

DCE en Manche-Atlantique : Essais inter-laboratoires sur les mesures d'abondance des zostères (*Zostera marina* et *Zostera noltei*)

Validation de protocoles et recommandations

ISABELLE AUBY, HELENE OGER-JEANERET, LOÏC RIGOUIN, CLAIRE ROLLET, GILLES TRUT (IFREMER) - JACQUES GRALL, MARION MAGUER (UBO/IUEM/LEMAR), NATHALIE GUIGUES, BEATRICE LALERE (LNE)



Décembre 2018

En partenariat avec



Avec le soutien de





Avec le soutien de



Contexte de programmation et de réalisation

Ce rapport a été réalisé dans le cadre du programme scientifique et technique AQUAREF pour les années 2016- 2018, au titre de l'action « B » « Mettre en œuvre les méthodes de bioindication dans la surveillance et l'évaluation».

Auteur.e.s :

Prénom Nom : Isabelle Auby

Etablissement : Ifremer

Email : isabelle.auby@ifremer.fr

Prénom Nom : Hélène Oger-Jeanneret

Etablissement : Ifremer

Email : helene.oger.jeanneret@ifremer.fr

Prénom Nom : Loïc Rigouin

Etablissement : Ifremer

Email : loic.rigouin@ifremer.fr

Prénom Nom : Claire Rollet

Etablissement : Ifremer

Email : claire.rollet@ifremer.fr

Prénom Nom : Gilles Trut

Etablissement : Ifremer

Email : gilles.trut@ifremer.fr

Prénom Nom : Jacques Grall

Etablissement : Université de Brest, IUEM

Email : jacques.grall@univ-brest.fr

Prénom Nom : Marion Maguer

Etablissement : Université de Brest, IUEM

Email : mmaguer1@univ-brest.fr

Prénom Nom : Nathalie Guigues

Etablissement : LNE

Email : nathalie.guigues@lne.fr

Prénom Nom : Béatrice Lalère

Etablissement : LNE

Email : beatrice.lalere@lne.fr

Vérification du document

Prénom Nom : Christian CHAUVIN

Etablissement : Irstea

Email : christian.chauvin@irstea.fr

Les correspondants

AFB : Maïa Akopian

Etablissement : Ifremer

Référence du document : Isabelle Auby, Hélène Oger-Jeanerret, Loïc Rigouin, Claire Rollet, Gilles Trut (Ifremer, LER/Arcachon) - Jacques Grall, Marion Maguer (UBO/IUEM/LEMAR), Nathalie Guigues, Béatrice Lalère (LNE) - **DCE en Manche-Atlantique : Essais inter-laboratoires sur les mesures d'abondance des zostères (*Zostera marina* et *Zostera noltei*)** - Rapport AQUAREF 2018 - 74 p.

Droits d'usage :	<i>Accès libre</i>
Couverture géographique :	<i>National</i>
Niveau géographique :	<i>National</i>
Niveau de lecture :	<i>Professionnels, experts</i>
Nature de la ressource :	<i>Document</i>

Table des matières

INTRODUCTION	11
1. <i>ZOSTERA NOLTEI</i>	16
1.1. ETUDE DES PARAMETRES D'INFLUENCE DE LA METHODE	16
1.2. MATERIEL ET METHODES	17
1.2.1. Constitution des équipes	18
1.2.2. Essais sur le terrain	19
1.2.3. Essai en laboratoire	22
1.3. RESULTATS	23
1.3.1. Essai A : positionnement géographique.....	23
1.3.2. Essai B : effet opérateur GPS	25
1.3.3. Reconduction de l'essai B à Dinard en juillet 2018.....	25
1.3.4. Essai C : positionnement des quadrats	29
1.3.5. Essai D : estimation visuelle et prise de photos.....	33
1.3.6. Essai E : estimation du recouvrement avec ImageJ	38
2. <i>ZOSTERA MARINA</i>	41
2.1. ETUDE DES PARAMETRES D'INFLUENCE DE LA METHODE	41
2.2. MATERIEL ET METHODES	42
2.2.1. Constitution des équipes	43
2.2.2. Essais sur le terrain	43
2.2.3. Essais au laboratoire.....	48
2.3. RESULTATS.....	50
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	59
GLOSSAIRE.....	62
BIBLIOGRAPHIE	64
ANNEXES	66

Liste des figures

Figure 1: Localisation des sites dans lesquels les herbiers de zostères sont suivis dans le cadre de la DCE et du Rebenet Bretagne.	12
Figure 2 : Détail des points de suivi dans les masses d'eau DCE	13
Figure 3 : Diagramme des 5 M des facteurs de la méthode de détermination des herbiers à <i>Zostera noltei</i>	17
Figure 4 : Distance en mètres par rapport à la moyenne des observations, pour chaque équipe et pour chaque piquet.	24

Figure 5 : Tracés GPS du parcours réalisé par les opérateurs terrain en 2014, 2015 et 2017	25
Figure 6 : Nombre de piquets (sur 4) reconnus par chaque équipe.	26
Figure 7 : Position des repères de l'essai B autour du CRESCO à Dinard.	27
Figure 8 : Nombre de piquets identifiés par chacune des équipes.	28
Figure 9 : Identification des piquets par les équipes.	28
Figure 10 : Pourcentages de recouvrement (ImageJ) évalués à partir des photos des 8 quadrats prises par chaque équipe.	31
Figure 11 : Estimation du recouvrement visuel (en pourcentage) sur le terrain par les différentes équipes pour chaque quadrat.	36
Figure 12 : mesure du recouvrement (en pourcentage) de chaque quadrat par chaque équipe à l'aide du logiciel ImageJ.	38
Figure 13 : Diagramme des 5 M des facteurs de la méthode de détermination des herbiers à <i>Zostera marina</i> .	42
Figure 14 : Distance en mètres par rapport à la moyenne des observations, pour chaque équipe et pour chaque piquet.	50
Figure 15 : Densité des pieds mesurés dans les quadrats par chaque équipe lors de l'essai G.	52
Figure 16 : Mesure des longueurs de chaque feuille (en mm) par les équipes, après vérification auprès des participants.	57

Liste des tableaux

Tableau 1: Masses d'eau faisant l'objet d'un suivi des angiospermes dans le cadre de la DCE et de Rebent Bretagne et stations de mesure des abondances.	14
Tableau 2 : Participants à l'EIL <i>Zostera noltei</i> en octobre 2016.	18
Tableau 3 : Modèles de GPS utilisés par les différentes équipes.	23
Tableau 4 : Références des GPS utilisés lors de l'essai B à Dinard.	27
Tableau 5 : Pourcentages de recouvrement estimés par ImageJ à partir des photos des huit quadrats prises par chaque équipe.	31
Tableau 6 : Moyenne des taux de recouvrements estimés par ImageJ (en pourcentage) et distance à cette moyenne pour les huit quadrats obtenus par chaque équipe.	32
Tableau 7 : Estimation du taux de recouvrement de chaque quadrat (en pourcentage) et de classe correspondante à partir des meilleures photos.	33
Tableau 8 : Ecart à la moyenne des taux de recouvrement obtenus (%) par les équipes pour les 9 photos de l'essai E. Les cases en jaune correspondent aux écarts à la moyenne de plus de 10%.	39
Tableau 9 : Bilan des réglages effectués (O pour oui, N pour non) par les équipes lors de l'analyse des 9 photos de l'essai E.	39
Tableau 10 : Participants à l'EIL <i>Zostera marina</i> en juin 2017.	43
Tableau 11 : Modèles de GPS utilisé par les différentes équipes.	50
Tableau 12 : Résultats de densité obtenus dans les 5 quadrats par les différentes équipes.	51
Tableau 13 : Ecart à la référence observés dans les densités de pieds, par équipe et par quadrat dans l'essai G.	53
Tableau 14 : Mesure du pourcentage de maladie (wasting disease) par les différentes équipes.	54
Tableau 15 : Ecart à la référence observés dans l'essai H.	54
Tableau 16 : Largeur des feuilles (mm).	55
Tableau 17 : Longueur des gaines (mm).	56
Tableau 18 : Longueur des feuilles (mm).	57
Tableau 19 : Longueur des feuilles, après vérification de l'ordre des feuilles auprès des participants.	57
Tableau 20 : Bilan des conclusions de l'EIL Zostères sur les différents paramètres testés.	60

Liste des photos

Photo 1 : L'herbier de Rocher sur le Bassin d'Arcachon.	19
Photo 2 : L'équipe Ifremer Nantes/La Trinité relève les coordonnées du piquet n°1.	19
Photo 3 : Une opératrice de l'Ifremer Dinard réalise l'essai B.	20
Photo 4 : L'opérateur du GEMEL enfle les patins avant de marcher sur l'herbier.	20
Photo 5 : Positionnement du quadrat devant l'un des 8 piquets.	21
Photo 6 : Prise de photo du quadrat par l'équipe Ifremer d'Arcachon (site d'Anglet). On peut noter son choix de faire de l'ombre avant de prendre la photo.	21
Photo 7 : Prise de photos du quadrat 4 par les équipes 3 (à gauche) et 8 (à droite).	22
Photo 8 : Exemples de photos fournies par les organisateurs (n°5 à gauche ; n°7 à droite)	22
Photo 9 : Les 3 piquets du 4 ^{ème} groupe.	25
Photo 10 : Positionnement du quadrat 1 par les équipes 7 (à gauche) et 9 (à droite).	30
Photo 11 : Prise de vue du quadrat 1 par les équipes 3 (à gauche) et 7 (à droite).....	30
Photo 12 : La photo du quadrat D1 prise par l'équipe 3 (et qui a servi de référence, à gauche) et par l'équipe 6 dans des conditions de terrain moins favorables (à droite).	33
Photo 13 : La photo du quadrat D2 prise par l'équipe 6 (et qui a servi de référence, à gauche) et par l'équipe 9 dans des conditions de terrain moins favorables (à droite).	34
Photo 14 : La photo du quadrat D3 prise par l'équipe 3 (et qui a servi de référence, à gauche) et par l'équipe 1 dans des conditions de terrain moins favorables (à droite).	34
Photo 15 : La photo du quadrat D4 prise par l'équipe 3 (et qui a servi de référence, à gauche) et par l'équipe 2 dans des conditions de terrain moins favorables (à droite).	35
Photo 16 : Un quadrat présentant 100% de recouvrement à la station Afrique dans le Bassin d'Arcachon (campagne DCE 2014).	35
Photo 17 : L'herbier de Penn Enez à Landéda.	44
Photo 18 : L'équipe Ifremer/Dinard choisit un endroit représentatif près du piquet.	45
Photo 19 : L'équipe MNHN Dinard a jeté le quadrat aléatoirement à proximité du point. .	45
Photo 20 : Prélèvement de zostères à l'intérieur du quadrat (avant/après).	46
Photo 21 : Prélèvement de pieds de zostères sur la station pour l'évaluation des épiphytes et de la maladie du dépérissement (wasting disease).	46
Photo 22 : L'équipe d'Arcachon relève les coordonnées du repère 3.	47
Photo 23: Les quadrats 3 et 4 de l'essai G.	47
Photo 24 : L'équipe Natura 2000 compte les pieds dans le quadrat 1.	48
Photo 25 : Différents éléments d'un pied de zostère marine et détermination de l'âge relatif des feuilles.	48
Photo 26 : Détermination de l'âge des feuilles sur un pied de <i>Zostera marina</i> lors de l'EIL.	49
Photo 27 : Une feuille axillaire de <i>Zostera marina</i> a été confondue avec un pied par 4 équipes sur 5.....	52
Photo 28 : Un pied de <i>Zostera marina</i> de l'essai I.	55
Photo 29 : Illustration de la mesure de la longueur d'une gaine/d'une feuille en utilisant le papier millimétré.	56

DCE MANCHE-ATLANTIQUE : ESSAIS INTER-LABORATOIRES SUR LES MESURES D'ABONDANCE DES ZOSTERES (Zostera marina ET Zostera noltei).

Isabelle Auby, Hélène Oger-Jeanneret, Loïc Rigouin, Claire Rollet, Gilles Trut (Ifremer), Jacques Grall, Marion Maguer (UBO/IUEM/LEMAR), Nathalie Guigues, Béatrice Lalère (LNE).

Résumé

Ce rapport présente les résultats des premiers essais inter-laboratoires (EIL) r ealis es dans le contexte de la DCE sur les herbiers de zostères (*Zostera marina* et *Zostera noltei*) des côtes françaises de Manche-Atlantique.

L'objectif de ces EIL, qui se sont d eroul es dans l'Aber Wrac'h (Bretagne) et sur le Bassin d'Arcachon (Nouvelle-Aquitaine), était d'évaluer les pratiques des opérateurs DCE, sur le terrain comme en laboratoire.

Les essais ont permis de mettre en évidence les facteurs ayant une influence sur les résultats et de détecter les principales sources d'incertitude. Ils ont ainsi conduit à proposer des améliorations pour optimiser et standardiser les méthodes d'échantillonnage DCE et abouti à la mise à jour des protocoles précédents.

Enfin, la nécessité d'exercices récurrents a été mise en évidence lors de ces essais.

Mots clés (thématique et géographique)

Essais inter-laboratoires (EIL), herbiers de zostères, DCE, Manche, Atlantique, prélèvements, analyses, incertitude, protocoles de surveillance.

WFD FRENCH CHANNEL-ATLANTIC : INTER LABORATORY COMPARISONS ON ABUNDANCE MEASUREMENTS OF ZOSTERA (Zostera marina AND Zostera noltei) SEAGRASSES.

Isabelle Auby, Hélène Oger-Jeanneret, Lo ic Rigouin, Claire Rollet, Gilles Trut (Ifremer), Jacques Grall, Marion Maguer (UBO/IUEM/LEMAR), Nathalie Guigues, Béatrice Lalère (LNE).

