., Panetta F.D., 2016. Comparing an exotic shrub's impact with that of a native life form analogue: *Baccharis halimifolia* vs Tamarix gallica in Mediterranean salt marsh communities J. Veg. Sci., 27 (2016), pp. 812-823, 10.1111/jvs.12407.

Fried G., Laitung B., Pierre C., Chagué N., Panetta F.D., 2014. Impact of invasive plants in Mediterranean habitats: disentangling the effects of characteristics of invaders and recipient communities. Biological Invasions 16, 1639–1658.

Fried G., Balmès V., Germain J.F., 2013. A contribution to the inventory and impacts of phytophagous insects found on *Baccharis halimifolia* in its introduced range in France. EPPO Bulletin 43, 285–289.

Fuertes-Mendizabal T., Caño L., González-Murua C., Herrera M., González-Moro M.B., 2014. "Plasticity in the Physiological Response to Salinity in the Invasive Species *Baccharis halimifolia*." Paper presented at the The Plant Biology Europe FESPB/EPSO Congress, Dublin, June 22–26.

Galarza A., and Hidalgo J., 2006. Diagnosis de la fauna vertebrada asociada a los carrizales de la reserva de la biosfera de Urdaibai: censo y cartografia de la avifauna (2005/2006). [Diagnosis of the vertebrate fauna associated with reedbeds of the Urdaibai estuary: census and mapping of the avifauna]. Bilbao : Urdaibai Fundazioa.

Gobierno V., 2014. Manual de Gestión de *Baccharis halimifolia*. Consulté le 01 juin 2022 sur : http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/documentacion/*Baccharis*/es_def/adjuntos/ManualGestion*BaccharisHalimifolia*_ES.pdf

Harcomb P. A., 1989. "Reports Progress of Three Prairie Restoration/Management Projects in Houston Area (Texas)." Restoration and Management Notes 7 (1): 35.

Hasegawa P. M., BressanR. A., Zhu J. K., Bohnert H. J., 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 51: 463–499.

Hibon G., 1938. “Note sur la végétation de Bretagne.” Bulletin de la Société nationale d'acclimatation de France 10 : 399–408.

Hobbs R. J., and Mooney H. A., 1986. “Community Changes Following Shrub Invasion of Grassland.” Oecologia 70 : 508–513.

Ihobe (Sociedad pública de gestión ambiental), 2014. Manual de gestión de *Baccharis halimifolia* [Manuel de gestion de *Baccharis halimifolia*]. Bilbao : Ihobe SA, Sociedad Pública de Gestión Ambiental, Gobierno Vasco.

Izard C., 2016. Retour d’expérience de gestion réalisé dans le cadre des travaux du groupe de travail Invasions Biologiques en milieux aquatiques – Onema & UICN France, février 2016.

Jovet P., 1947. “Plantes du Sud-Ouest.” Le Monde des Plantes 243 : 2–4.

Kumar A., Verma V.C., Gond S.K., Kumar V., Kharwar R.N., 2009. Bio-control potential of *Cladosporium sp.* (MCPL - 461), against a noxious weed Parthenium hysterophorus L. Journal of Environmental Biology, 30(2), 307-312.

Lázaro-Lobo A., Herrera M., Campos J.A., Caño L., Goñi E., Ervin G.N., 2020. Influence of local adaptations, transgenerational effects and changes in offspring's saline environment on *Baccharis halimifolia L*. under different salinity and light levels. Environmental and Experimental Botany 177 : 104 - 134.

MAA, 2018. Avis aux importateurs relatif aux introductions sur le territoire métropolitain d'espèces exotiques envahissantes animales ou végétales en provenance de pays tiers. Journal officiel de la République Française, 13 mars 2018, Texte 93 sur 124.

Mallard F., 2008. Effet d'une espèce végétale introduite envahissante le Séneçon en arbre *Baccharis halimifolia* sur le peuplement d'arthropodes dans le Golfe du Morbihan. MSc diss. : Université de Rennes. 1.