Abstract

This report describes the results of the first Inter Laboratory Comparisons (ILCs) realized in the context of the WFD, regarding the seagrass beds (*Zostera marina*, *Zostera noltei*) on the French coasts (Channel, Atlantic).

The ILCs were intended to assess the practices used by the operators involved in WFD monitoring, for field sampling as well as for laboratory measurements. They were conducted in the Aber Wrac'h (Brittany) and in the Arcachon Bay (New-Aquitaine).

The factors impacting the results were highlighted by the ILCs, and the main sources of uncertainty were detected. Thus, improvements were proposed in order to optimize and standardize the methods used in WFD monitoring. Consequently, an update of the previous WFD monitoring protocols was published.

Finally, the need for recurring trainings was outlined by all participants.

Key words (thematic and geographical area)

Inter Laboratory Comparisons (ILCs), seagrass beds, WFD, French coasts (Atlantic, Channel), sampling, analyses, uncertainty, monitoring protocols.

Nous remercions Laurence Miossec, qui a initié ce travail en collaboration avec le LNE.

Nous remercions également tous les participants, qui ont contribué à ces essais dans la bonne humeur et qui ont permis, grâce à leurs remarques judicieuses, d'améliorer chaque étape des protocoles :

ADERA-Cohabys : Fabien Aubert
Agence Française de Biodiversité : Cécile Gicquel
Agence de l'eau Seine-Normandie : Yann Joncourt
GEMEL Normandie : Alexandrine Baffreau, Aurélie Garcia
Ifremer LER Arcachon, site d'Anglet : Marie Noëlle de Casamajor, Florence Sanchez.
Ifremer LER/BN Dinard : Aurélie Foveau, Aurore Lejolivet.
Ifremer LER/MPL La Trinité-sur-mer et Nantes : Mireille Fortune, Soazig Manach
Ligue de Protection des Oiseaux : Sébastien Dalloyau
Muséum National d'Histoire Naturelle : Sébastien Aubin, Suzie Humbert, Lise Latry
Natura 2000 « archipel des Glénan » : Géraldine Gaillère
Natura 2000 « baie de Morlaix » : Gwladys Daudin
Natura 2000 « côte de granit rose - sept îles » : Maiwenn Le Borgne
Natura 2000 « ria d'Etel » : Valentin Geslin, Charlotte Iazard
Parc Naturel Régional du golfe du Morbihan : Juliette Herry, Ronan Pasco
UMS PatriNat : Anne-Laure Janson
Université de Brest, IUEM LEMAR : Gabin Droual

Enfin, un grand merci à Florence Trut et Julie Dardanelli pour leur appui logistique efficace, qui a contribué au bon déroulement des essais.

Introduction

L'objectif de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) 2000/60/CE est l'atteinte et le maintien d'un bon état écologique et chimique des masses d'eau souterraines et de surface ; ces dernières incluent les eaux côtières et de transition (estuaires). L'état des masses d'eau est évalué sur la base de la surveillance régulière d'éléments de qualité physico-chimiques (turbidité, oxygène dissous, température,...), chimiques (contaminants organiques et métalliques...) et biologiques (phytoplancton, macroalgues, phanérogame, invertébrés, et poissons dans les masses d'eau de transition).

Le laboratoire national de référence Aquaref a été créé en 2007 pour renforcer l'expertise française dans le domaine de la surveillance des milieux aquatiques. Il regroupe les compétences et les capacités de recherche des cinq établissements publics directement concernés : BRGM, Ifremer, INERIS, Irstea et LNE. Il a pour objectifs de répondre aux besoins d'outils et de méthodes nécessaires à l'harmonisation de la surveillance DCE, à la normalisation des protocoles et à la fiabilisation des données environnementales dans les domaines de la chimie et de l'hydrobiologie.

L'Ifremer coordonne les travaux d'Aquaref dans le domaine de l'hydrobiologie pour les masses d'eau côtières et de transition. Il a ainsi piloté la mise au point de plusieurs protocoles et indicateurs DCE sur le phytoplancton et la physico-chimie (Belin et Daniel, 2013), les angiospermes (Auby *et al.*, 2010, 2012 et 2014), les invertébrés benthiques (Garcia *et al.*, 2014). L'Ifremer a produit par ailleurs des guides méthodologiques Aquaref en se basant sur ses propres protocoles et sur ceux développés par ses partenaires scientifiques pour la surveillance DCE (Miossec *et al.*, 2011 ; Miossec 2013 a et b). Enfin, il a été à l'initiative d'essais inter-laboratoires sur le phytoplancton (Neaud-Masson et Brun, 2015), les macroalgues intertidales (Miossec *et al.*, 2012) et subtidales (Derrien-Courtet *et al.*, 2013), les invertébrés benthiques (Sauriau *et al.*, 2015) ; il a aussi travaillé sur les incertitudes liées aux méthodes d'évaluation de la qualité des eaux par les bioindicateurs (Soudant *et al.*, 2014 ; Soudant *et al.*, 2018).

Le Laboratoire Environnement Ressources Ifremer Arcachon (LER/AR) abrite l'expertise thématique nationale DCE pour l'indicateur « Angiospermes », qui contribue à l'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau. Il est à l'origine du développement de cet indicateur sur les côtes françaises de Manche-Atlantique (Auby *et al.*, 2010).

Dans la continuité de ce travail, le LER/AR a mis au point, en collaboration avec différents partenaires (CNRS/Université de Brest et de La Rochelle en particulier) les protocoles d'échantillonnage pour la zostère naine *Zostera noltei* et la zostère marine *Zostera marina* (Auby *et al.*, 2012 et 2014). Ces protocoles sont mis en œuvre chaque année dans 21 masses d'eau côtières et de transition par une dizaine d'équipes, dans le cadre du Rebent Bretagne (réseau de surveillance des biocénoses benthiques pour la Région Bretagne <http://www.rebent.org/>) et de la DCE (Figures 1 et 2, Tableau 1) et permettent d'évaluer la qualité des masses d'eau pour l'indicateur « angiospermes » (Auby *et al.*, 2018).

Depuis 2012, le LER/AR réunit chaque année à Arcachon les différents opérateurs chargés de la mise en œuvre de la surveillance DCE dans les masses d'eau littorales de Manche-Atlantique (Ifremer, Universités, CNRS, bureaux d'études,...). A la suite des retours d'expérience sur la mise en œuvre de ces protocoles et de la prise en compte des remarques des opérateurs, le LER/AR a proposé d'organiser, avec le concours d'Aquaref, du LNE et de l'IUEM, des essais inter-laboratoires sur les deux espèces *Zostera noltei* (2016) et *Zostera marina* (2017).

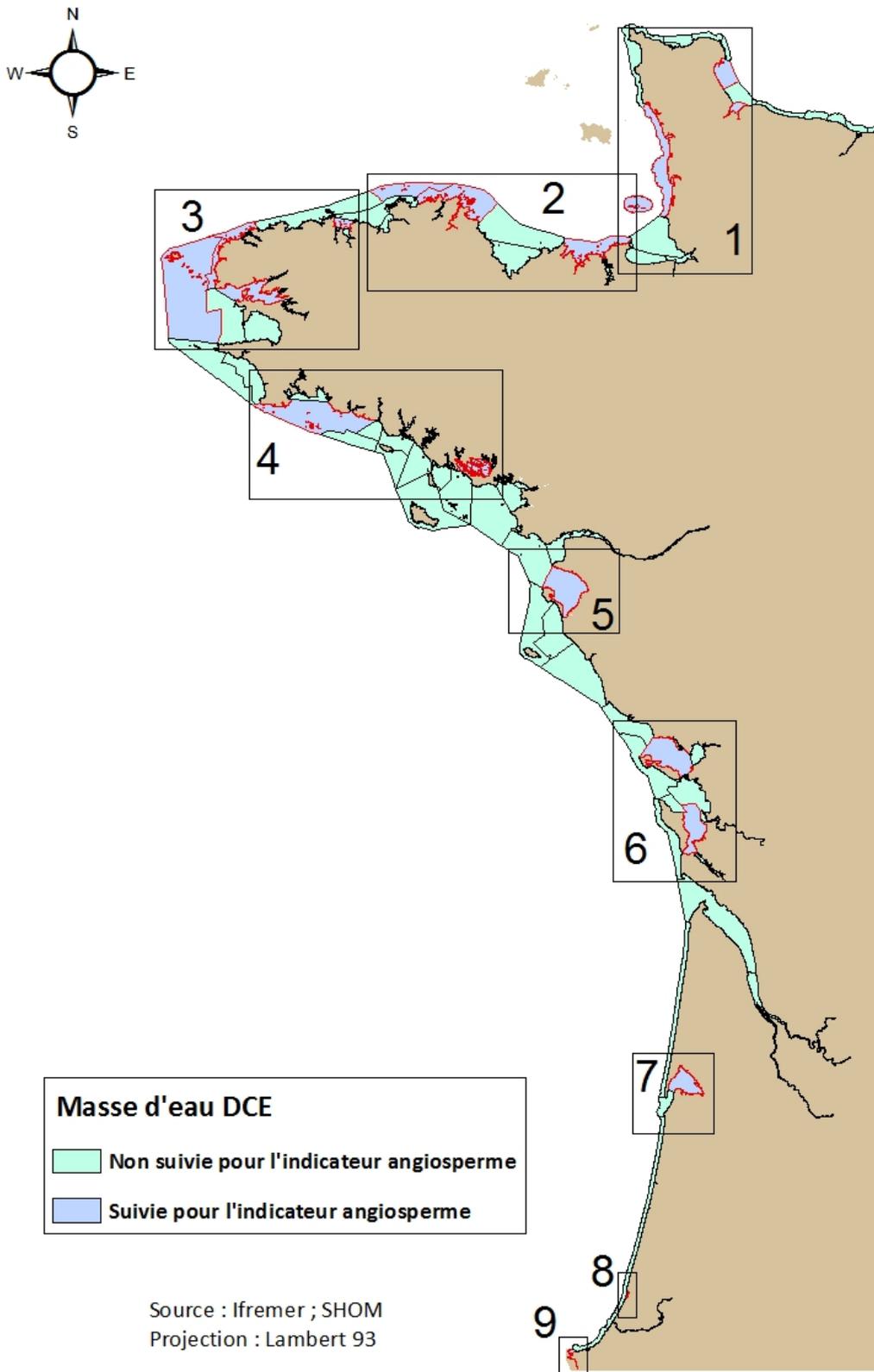


Figure 1: Localisation des sites dans lesquels les herbiers de zostères sont suivis dans le cadre de la DCE et du Rebet Bretagne.

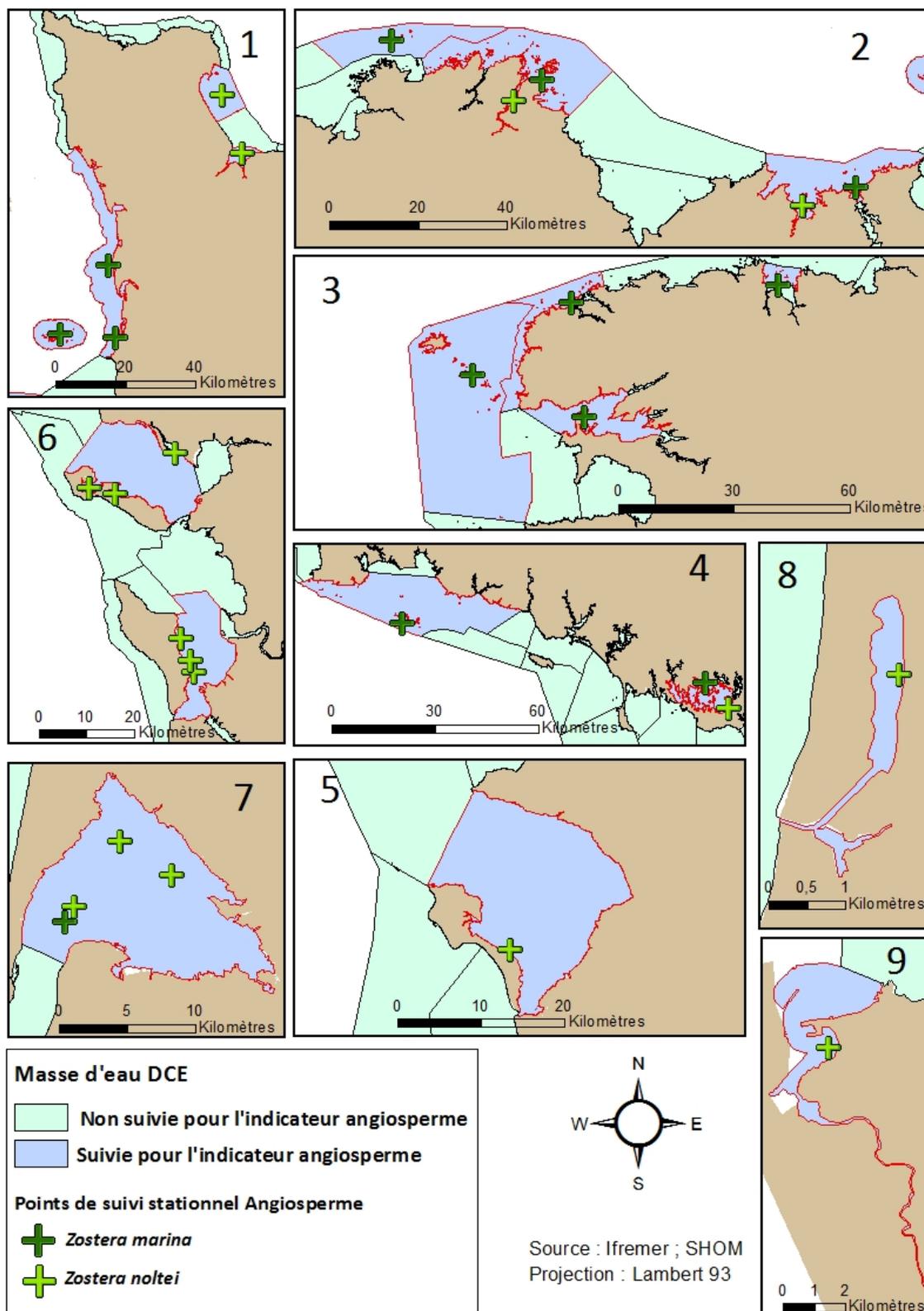


Figure 2 : Détail des points de suivi dans les masses d'eau DCE

La correspondance entre les numéros et les masses d'eau suivies se trouve dans le tableau 1.

Tableau 1: Masses d'eau faisant l'objet d'un suivi des angiospermes dans le cadre de la DCE et de Rebent Bretagne et stations de mesure des abondances.

Carte	Masse d'eau		Espèce(s) échantillonnée(s) et nom des stations suivies	
	n°	nom	<i>Zostera marina</i>	<i>Zostera noltei</i>
1	FRHT06	Baie des Veys (fond)		SIZN02 - La Pointe de Brévands HZN
1	FRHC09	Anse de St-Vaast la Hougue		SIZN01 - St Vaast la Hougue HZN
1	FRHC03	Ouest Cotentin	SIZM02 - Bréhal HZM	
			SIZM03 - Gouville HZM	
1	FRHC01	Archipel Chausey	SIZM01 – Chausey HZM SIZM01bis – Chausey HZM SIZM01ter – Chausey HZM	
2	FRGC03	Rance Fresnaye	Saint Malo Petit Bé HZM	Saint-Jacut de la Mer int HZN
2	FRGT03	Le Trieux		Le Trieux Kergrist HZN
2	FRGC07	Paimpol – Perros-Guirec	L'Arcouest HZM	
2	FRGC08	Perros-Guirec (large)	Les Sept Iles HZM	
3	FRGC11	Baie de Morlaix	Callot HZM	
3	FRGC13	Les Abers (large)	Sainte-Marguerite HZM	
3	FRGC18	Iroise (large)	Molène HZM	
3	FRGC16	Rade de Brest	Roscanvel HZM	
4	FRGC28	Concarneau (large)	Glénan HZM	
4	FRGC39	Golfe du Morbihan	Arradon HZM	Kerlevenan-Sarzeau int HZN
5	FRGC48	Baie de Bourgneuf		La Berche int HZN
6	FRGT30	Estuaire du Lay		Lay Crochon 1982 int HZN
6	FRGC53	Pertuis breton		Ars en Ré int HZN
				Plage de la Charge Neuve int HZN
6	FRFC02	Pertuis charentais		Les Doux int HZN
				Perrottine-Bellevue int HZN
				Le Château d'Oléron int HZN
7	FRFC06	Arcachon amont	Courbey_sub_ZM	Afrique int HZN
				Estey Tort int HZN
				Hautebelle int HZN
8	FRFC09	Hossegor		Hossegor int HZN
9	FRFT08	Estuaire Bidassoa		Bidassoa int HZN

Les EIL (essais interlaboratoires) sont des exercices récurrents qui doivent permettre de vérifier que les protocoles sont appliqués de manière homogène par l'ensemble des opérateurs, ce qui permet de disposer de résultats fiables et comparables. Ils répondent

donc aux besoins exprimés par Aquaref en termes de validation des méthodes de surveillance dans le domaine de l'hydrobiologie. Les EIL qui font l'objet de ce document constituent le premier exercice de ce type organisé sur les herbiers de zostères des côtes françaises de Manche-Atlantique. Leur objectif est d'évaluer les pratiques des différents opérateurs DCE, sur le terrain comme en laboratoire, de définir les facteurs ayant une influence sur le résultat, et d'aboutir à la publication d'une méthode reconnue pour l'échantillonnage des herbiers. Il a vocation à être reconduit régulièrement en intégrant tous les opérateurs qui mettent en œuvre ce protocole.

L'indicateur DCE « Angiospermes » est suivi dans 21 masses d'eau côtières et de transition entre la côte Est du Cotentin et la frontière espagnole. Il est calculé à partir de trois métriques (Auby *et al.*, 2010) :

- La composition taxinomique : évolution du nombre d'espèces de zostères présentes (*Zostera marina* et/ou *Zostera noltei*) ;
- L'extension : évolution des surfaces occupées par la/les espèce/s présente/s ;
- L'abondance : évolution de la densité des pieds pour *Zostera marina*, évolution du pourcentage de recouvrement pour *Zostera noltei*.

Les EIL qui font l'objet de ce travail portent **uniquement sur la métrique « abondance »**. En effet, à condition d'explorer chaque année l'ensemble du secteur étudié, la composition taxinomique ne pose pas de difficulté d'évaluation : les caractéristiques morphométriques des deux espèces étant très différentes, il est facile pour les opérateurs de constater sans se tromper leur apparition ou leur disparition dans une masse d'eau.

D'autre part, la mise au point d'un protocole homogène pour la cartographie des herbiers est en cours sur la base de l'utilisation de plusieurs techniques d'imagerie (satellite, drone, capteurs multispectraux,...) et il nous a semblé prématuré d'organiser un EIL pour la métrique « extension ».

Les EIL ont été organisés en deux sessions :

- 18 et 19 octobre 2016 à Arcachon (animation LER/AR, référent pour *Z. noltei*)
- 26 et 27 juin 2017 à Brest (animation IUEM/LEMAR, référent pour *Z. marina*)

1. *Zostera noltei*

1.1. Etude des paramètres d'influence de la méthode

Selon la norme ISO/CEI 17043:2010(F), « Les objectifs typiques des comparaisons interlaboratoires comportent :

- a) l'évaluation des performances des laboratoires pour des essais ou des mesurages spécifiques, ainsi que la surveillance du maintien des performances des laboratoires ;
- b) l'identification de problèmes dans les laboratoires et le lancement d'actions d'amélioration qui peuvent, par exemple, se rapporter à des modes opératoires d'essai ou de mesure, à l'efficacité de la formation du personnel et à son encadrement, ou à un étalonnage du matériel inappropriés ;
- c) la détermination de l'efficacité et la possibilité de comparer les essais ou les méthodes de mesure ;
- d) l'amélioration de la confiance des clients des laboratoires ;
- e) l'identification des différences entre laboratoires ;
- f) la formation des laboratoires participants sur la base des résultats de ces comparaisons ;
- g) la validation des revendications d'incertitude ;
- h) l'évaluation des caractéristiques de performance d'une méthode, souvent décrite comme des essais interlaboratoires ;
- i) l'affectation de valeurs à des matériaux de référence et l'évaluation de leur aptitude à être utilisés dans des procédures de mesure ou d'essai spécifiques ; et
- j) une aide aux déclarations d'équivalence des mesures des instituts nationaux de métrologie par l'intermédiaire de «comparaisons clés» et de comparaisons supplémentaires effectuées pour le compte du Bureau international des poids et mesures (BIPM) et des organismes régionaux de métrologie associées. »

Dans les études présentées dans ce rapport, les objectifs étaient :

- a) d'identifier les facteurs pouvant avoir une influence sur le résultat de la mesure et, si besoin, mieux les définir ;
- b) de former les laboratoires participants, et modifier par la suite les protocoles si nécessaire ;
- c) d'identifier les différences d'application de la méthode entre les laboratoires et modifier par la suite les protocoles si nécessaire.

Dans un premier temps, les facteurs ayant potentiellement une influence sur le résultat de mesure ont été inventoriés à partir d'une étude détaillée du protocole et en utilisant le diagramme dit des « 5M » (Figure 3).

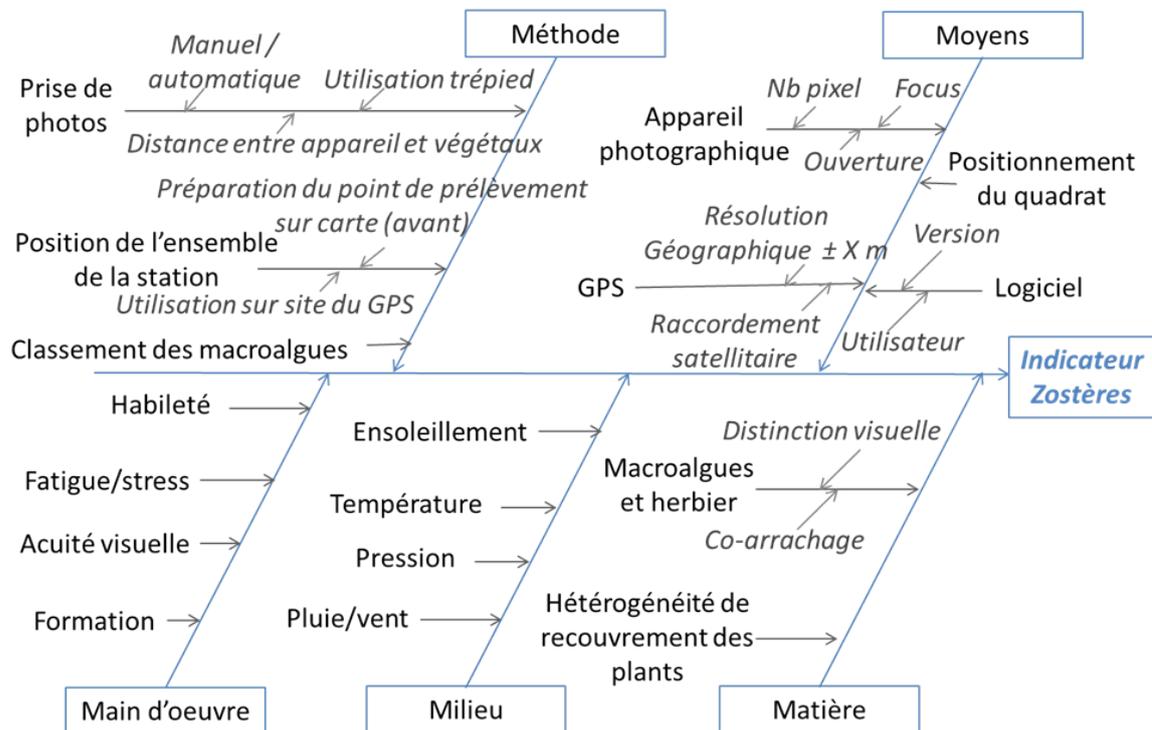


Figure 3 : Diagramme des 5 M des facteurs de la méthode de détermination des herbiers à *Zostera noltei*.

Certains facteurs ont été considérés comme négligeables c'est-à-dire ayant peu ou pas d'influence sur le résultat ou bien ne pouvant être maîtrisés :

- période de mesure (par rapport à la croissance)
- température, pression extérieure
- hétérogénéité de recouvrement de l'espèce

D'autres facteurs, liés à la méthode d'évaluation elle-même ou à l'opérateur, sont susceptibles d'avoir une influence sur le résultat et ont été étudiés lors de l'essai interlaboratoires :

- GPS (résolution géographique)
- réglage de l'appareil photo
- positionnement du quadrat dans l'herbier
- prise de photo
- mise en œuvre du logiciel de traitement d'image par les utilisateurs

A partir de cet inventaire des facteurs d'influence, différents essais décrits dans les paragraphes suivants ont été mis en œuvre.

1.2. Matériel et méthodes

La date de l'EIL (18 et 19 octobre 2016) avait été choisie en fonction du coefficient de marée (111 le 18/10), qui permettait d'accéder à la zone d'herbier pendant plusieurs heures et de réaliser l'ensemble des essais.

Une semaine avant le début de l'EIL, tous les participants avaient reçu une fiche de consignes (Annexe 1), qui indiquait le matériel à apporter et décrivait les essais sur le terrain et en laboratoire.

Le 18 octobre, avant le début des essais, les animateurs avaient installé sur le terrain le matériel nécessaire au déroulement de l'EIL (piquets, quadrats : Auby *et al.*, 2018, et photo 5).

Avant le départ sur le terrain, les animateurs ont fait également un rappel sur la mise en œuvre du protocole DCE et ont échangé avec les participants sur les points qui posaient encore question. L'essai en laboratoire s'est déroulé le 19 octobre.

1.2.1. Constitution des équipes

Entre la frontière belge et la frontière espagnole, le protocole DCE « Angiospermes » pour *Zostera noltei* est essentiellement mis en œuvre par les équipes de l'Ifremer. Le Groupe d'Etude des Milieux Estuariens et Littoraux de Normandie (GEMEL-N) et l'Université de La Rochelle complètent le dispositif de surveillance. Le Museum National d'Histoire Naturelle de Dinard, qui effectue le suivi de *Zostera marina* dans l'Ouest Cotentin, a également participé à cet EIL sur *Zostera noltei*.

Le Parc naturel régional du Golfe du Morbihan, qui applique ce protocole dans les zones dont il est gestionnaire, a également été invité à l'EIL.

Le LNE a contribué à la définition des essais et est intervenu sur le terrain en tant qu'observateur. Vingt personnes ont ainsi participé à cet exercice (Tableau 2).

Tableau 2 : Participants à l'EIL *Zostera noltei* en octobre 2016.