Moss J. E., 1967. “A Flowering Calendar of Possible Hay Fever Plants in Brisbane.” Medical Journal of Australia 1 : 270–272.

Muller S., 2004. Plantes invasives en France Museum National d'Histoire Naturelle, Paris.

Muller S., Brunel S., Maillet J., Baret S., Strasberg D., Le Bourgeois T., 2001. Les invasions biologiques causées par les plantes exotiques sur le territoire français métropolitain : état de connaissance et proposition d'action. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages.

Nesom G., 2006. Groundsel Tree *Baccharis halimifolia L.* USDA, NRCS, National Plant Data Center & Biota of North America Program.

Niu X., Bressan R. A., Hasegawa P. M., Pardo J. M., 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environments. Plant Physiology 109: 735–742.

OEPP, 2016. PM 23/09 (1) *Baccharis halimifolia*. Bulletin OEPP/OEPP (2016) 46 (3), 567–575.

Palmer W.A., Heard T.A., Sheppard A.W., 2010. A review of Australian classical biological control of weeds programs and research activities over the past 12 years. Biological Control 52, 271–287.

Panetta F.D., 1979a. "Germination and Seed Survival in the Woody Weed, Groundsel Bush (*Baccharis halimifolia L*.)." Australian Journal of Agricultural Research 30 (6): 1067–1077.

Panetta F.D., 1979b. "The Effects of Vegetation Development Upon Achene Production in the Woody Weed, Groundsel Bush (*Baccharis halimifolia L*.)." Australian Journal of Agricultural Research 30 (6): 1053–1065.

Panetta F.D., 1979c. "Shade Tolerance as Reflected in Population Structures of the Woody Weed, Groundsel Bush (*Baccharis halimifolia L*.)." Australian Journal of Botany 27 (5): 609–615.

Panetta F.D., 1977. "The Effect of Shade Upon Seedling Growth in Groundsel Bush (*Baccharis halimifolia* L.)." Australian Journal of Agricultural Research 28 (4) : 681–690.

Paudel S. and Battaglia L. L., 2015. “The Role of Light, Soil and Human Factors on the Probability of Occurrence of an Invasive and Three Native Plant Species in Coastal Transitions of Coastal Mississippi, USA.” Journal of Plant Ecology 8 : 491–500.

Pierre C. 2012. Impact de Huit Plantes Invasives Sur des Communautés Végétales de la Région Méditerranéenne. AgroSup Dijon, FR.

Proyecto LIFE, 2010. Restauración de hábitats de interés comunitario en estuarios del País Vasco - LIFE08NAT/E/000055.

Senacq G., 2002. L’invasion des marais à marisque par *Baccharis halimifolia* - Le cas des Espaces Naturels de Sollac, Méditerranée. Rapport de stage de DESS Gestion des zones humides, Université d’Angers.

Sims-Chilton N. M., Panetta F. D., 2011. “The Biology of Australian Weeds 58. *Baccharis halimifolia L*.” Plant Protection Quarterly 26 (4) : 114–123.

Sinnassamy J.M., 2004. « *Baccharis halimifolia* », In : Plantes invasives en France. Coordonné par Muller, S. Paris : Muséum national d'Histoire naturelle.

Sundberg S. D., Bogler D. J., 2006. “*Baccharis*.” In Flora of North America North of Mexico, edited by Flora of North America Editorial committee 1993–, 23–28. New York: Flora of North America Editorial committee.

Thellung M. A., 1916. “Quelques plantes adventices de France.” Le Monde des Plantes 99 : 11–13.

Westman W.E., Panetta F.D., Stanley T.D., 1975. Ecological studies on reproduction and establishment of the woody weed, groundsel bush (*Baccharis halimifolia* L.: Asteraceae), Aust. J. Agric. Res., 26:855-70.

Zanetti M., 1997. *Atlante della Flora notevole della Pianura veneta orientale. [Atlas of the Remarkable Flora of the Eastern Veneto Plain]*. Portogruaro, Italy: Ediciclo-Nuova Dimensione.