Nom	Organisme
AUBERT Fabien	Université de La Rochelle
AUBIN Sébastien	MNHN Dinard
AUBY Isabelle	Ifremer Arcachon
de CASAMAJOR Marie-Noëlle	Ifremer Arcachon (site d'Anglet)
FORTUNE Mireille	Ifremer Nantes
GARCIA Aurélie	MNHN Dinard
HERRY Juliette	Parc Naturel Régional Golfe du Morbihan
JANSON Anne-Laure	UMS PatriNat, Dinard
JONCOURT Yann	GEMEL Normandie
LEJOLIVET Aurore	Ifremer Dinard
MANACH Soazig	Ifremer La Trinité-sur-mer
OGER-JEANNERET Hélène	Ifremer Arcachon
PASCO Ronan	Parc Naturel Régional Golfe du Morbihan
RIGOUIN Loïc	Ifremer Arcachon
ROLLET Claire	Ifremer Dinard
SANCHEZ Florence	Ifremer Arcachon (site d'Anglet)
SAURIAU Pierre-Guy	Université de La Rochelle
TRUT Gilles	Ifremer Arcachon
GUIGUES Nathalie	LNE Paris, observatrice
LALÈRE Béatrice	LNE Paris, observatrice

A l'exception du LNE (observateur) et de l'Ifremer Arcachon (organisateur, 4 personnes), chaque équipe était constituée par deux personnes qui travaillent habituellement ensemble sur le terrain et avait reçu un code confidentiel qu'elle a reporté sur tous les bordereaux de résultats (feuilles de terrain plastifiées, documents électroniques). La composition de chacune des 8 équipes figure dans le tableau 2 de l'annexe 1.

1.2.2. Essais sur le terrain

Quatre essais ont eu lieu sur un herbier de *Zostera noltei* du Bassin d'Arcachon, situé à proximité du port de Rocher à La Teste de Buch (Photo 1). L'intérêt de ce site largement découvert par coefficient de 111 était sa facilité d'accès et la présence de différentes classes de recouvrement par les zostères.



Photo 1 : L'herbier de Rocher sur le Bassin d'Arcachon.

1.2.2.1. Essai A : positionnement géographique. Son objectif était de connaître l'erreur de positionnement des GPS par rapport au récepteur GPS différentiel submétrique de marque TRIMBLE type GeoXT GeoExplorer série 3000 utilisé par le LER/AR (considéré ici comme l'appareil de référence) en relevant les coordonnées de quatre piquets positionnés sur l'estran (Photo 2).



Photo 2 : L'équipe Ifremer Nantes/La Trinité relève les coordonnées du piquet n°1.

1.2.2.2. Essai B : effet opérateur GPS. L'objectif était d'évaluer les différences d'appréciation entre les opérateurs sur le positionnement d'un point. Au sein d'un groupe de trois piquets (Photo 3), chaque équipe devait estimer celui qui était le plus

proche des coordonnées X et Y fournies par les organisateurs. Il y avait 4 groupes de trois piquets.



Photo 3 : Une opératrice de l'Ifremer Dinard réalise l'essai B.

Les essais A et B, relatifs à l'exactitude du positionnement, ont été réalisés en haut de l'estran, dépourvu d'herbier, ce qui a permis d'éviter le piétinement des zostères pendant cette partie de l'EIL. En revanche, pour les essais C et D, les organisateurs avaient fourni une paire de patins à tous les participants, afin de minimiser l'impact de leurs déplacements sur l'herbier (Photo 4).



Photo 4 : L'opérateur du GEMEL enfile les patins avant de marcher sur l'herbier.

1.2.2.3. Essai C : positionnement des quadrats. L'objectif était d'évaluer les différences d'appréciation entre les opérateurs sur le positionnement d'un quadrat par

rapport à un point GPS. Chaque équipe devait positionner un quadrat en face de huit piquets pré-installés et photographier l'ensemble du site (Photo 5) montrant le positionnement du quadrat par rapport au piquet, et le quadrat lui-même (Photo 6).



Photo 5 : Positionnement du quadrat devant l'un des 8 piquets.



Photo 6 : Prise de photo du quadrat par l'équipe Ifremer d'Arcachon (site d'Anglet). On peut noter son choix de faire de l'ombre avant de prendre la photo.

1.2.2.4. Essai D : estimation visuelle et prise de photo. L'objectif était de comparer l'estimation du recouvrement et la qualité des photos entre les équipes (Photo 7). Les organisateurs avaient installé 4 quadrats dans des secteurs présentant des taux de recouvrement différents.

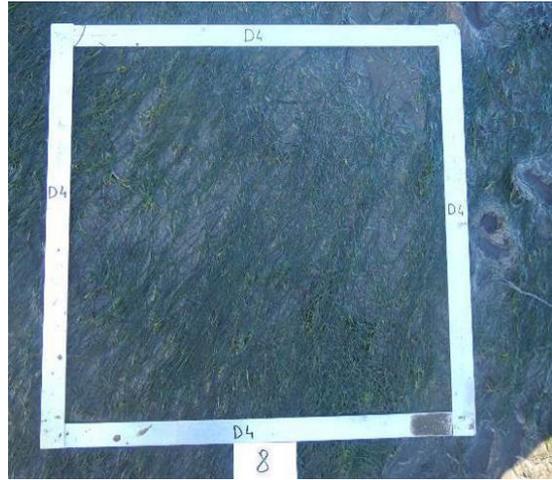


Photo 7 : Prise de photos du quadrat 4 par les équipes 3 (à gauche) et 8 (à droite).

1.2.3. Essai en laboratoire

L'essai E s'est déroulé au laboratoire Ifremer d'Arcachon. Son objectif était de comparer le recouvrement estimé par les différentes équipes en utilisant le logiciel ImageJ.

Chaque équipe devait évaluer le recouvrement (en %) :

- des 4 photos qu'elle avait prises au cours de l'essai D ;
- de 9 photos fournies par les organisateurs (Photo 8). Ces dernières avaient été choisies de façon à représenter l'ensemble des classes de recouvrement.



Photo 8 : Exemples de photos fournies par les organisateurs (n°5 à gauche ; n°7 à droite)

1.3. Résultats

Les définitions des termes métrologiques (erreur maximale tolérée, justesse, fidélité, exactitude et résolution) sont rappelées dans un glossaire en fin de rapport.

1.3.1. Essai A : positionnement géographique

Plusieurs types de récepteurs GPS ont été utilisés lors de cet essai; les équipes 1 et 6 étaient munies de 2 GPS différents (Tableau 3). Les coordonnées de référence de chaque piquet ont été prises avec le GPS de l'équipe organisatrice (GPS de référence), avant le démarrage des essais. L'équipe organisatrice a ensuite réalisé l'essai, en même temps que les autres équipes, avec ce même GPS de référence. Il est apparu que les coordonnées mesurées lors de l'essai par l'équipe organisatrice étaient différentes de celles qui avaient été mesurées le matin. Cela peut s'expliquer par le fait que, lors de la première prise des coordonnées, la réception des satellites n'était sans doute pas optimale.

Tableau 3 : Modèles de GPS utilisés par les différentes équipes

équipe	modèle de GPS
1	Garmin 72 H
	Magellan Explorist 210
2	Trimble GeoXT GeoExplorer 3000
3	MLR SP24
4	Garmin Montana 680T
6	Magellan Explorist 210
	Garmin eTrex 10
7	Garmin Dakota 10
8	Tablette durcie GETAC
9	Garmin 72 H

Le choix du GPS Trimble des organisateurs comme GPS de référence n'apparaît donc pas justifié dans la mesure où il n'est pas systématiquement le plus proche de la moyenne des observations. Les résultats obtenus par chaque équipe ont alors été comparés avec la moyenne des mesures pour chacun des piquets, comme c'est le cas pour l'EIL *Zostera marina* (§2).

L'analyse des résultats obtenus montre peu de différences entre les appareils et confirme que la plupart des GPS ont une précision d'environ 2 m (Figure 4), ce qui est acceptable, compte tenu de la précision minimale requise (variance de la mesure inférieure à 20% de la variance totale), dans toutes les masses d'eau (30 points espacés de 20 m, Auby *et al.*, 2018) à l'exception du lac d'Hossegor et de l'estuaire de la Bidassoa (Txingudi) dans lesquelles les 30 points de la grille sont espacés de 5 m. Dans le cas où, compte-tenu de la taille de l'herbier, l'espacement entre les points de suivi est proche de la précision interne du GPS utilisé, il sera important d'atteindre le plus précisément possible la cible (waypoint) avec le GPS.

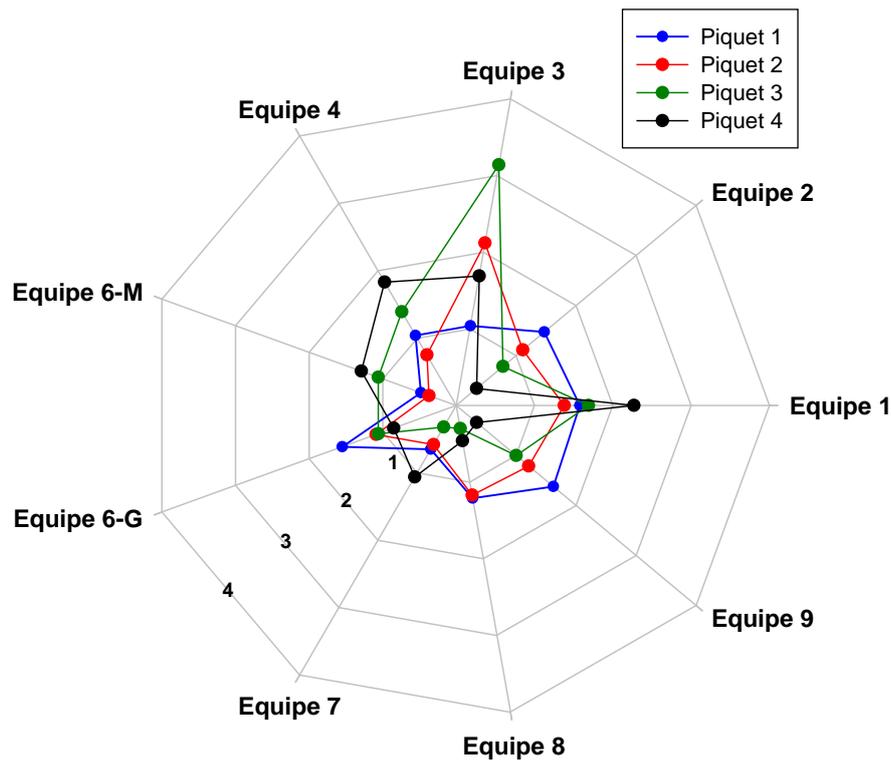


Figure 4 : Distance en mètres par rapport à la moyenne des observations, pour chaque équipe et pour chaque piquet.

L'équipe 7 (GPS Garmin Dakota 10) obtient systématiquement des résultats affectés d'une erreur inférieure à 1 m. En revanche, deux des GPS utilisés (équipe 1 : Garmin 72H et équipe 3 : MLR SP24) montrent des écarts importants (supérieurs à 2 m) par rapport à la moyenne des observations. On peut remarquer que l'équipe 9 a également utilisé un Garmin 72H et que ses observations sont toujours très proches de la moyenne. Cela met en évidence un possible effet opérateur ou bien un manque de précision affichée sur le GPS qui signale que la cible est atteinte dès que l'opérateur entre dans un rayon de 3 à 4 m autour de la cible.

Conclusions et recommandations sur cet essai :

- Les écarts à la moyenne les plus importants peuvent être liés à une prise de mesure trop rapide. Il est indispensable d'attendre la stabilisation de la position donnée par le GPS, et donc la réception d'au moins 4 satellites (noter leur nombre), ce qui nécessite parfois quelques minutes, avant d'appliquer le protocole sur le point cible. Cinq décimales permettent d'obtenir une précision inférieure à 1 m, qui est suffisante dans ce cas ;
- Lors d'un prochain EIL, on peut préconiser de positionner les points de référence définis pour cet essai en mode DGPS, autrement dit caler leurs positions sur une station fixe de référence (point de calage IGN/RGP) permettant d'atteindre par post-traitement une précision submétrique. Quoi qu'il en soit, Les différences de mesures de position d'un GPS à l'autre sont inévitables compte tenu des variations inhérentes au système GPS ;
- Au niveau de la configuration du GPS, il faut vérifier la possibilité d'affichage de la distance à parcourir pour atteindre le point (en mètres avec 2 décimales si le GPS offre cette configuration). Sur le terrain, l'opérateur doit tenter de réduire cette distance au maximum avant de valider l'atteinte du point ;
- La nouvelle version du protocole devra indiquer l'erreur maximale tolérée requise pour les GPS (2 m) pour les grilles d'échantillonnage standards (carrés de

- 20 m de côté). Celle-ci sera adaptée en fonction de la configuration des herbiers sur le terrain, en particulier si la taille des carrés doit être réduite ;
- Cet essai a mis en évidence l'intérêt d'enregistrer son cheminement sur le terrain (Figure 5). En effet, les 30 points de la grille sont intégrés dans le GPS à partir d'un SIG ; de ce fait, ces points-cibles ne sont pas soumis à la dérive du GPS et leurs valeurs sont fixes et précises. Le cheminement sur le terrain enregistré par le GPS lors de la sortie permet d'apprécier, d'une année sur l'autre, l'existence ou non d'une dérive dans le choix de la position de la station.

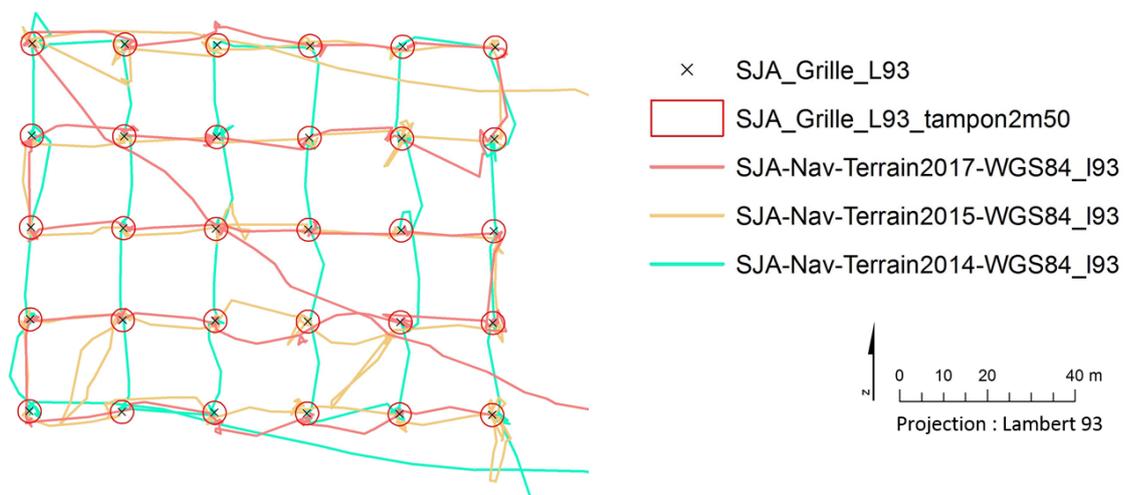


Figure 5 : Tracés GPS du parcours réalisé par les opérateurs terrain en 2014, 2015 et 2017. Les cercles rouges d'un rayon de 2,5 m sont centrés sur les points de la grille de suivi de l'herbier de Saint-Jacut-de-la-mer (SJA)

1.3.2. Essai B : effet opérateur GPS



Photo 9 : Les 3 piquets du 4^{ème} groupe.

Quatre groupes de trois piquets avaient été disposés sur l'estran par les organisateurs. Dans chaque groupe de piquets, ceux-ci avaient été disposés à 2 m de distance environ (Photo 9).

Les équipes devaient identifier, dans chaque groupe, le piquet dont les coordonnées avaient été fournies par les organisateurs. Les équipes étaient généralement munies d'un GPS, à l'exception des équipes 1 et 6 qui en ont utilisé deux.

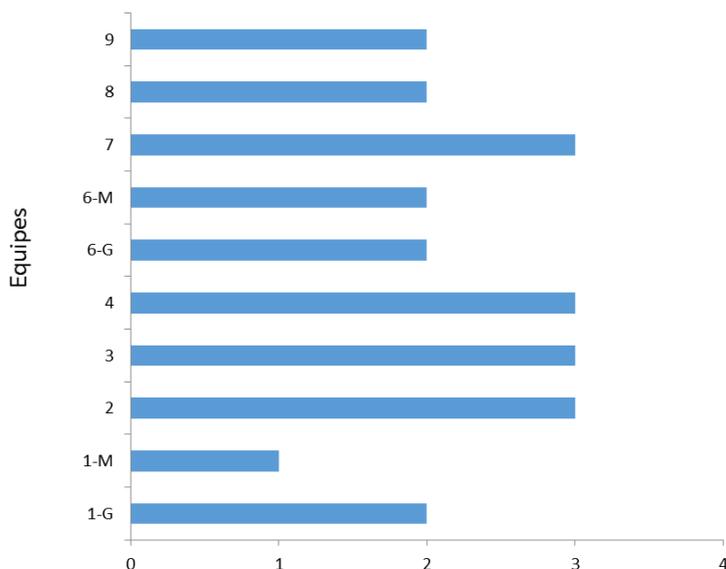


Figure 6 : Nombre de piquets (sur 4) reconnus par chaque équipe.

A partir des coordonnées fournies, la majorité des équipes a ciblé le « bon » piquet deux ou trois fois sur quatre (Figure 6). Aucune équipe n'a reconnu les 4 piquets et aucun des « bons » piquets n'a été cité par toutes les équipes.

A posteriori, il est apparu que, dans chaque groupe de piquets, ces derniers avaient été positionnés trop près les uns des autres relativement à la précision des GPS. Il était donc très difficile, voire impossible, d'identifier le « bon » piquet dans chaque groupe. Les résultats obtenus sont donc à prendre avec précaution et nous ne pouvons pas, à ce stade, conclure à un effet « opérateur ».

Conclusions et recommandations sur cet essai

- Il a été décidé de réorganiser cet essai en juillet 2018 à l'occasion de la réunion de restitution sur les EIL *Zostera marina* et *Zostera noltei*, en espaçant davantage les piquets. Chaque équipe est donc venue avec le GPS qu'elle avait utilisé lors de l'essai d'octobre 2016.

Les résultats de ce nouvel essai sont consignés ci-dessous.

1.3.3. Reconduction de l'essai B à Dinard en juillet 2018

Quatre groupes de trois piquets ont été installés dans l'enceinte du CRESCO par l'équipe de Dinard (Figure 7). Afin d'éviter les erreurs liées à la précision des GPS, une distance de 3 à 5 m a été respectée entre les piquets d'un même groupe. Quelques jours avant l'essai, chaque équipe avait reçu les coordonnées du piquet à retrouver dans chacun des quatre groupes.

Au total, 12 équipes ont participé à l'essai ; les références des GPS utilisés figurent dans le tableau 4.



Figure 7 : Position des repères de l'essai B autour du CRESCO à Dinard en 2018.

Tableau 4 : Références des GPS utilisés lors de l'essai B à Dinard.

Equipe	Modèle de GPS
L	Garmin 72 H
M	Garmin Trex 10
N	Garmin 73
P	Garmin Trex 10
Q	Garmin Oregon 650
R	Magellan explorist 210
S	Magellan explorist 210
T	Garmin 72 H
U	Garmin E Trex
V	Trimble GEO 7X
W	Garmin Montana 680 T
X	Trimble GeoXT GeoExplorer 3000

Cinq équipes ont identifié les quatre piquets et cinq autres en ont identifié trois (Figure 8).

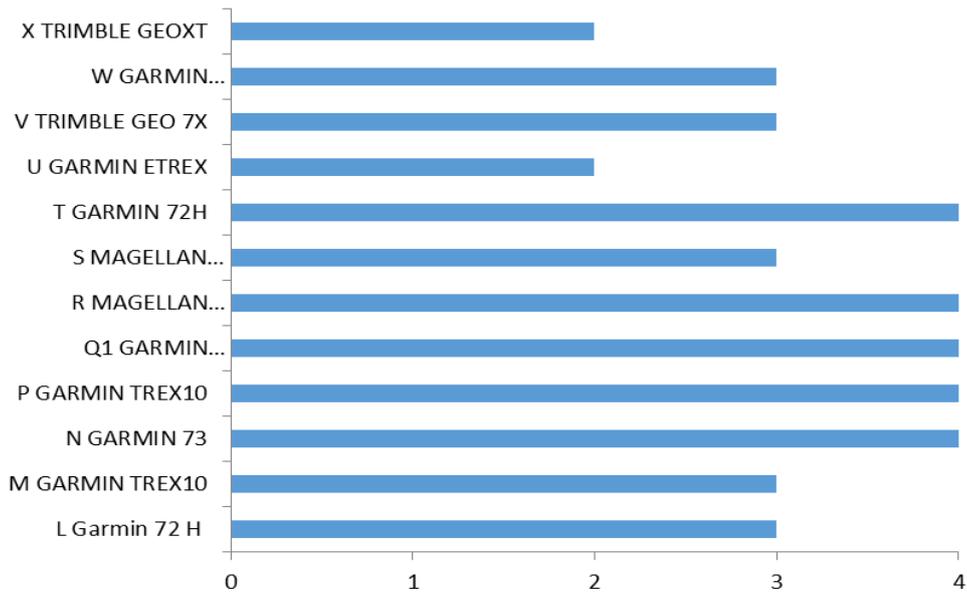


Figure 8 : Nombre de piquets identifiés par chacune des équipes.

Des GPS similaires ont été utilisés par des équipes différentes : R et S, L et T, M et P. Dans tous les cas, une équipe a identifié les quatre piquets et une autre trois piquets.

Deux des piquets (B7 et B10) ont été identifiés par toutes les équipes (Figure 9). Le faible score d'identification pour le groupe B1-2-3 peut s'expliquer par la proximité du bâtiment. En effet, le signal GPS est perturbé par l'écran que constitue le bâtiment et la triangulation des échos satellites nécessaire pour stabiliser le GPS n'est pas possible. Cela peut se traduire par un décalage important. Cette difficulté est *a priori* rare dans les herbiers qui sont en général situés dans des zones dégagées ; elle pourrait toutefois se rencontrer sur le terrain en pied de falaise.

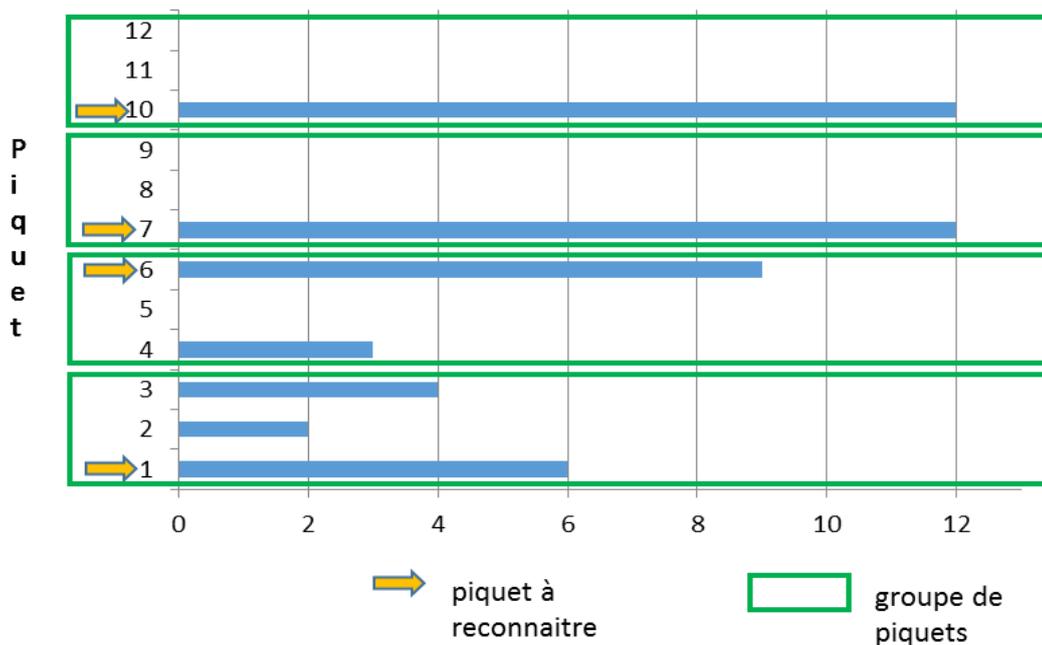


Figure 9 : Identification des piquets par les équipes

Conclusions et recommandations sur cet essai

- L'effet opérateur est évident tant par son appréciation d'atteindre la cible visée que par sa maîtrise de l'outil GPS et de sa configuration ;
- Il faut s'assurer qu'il n'y ait pas d'effet écran qui gêne la réception des satellites et donc le positionnement du point (bâtiment, falaise). A de rares exceptions près, ceci n'est pas un problème sur l'estran.

On peut citer à nouveau les conclusions et recommandations formulées pour l'essai A :

- Lors d'un prochain EIL, on peut préconiser de positionner les piquets à identifier pour cet essai en mode DGPS, autrement dit caler leurs positions sur une station fixe de référence (point de calage IGN/RGP) permettant d'atteindre par post-traitement une précision submétrique ;
- Les écarts à la moyenne les plus importants peuvent être liés à une prise de mesure trop rapide. Il est indispensable d'attendre la stabilisation de la position donnée par le GPS, et donc le captage d'au moins 4 satellites (noter leur nombre), ce qui nécessite parfois quelques minutes, avant d'appliquer le protocole sur le point cible. Cinq décimales permettent d'obtenir une précision inférieure à 1 m, qui est suffisante dans ce cas ;
- Par manque de précision d'affichage, certains GPS signalent que la cible est atteinte dès que l'opérateur entre dans un rayon de 3 à 4 m autour de la cible. Au niveau de la configuration du GPS, il faut donc vérifier la possibilité d'affichage de la distance à parcourir pour atteindre le point (en mètres avec 2 décimales si le GPS offre cette configuration). Sur le terrain, l'opérateur doit tenter de réduire cette distance au maximum avant de décider qu'il a atteint le point.

1.3.4. Essai C : positionnement des quadrats

Pour cet essai les équipes ont positionné un quadrat en face de 8 piquets installés par les organisateurs et ont photographié d'une part l'ensemble du site pour montrer le positionnement du quadrat par rapport au piquet, et d'autre part le quadrat lui-même.

L'objectif de cet essai était de s'assurer que les quadrats étaient correctement positionnés par rapport à un point donné. A l'examen des photos (vue générale et quadrat), cet objectif semble rempli. Toutefois, il restait à évaluer l'objectivité du positionnement afin de déterminer si certaines équipes choisissent plutôt les faibles ou forts recouvrements pour poser le quadrat. Cette évaluation a été réalisée sur la base des valeurs de recouvrement estimées à partir des photos des 8 quadrats prises par les équipes. Afin de s'affranchir d'un éventuel biais lié à l'opérateur pour l'utilisation du logiciel ImageJ, toutes les photos ont été interprétées par la même personne.

Les différences de recouvrement observées peuvent être dues :

- à la position du quadrat : plus ou moins collé au piquet ; piquet contigu à l'angle du quadrat ou au milieu de sa longueur (Photo 10)



Photo 10 : Positionnement du quadrat 1 par les équipes 7 (à gauche) et 9 (à droite).

- à la prise de photo : cadrage, parallélisme ; ombrage ou non de la photo ; présence d'eau selon l'heure de la prise de vue (Photo 11)



Photo 11 : Prise de vue du quadrat 1 par les équipes 3 (à gauche) et 7 (à droite).

- à l'interprétation des photos par un opérateur unique. A l'occasion de futurs EIL, on pourrait envisager un examen des photos par plusieurs opérateurs.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 5 et la figure 10.

Tableau 5 : Pourcentages de recouvrement estimés par ImageJ à partir des photos des huit quadrats prises par chaque équipe. *Pour rappel, un seul évaluateur (opérateur) a réalisé le traitement d'image.*

Equipe	Quadrat							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
1	39	76	95	75	42	42	55	59
2	32	64	77	72	32	42	42	45
3	20	59	90	46	22	33	57	29
4	23	65	84	75	28	43	59	53
6	32	66	65	50	46	71	66	33
7	18	70	80	67	34	46	72	39
8	28	79	87	77	36	49	62	61
9	25	54	79	77	31	55	54	54

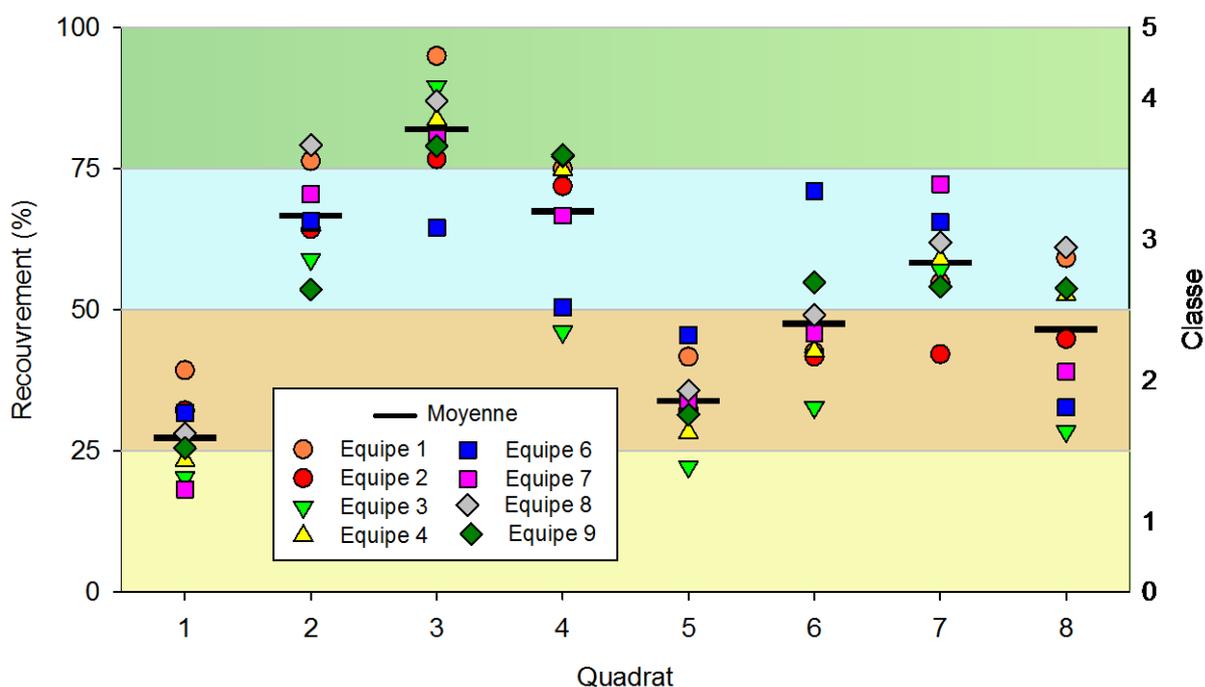


Figure 10 : Pourcentages de recouvrement (ImageJ) évalués à partir des photos des 8 quadrats prises par chaque équipe. Pour chaque quadrat, la moyenne des estimations a été calculée.

Les consignes fournies lors de l'EIL (annexe 1) demandaient aux opérateurs de cheminer le long d'une ligne matérialisée par des piquets et de poser le quadrat devant chaque piquet en direction du piquet suivant. Néanmoins, on observe parfois une dispersion importante des résultats de recouvrement. Pour chaque repère, l'écart à la moyenne de l'ensemble des observations a été calculé. Puis, pour chaque équipe, le nombre d'occurrences supérieures et inférieures à la moyenne a été noté (Tableau 6). Ainsi, il apparaît que certaines équipes (4 et 6) posent les quadrats indifféremment, tandis que

d'autres semblent choisir plus systématiquement les zones denses (équipes 1 et 8) ou rares (équipes 2, 3, 7 et 9).

Même s'il semble difficile (impossible ?) de corriger le côté subjectif de cette étape du protocole, des recommandations ont été ajoutées dans la version de 2018 afin d'aider les opérateurs à objectiver le positionnement des quadrats.

Tableau 6 : Moyenne des taux de recouvrements estimés par ImageJ (en pourcentage) et distance à cette moyenne pour les huit quadrats obtenus par chaque équipe.

Moyenne	27	67	82	67	34	48	58	46	- / +	Stratégie
Equipe	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8		
1	+12	+10	+13	+8	+8	-5	-4	+13	2/6	préférence herbier dense
2	+5	-2	-5	+4	-2	-6	-16	-2	6/2	préférence herbier rare
3	-7	-8	+8	-21	-12	-15	-1	-18	7/1	préférence herbier rare
4	-4	-2	+2	+7	-6	-5	+1	+6	4/4	Pas de préférence
6	+4	-1	-17	-17	+12	+23	+7	-14	4/4	Pas de préférence
7	-9	+4	-2	-1	0	-2	+14	-7	6/2	préférence herbier rare
8	+1	+13	+5	+10	+2	+2	+4	+15	0/8	préférence herbier dense
9	-2	-13	-3	+10	-2	+7	-4	+7	5/3	préférence herbier rare

Par ailleurs, nous nous sommes demandé si la qualité des photos pouvait influencer sur l'estimation du taux de recouvrement et participer à l'explication des différences entre les équipes. En effet, une mauvaise qualité des photos pourrait biaiser l'interprétation avec ImageJ. Nous avons testé l'impact éventuel d'une dégradation de la qualité de la photo en passant de 300 dpi (pixels par pouce) à 50 dpi avec le logiciel Photofiltre par étapes successives : cette opération n'a pas permis de mettre en évidence avec ImageJ une différence significative sur le recouvrement estimé.

Cet essai a néanmoins permis de révéler que deux équipes (1 et 9) ne respectent pas les préconisations du protocole actuel sur le nombre de pixels minimum (2 Mégapixels), ce qui peut, dans certains cas, nuire à la qualité de leurs photos.

De plus, les équipes 1 et 9 ne disposaient pas de trépied pour prendre les photos des quadrats ce qui peut induire une éventuelle déformation de la photo et poser des problèmes lors de l'interprétation avec ImageJ. Des exemples de trépieds fixés sur les quadrats sont disponibles dans la dernière version du protocole DCE (Auby *et al.*, 2018).

Conclusions et recommandations sur cet essai

- utiliser systématiquement un pare-soleil pour un ombrage uniforme de la photo, et un trépied pour une prise de vue bien cadrée et verticale ;
- respecter le nombre minimum de pixels (2 Mégapixels) ;
- optimiser les réglages de l'appareil photo pour obtenir une image de qualité, permettant notamment une bonne discrimination entre le sédiment et les zostères, et s'assurer que la configuration de l'appareil photo soit vérifiée avant de partir sur le terrain ; l'utilisation d'un filtre polarisant pourrait être testée lors de prochains EIL pour éliminer les reflets dus à l'eau et saturer les couleurs, sachant qu'aujourd'hui ce type de filtre n'est pas compatible avec tous les appareils photos ;
- introduire des recommandations sur le positionnement du quadrat dans la nouvelle version du protocole : regarder dans la direction du point suivant et le poser à ses pieds.

1.3.5. Essai D : estimation visuelle et prise de photos

Quatre quadrats numérotés ont été installés sur l'herbier, dans des zones présentant des taux de recouvrement différents et proches de limites de classes (25%, 50%, 75%). Les macroalgues ont préalablement été retirées par les organisateurs, qui ont aussi évalué visuellement le recouvrement dans les quadrats.

Les opérateurs devaient estimer visuellement le recouvrement de chaque quadrat puis prendre une photo.

Les objectifs de cet essai étaient :

- pour un même quadrat, de comparer l'estimation du recouvrement (terrain et ImageJ) entre les équipes et,
- pour une même équipe, d'évaluer la différence entre l'estimation sur le terrain et l'estimation par ImageJ.

Il faut signaler que les conditions de l'essai n'étaient pas optimales : dégradation de la qualité de l'herbier au cours du temps à cause du piétinement aux alentours des quadrats, influençant la qualité des photos. De ce fait, les données acquises pendant l'essai D permettent seulement de répondre au premier objectif. La mauvaise qualité de la plupart des photos interdit leur interprétation avec le logiciel ImageJ, à l'exception de quelques cas, qui ont permis de fixer la référence pour chaque quadrat à partir des meilleures photos (Tableau 7 et photos 12 à 15).

Tableau 7 : Estimation du taux de recouvrement de chaque quadrat (en pourcentage) et de classe correspondante à partir des meilleures photos.

Quadrat	Estimation ImageJ (meilleure photo)	Classe de recouvrement
D1	44%	2 (26-50%)
D2	92%	4 (76-99%)
D3	52%	3 (51-75%)
D4	76%	4 (76-99%)



Photo 12 : La photo du quadrat D1 prise par l'équipe 3 (et qui a servi de référence, à gauche) et par l'équipe 6 dans des conditions de terrain moins favorables (à droite).

Le quadrat D1 a rapidement été envahi par l'eau et l'estimation a été difficile y compris sur le terrain pour les équipes qui ont réalisé l'évaluation en dernier. Trois équipes ont ainsi effectué une évaluation erronée.

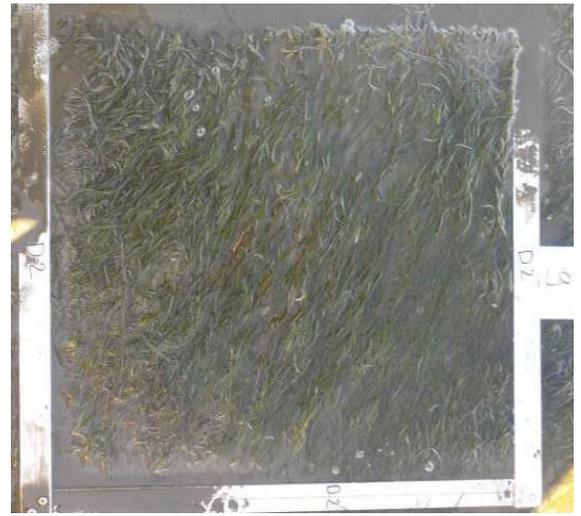
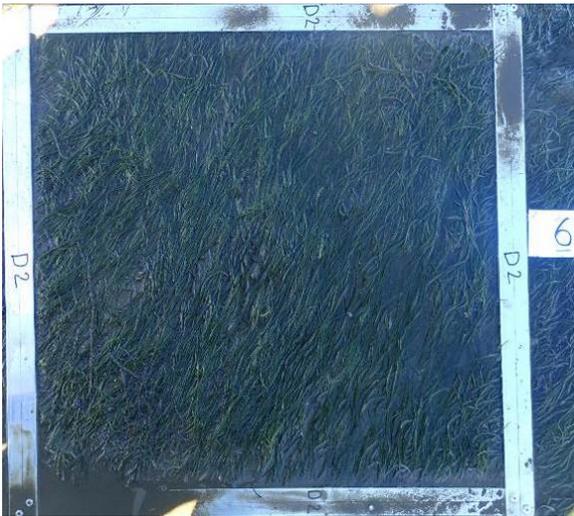


Photo 13 : La photo du quadrat D2 prise par l'équipe 6 (et qui a servi de référence, à gauche) et par l'équipe 9 dans des conditions de terrain moins favorables (à droite).

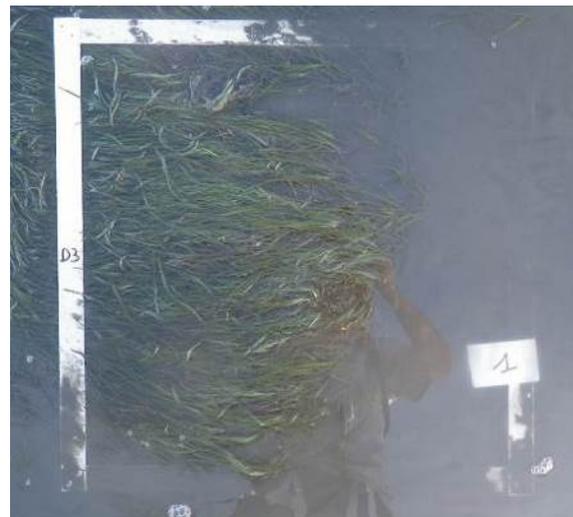
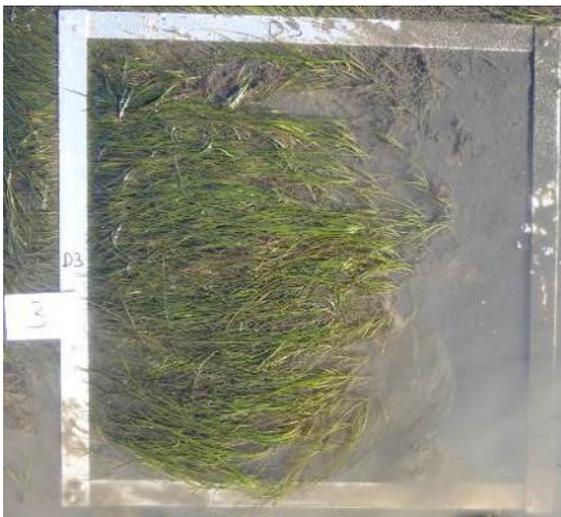


Photo 14 : La photo du quadrat D3 prise par l'équipe 3 (et qui a servi de référence, à gauche) et par l'équipe 1 dans des conditions de terrain moins favorables (à droite).

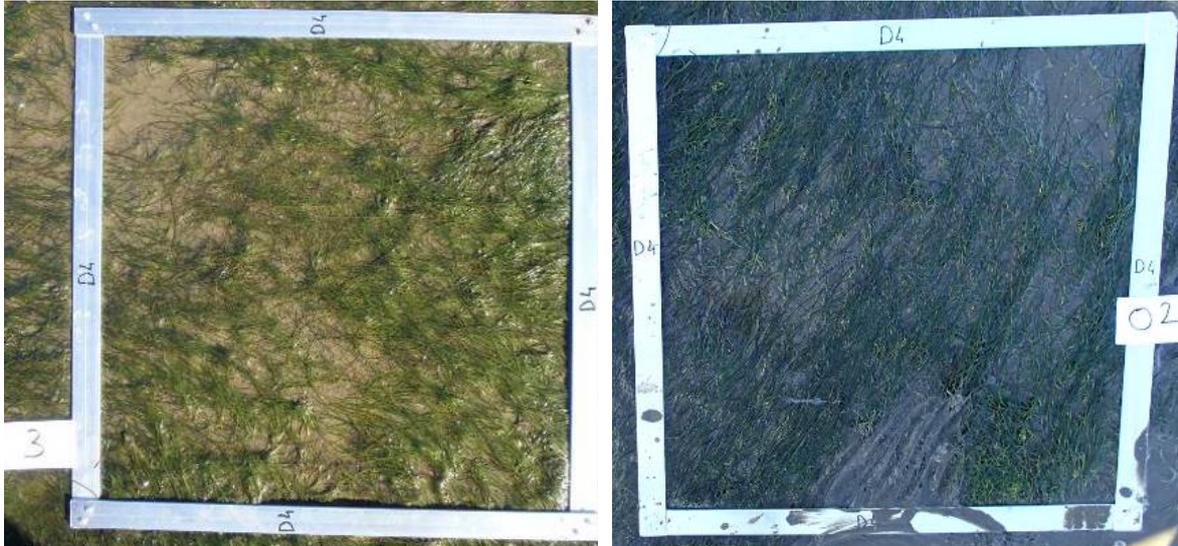


Photo 15 : La photo du quadrat D4 prise par l'équipe 3 (et qui a servi de référence, à gauche) et par l'équipe 2 dans des conditions de terrain moins favorables (à droite).

Remarque : aucun quadrat n'avait été positionné dans la classe 5. En effet, l'évaluation de cette classe, qui correspond à un recouvrement intégral du sédiment, ne pose pas de difficulté (Photo 16).



Photo 16 : Un quadrat présentant 100% de recouvrement à la station Afrique dans le Bassin d'Arcachon (campagne DCE 2014).

La figure 11 présente le résultat des estimations visuelles sur le terrain pour chaque quadrat.

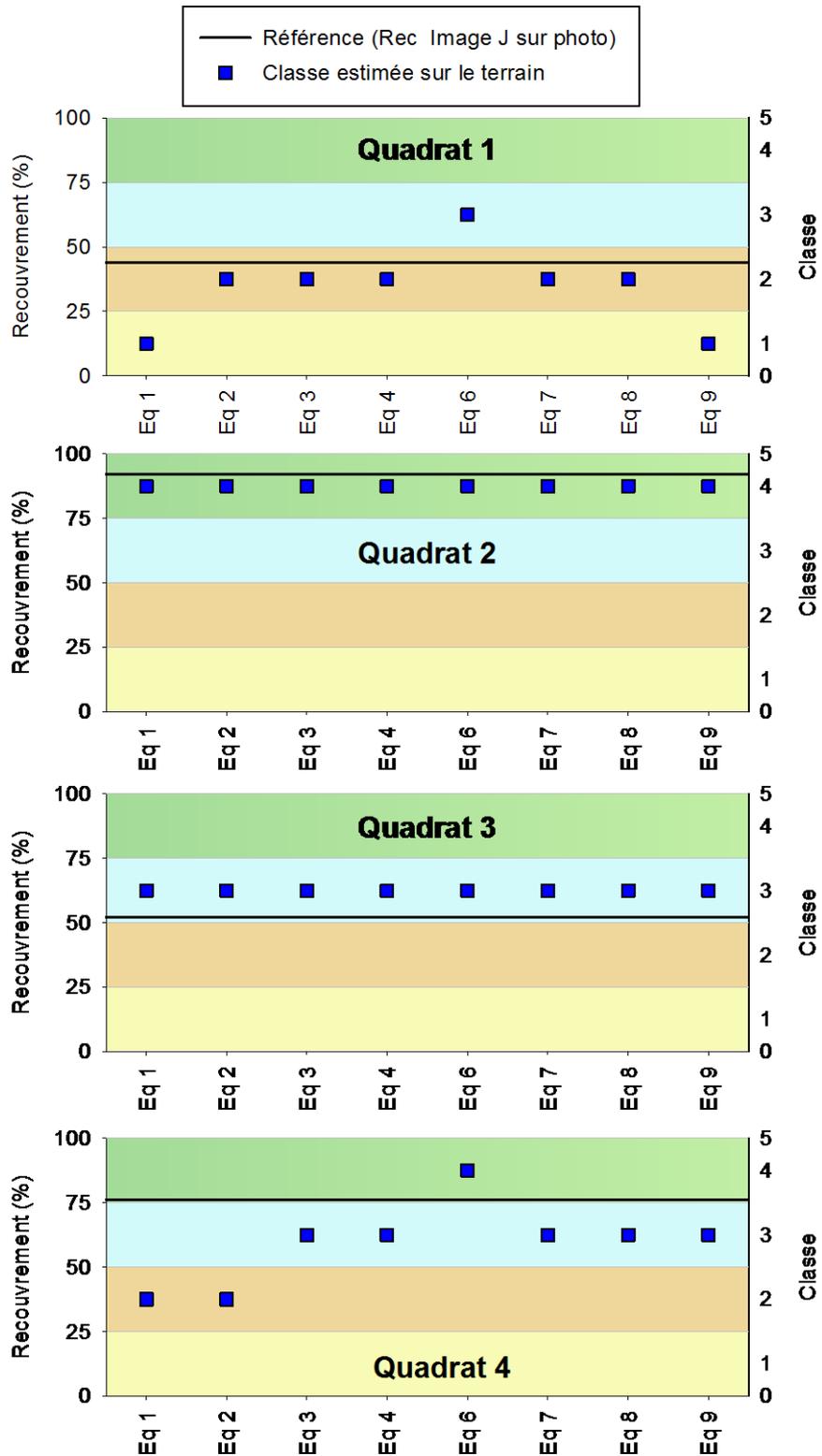


Figure 11 : Estimation du recouvrement visuel (en pourcentage) sur le terrain par les différentes équipes pour chaque quadrat.

Les résultats obtenus par les différentes équipes pour les quadrats 2 et 3, qui correspondent respectivement aux classes de recouvrement 4 (76-99%) et 3 (51-75%) sont homogènes (Figure 11).

En revanche, les résultats sont plus disparates pour le quadrat 4. L'estimation du recouvrement à partir des deux meilleures photos pour ce quadrat donne des valeurs de 76 et 77%, ce qui correspond à la limite inférieure de la classe 4 (76-99%). De ce fait, on peut considérer que les estimations en classe 3 sont acceptables.

Conclusions et recommandations sur cet essai

- Cet essai a été réalisé dans de mauvaises conditions sur le terrain : l'eau et la vase ont envahi les quadrats dès les premiers passages. De telles conditions perturbées se rencontrent fréquemment sur le terrain. Cependant, il serait intéressant, lors de futurs EIL, de sélectionner un site moins sensible au piétinement (sédiment plus sableux, herbier localisé plus haut sur l'estran). En effet, dans le cas de cet essai, seul le premier objectif a été atteint (pour un même quadrat, comparer l'estimation du recouvrement entre les équipes) et cela seulement pour les évaluations de recouvrement sur photographies à l'aide d'ImageJ.
- Afin d'aider les opérateurs à évaluer correctement le recouvrement sur le terrain, il pourrait s'avérer utile de leur fournir des modèles-guides de recouvrement du type de celui qui est utilisé pour les macrophytes en rivière¹
- Les estimations sont très homogènes pour les classes 3 et 4 (quadrats 2 et 3); on observe néanmoins quelques difficultés en limite de classes (quadrat 4) ;
- La classe 1 (0-25%) n'était pas représentée dans l'essai. Des essais ultérieurs devront la prendre en compte pour exercer les opérateurs sur l'ensemble des classes ;
- Il faut prévoir de renouveler cet essai avec toutes les classes de recouvrement, en insistant sur les limites de classes et en exerçant au préalable les opérateurs sur des jeux de photos ;
- Il faudra noter l'heure de passage des équipes lors d'un prochain EIL.

¹ https://hydrobio-dce.irstea.fr/wp-content/uploads/2015/07/Schema_recouvrements_irstea2015_1.1.pdf

1.3.6. Essai E : estimation du recouvrement avec ImageJ

Chaque équipe a interprété avec le logiciel ImageJ les neuf photos fournies par les organisateurs. Les photos et les résultats bruts figurent en annexe 2. Pour chacune des photos, la moyenne des estimations et l'écart de chaque équipe par rapport à cette moyenne ont été calculés (Figure 12 et Tableau 8).

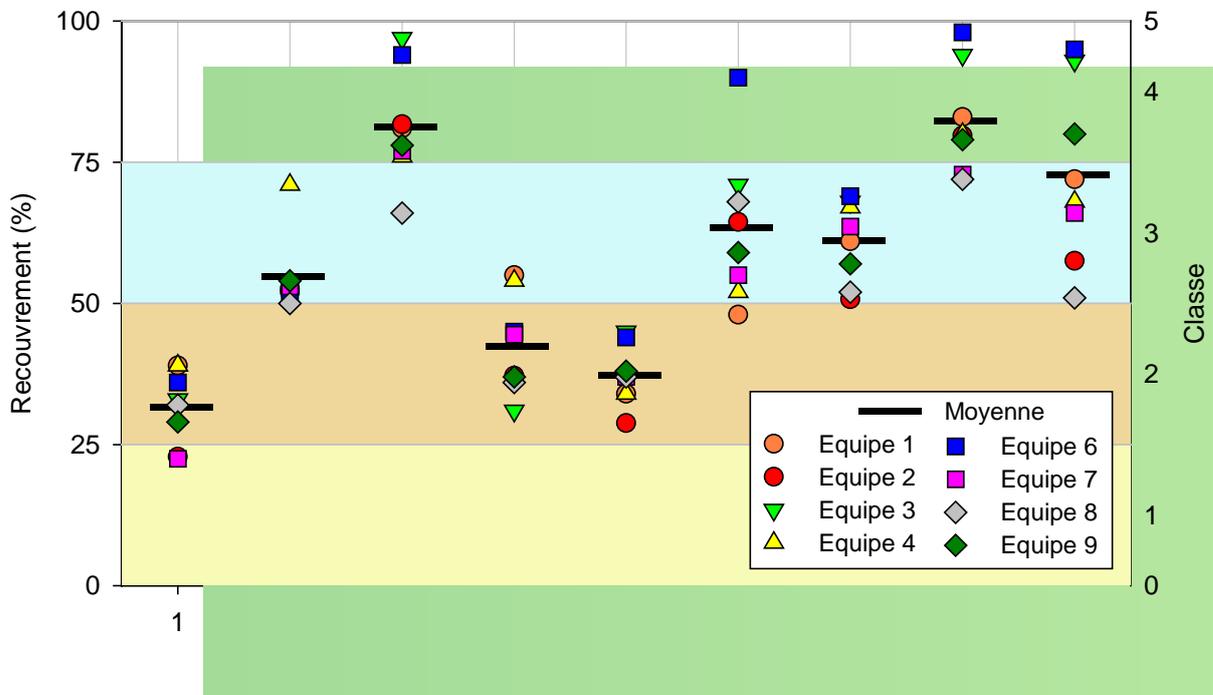


Figure 12 : Mesure du recouvrement (en pourcentage) de chaque quadrat par chaque équipe à l'aide du logiciel ImageJ.

Sur les neuf photos :

- deux (photos 5 et 7) ont été estimées dans la même classe de recouvrement par toutes les équipes ;
- pour une photo (6), on observe deux classes d'écart ;
- pour les 6 autres photos, on n'observe qu'une classe d'écart ; dans ce cas, les évaluations qui ne sont pas dans la classe de la moyenne sont le plus souvent proches des limites (inférieure ou supérieure) de cette classe. On observe néanmoins une forte dispersion des évaluations pour la photo 9.

Nb : l'équipe 6 a souvent mesuré des recouvrements supérieurs aux autres équipes, et l'équipe 8 des recouvrements inférieurs. Il s'agit probablement d'un manque d'habitude, ces équipes n'étant pas familières de l'utilisation d'ImageJ.

Compte tenu de la méthode, nous avons considéré, à dire d'expert, qu'un écart à la moyenne de +/-10% était acceptable. Sur 72 couples « photo/observateur », 56 ont obtenu des résultats acceptables, soit 78%.

Le tableau 8 représente les écarts à la moyenne des résultats obtenus par les différentes équipes pour chacune des photos.

- Pour certaines équipes (2, 7, 9), les résultats varient peu autour de la moyenne,
- Pour d'autres en revanche (3, 4, 6), les écarts sont supérieurs à 10% dans plus d'un tiers des cas.

Tableau 8 : Ecart à la moyenne des taux de recouvrement obtenus (%) par les équipes pour les 9 photos de l'essai E. Les cases en jaune correspondent aux écarts à la moyenne de plus de 10%.

	Photos											
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9			
	32	55	81	42	37	63	61	82	73			
Equipes										-/+	Interprétation	
1	+7	-3	0	+13	-3	-15	0	+1	-1	4/3	pas de tendance	
2	-9	-2	+1	-5	-8	+1	-	10	-2	-15	7/2	sous-estimation
3	+1	-1	+16	-11	+8	+8	+7	+12	+20	2/7	surestimation	
4	+7	+16	-5	+12	-3	-11	+6	-2	-5	5/4	pas de tendance	
6	+4	-3	+13	+3	+7	27	+8	+16	+22	1/8	surestimation	
7	-9	-2	-4	+2	0	-9	+3	-10	-7	6/2	sous-estimation	
8	0	-5	-15	-6	0	+5	-9	-10	-22	6/1	sous-estimation	
9	-3	-1	-3	-5	+1	-4	-4	-3	+7	7/2	sous-estimation	

Le logiciel ImageJ permet de sélectionner les pixels correspondant aux feuilles de zostères. Par défaut, ImageJ propose un réglage automatique de 3 paramètres : hue, saturation et brightness (Teinte/Luminance/Saturation : espace de couleur TLS). Mais le logiciel offre aussi la possibilité de régler ces paramètres afin d'améliorer l'interprétation des photos et de s'approcher au mieux d'une sélection exhaustive des zostères, le rapport entre le nombre de pixels sélectionnés (zostères) et le nombre total de pixels permettant de déterminer le pourcentage de recouvrement. Ces réglages constituent une étape subjective de l'estimation du recouvrement et l'effet opérateur peut avoir un réel impact sur le résultat final.

Dans cet essai, il était demandé aux équipes de noter la valeur des paramètres appliqués au traitement de chaque image. Certaines équipes n'ont modifié aucun paramètre, alors que d'autres les ont ajustés systématiquement.

Nous avons tenté de mettre en évidence un effet éventuel des réglages sur l'évaluation du recouvrement. Pour cela, nous avons examiné les indications de réglage (sur l'un au moins des trois paramètres) fournies par les participants.

Les résultats sont présentés dans le tableau 9.

Tableau 9 : Bilan des réglages effectués (O pour oui, N pour non) par les équipes lors de l'analyse des 9 photos de l'essai E. Les cases en jaune correspondent aux écarts à la moyenne de plus de 10%.

photo équipe	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	N/O par équipe
1	N	N	O	O	N	O	O	O	O	3/6
2	O	O	O	O	N	O	O	O	O	1/8
3	O	O	O	O	O	O	O	O	O	0/9
4	N	O	O	O	N	O	O	O	O	2/7
6	O	N	O	O	O	O	O	O	O	1/8
7	O	O	O	O	O	O	O	O	O	0/9
8	O	O	O	O	O	O	O	O	O	0/9
9	O	O	O	O	O	O	O	O	O	0/9

Un ou plusieurs paramètres ont été modifiés pour 65 des 72 couples « photo/observateur », soit 90%. Par ailleurs, 4 équipes sur 8 modifient les paramètres systématiquement.

Pour 7 des 72 couples « photo/observateur », aucun réglage n'a été effectué et tous les résultats sont acceptables (écart à la moyenne inférieur à 10%).

Parmi les 65 autres couples « photo/observateur » qui ont ajusté les réglages, 49 (75%) obtiennent des résultats acceptables et 16 (25%) des résultats non acceptables.

Il est donc impossible à l'issue de cet essai de conclure sur le lien entre la modification des paramètres et l'acceptabilité du résultat obtenu.

Conclusions et recommandations sur cet essai

- Compte tenu de la méthode, une précision de 10% est acceptable sur les résultats de recouvrement fournis par ImageJ. Dans 16 cas sur 72 (22%), les résultats obtenus par les équipes montrent un écart à la moyenne supérieur à 10%.
- Aucune photo de la classe 5 (100% de recouvrement) ni de la classe 1 (0-25%) n'avait été présentée aux opérateurs. Si cela se justifie pour la classe 5 qui est aisément identifiable (§1.3.4, photo 16), un entraînement des observateurs sera nécessaire pour la classe 1 lors d'essais ultérieurs.
- Les photos E2 et E9 présentaient des recouvrements proches des limites de classe, respectivement 55% et 73%.
 - Photo E2 (limite entre les classes 2 et 3) : toutes les observations indiquent un recouvrement dans la classe 3 (51-75%), sauf une (50%)
 - Photo E9 (limite entre les classes 3 et 4). Les observations sont beaucoup plus dispersées et 3 équipes sur 8 attribuent le recouvrement à la classe 4 (76-99%).
 - Les divergences d'évaluation ne sont donc sans doute pas liées au fait d'être en limite de classe, mais à la qualité des photos et/ou à l'expérience des opérateurs.
- Les réglages des paramètres hue, saturation et brightness (Teinte/Luminance/Saturation (espace de couleur TLS), qui sont définis dans le protocole DCE herbiers (Auby *et al.*, 2018), ne semblent pas influencer sur les résultats.
- Il apparaît nécessaire d'intensifier l'entraînement des observateurs en les exerçant régulièrement à l'analyse d'images.

2. *Zostera marina*

2.1. Etude des paramètres d'influence de la méthode

Selon la norme ISO/CEI 17043:2010(F), « Les objectifs typiques des comparaisons interlaboratoires comportent :

- a) l'évaluation des performances des laboratoires pour des essais ou des mesurages spécifiques, ainsi que la surveillance du maintien des performances des laboratoires ;
- b) l'identification de problèmes dans les laboratoires et le lancement d'actions d'amélioration qui peuvent, par exemple, se rapporter à des modes opératoires d'essai ou de mesure, à l'efficacité de la formation du personnel et à son encadrement, ou à un étalonnage du matériel inappropriés ;
- c) la détermination de l'efficacité et la possibilité de comparer les essais ou les méthodes de mesure ;
- d) l'amélioration de la confiance des clients des laboratoires ;
- e) l'identification des différences entre laboratoires ;
- f) la formation des laboratoires participants sur la base des résultats de ces comparaisons ;
- g) la validation des revendications d'incertitude ;
- h) l'évaluation des caractéristiques de performance d'une méthode, souvent décrite comme des essais interlaboratoires ;
- i) l'affectation de valeurs à des matériaux de référence et l'évaluation de leur aptitude à être utilisés dans des procédures de mesure ou d'essai spécifiques ; et
- j) une aide aux déclarations d'équivalence des mesures des instituts nationaux de métrologie par l'intermédiaire de « comparaisons clés » et de comparaisons supplémentaires effectuées pour le compte du Bureau international des poids et mesures (BIPM) et des organismes régionaux de métrologie associées. »

Dans les études présentées dans ce rapport, les objectifs étaient :

- a) d'identifier les facteurs pouvant avoir une influence sur le résultat de la mesure et, si besoin, mieux les définir ;
- b) de former les laboratoires participants, et modifier par la suite les protocoles si nécessaire ;
- c) d'identifier les différences d'application de la méthode entre les laboratoires et modifier par la suite les protocoles si nécessaire.

Dans un premier temps, les facteurs ayant potentiellement une influence sur le résultat de mesure ont été inventoriés à partir d'une étude détaillée du protocole et en utilisant le diagramme dit des « 5M » (Figure 13).

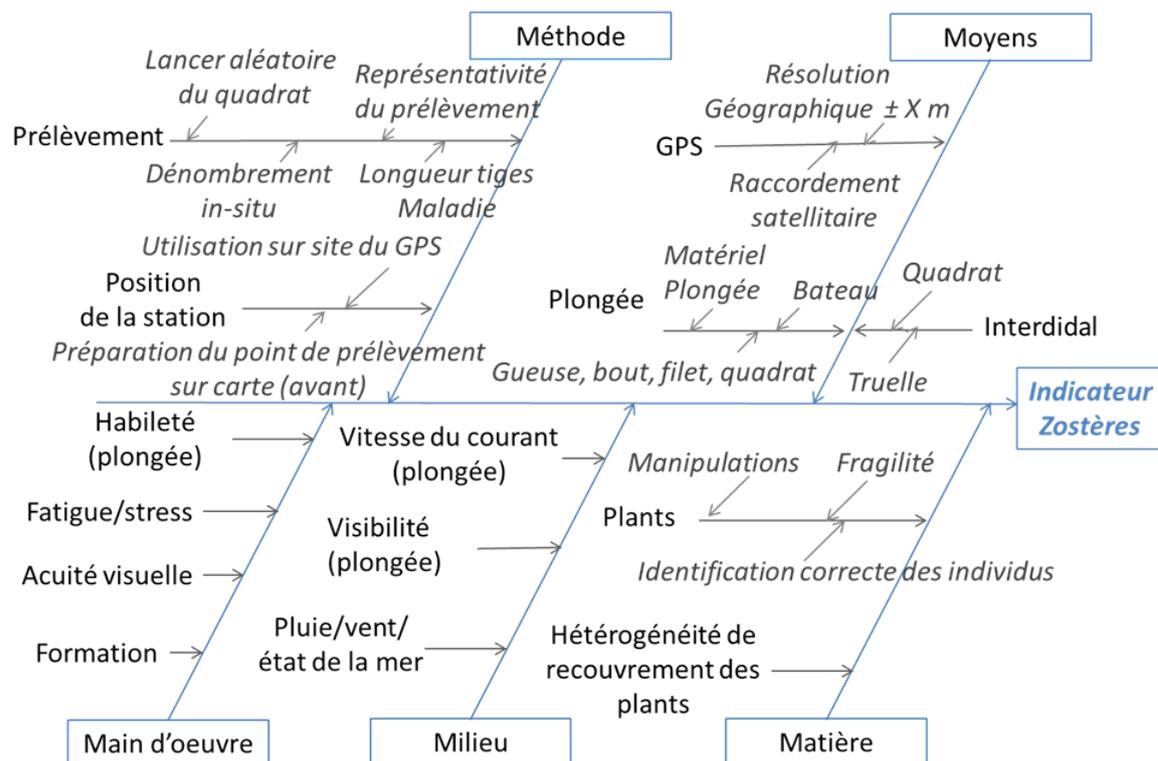


Figure 13 : Diagramme des 5 M des facteurs de la méthode de détermination des herbiers à *Zostera marina*.

Certains facteurs ont été considérés comme négligeables c'est-à-dire ayant peu ou pas d'influence sur le résultat ou bien ne pouvant être maîtrisés :

- Conditions climatiques
- Température, pression extérieure
- Hétérogénéité de recouvrement de l'espèce

D'autres facteurs, liés à la méthode d'évaluation elle-même ou à l'opérateur, sont susceptibles d'avoir un impact sur les résultats :

- Positionnement GPS
- Dénombrement *in-situ*
- Mesures biométriques et estimation du degré d'atteinte par la maladie

Par ailleurs, afin de minimiser l'impact potentiel de certains facteurs, des recommandations ont été faites par les organisateurs avant l'EIL, touchant notamment aux précautions à prendre lors de la manipulation des zostères pendant et après le prélèvement, au choix du positionnement des quadrats et à la morphologie des plants de zostères.

2.2. Matériel et méthodes

L'EIL *Zostera marina* a eu lieu les 26 et 27 juin 2017 à Brest (coefficient de marée de 100 le 26 juin, permettant l'accès sur l'herbier pendant plusieurs heures). Une semaine avant le début de l'EIL, tous les participants avaient reçu une fiche de consignes (annexe 2), qui indiquait le matériel à apporter et décrivait les essais sur le terrain et en laboratoire.

Comme pour l'EIL *Zostera noltei* de l'année précédente, avant le départ sur le terrain, les organisateurs (IUEM Brest) ont fait un rappel sur la mise en œuvre du protocole DCE

et ont précisé les différentes phases de l'essai. L'essai en laboratoire s'est déroulé le 27 juin.

2.2.1. Constitution des équipes

De la côte Ouest du Cotentin au Golfe du Morbihan, le protocole DCE « Angiospermes » pour *Zostera marina* est mis en œuvre par l'IUEM de Brest et le MNHN de Dinard. Sur la côte aquitaine, l'Université de Bordeaux/EPOC (station marine d'Arcachon) et la station Ifremer d'Arcachon complètent ce dispositif. En tant que responsable des suivis benthiques DCE dans le bassin Seine-Normandie, l'équipe Ifremer de Dinard a aussi participé à cet EIL. D'autre part, plusieurs collectivités bretonnes, qui appliquent le protocole DCE dans leur zone de compétence (Lannion, Morlaix, Fouesnant, Etel) ont été présentes pour une partie des essais (terrain).

Le LNE a contribué à la définition des essais et est intervenu sur le terrain en tant qu'observateur. Une quinzaine de personnes ont ainsi participé à cet exercice (Tableau 10).

Tableau 10 : Participants à l'EIL *Zostera marina* en juin 2017.

Nom	Organisme
AUBIN Sébastien	MNHN Dinard
AUBY Isabelle	Ifremer Arcachon
DAUDIN Gwladys	Natura 2000 baie de Morlaix
DROUAL Gabin	IUEM Brest
FOVEAU Aurélie	Ifremer Dinard
GAILLERE Géraldine	Natura 2000 Fouesnant
GOUILLIEUX Benoît	Université de Bordeaux/EPOC
GRALL Jacques	IUEM Brest, organisateur
HUMBERT Suzie	MNHN Dinard
IZARD Charlotte	Natura 2000 Ria d'Etel
LATRY Lise	MNHN Dinard
LE BORGNE Maiwenn	Natura 2000 Lannion
LEJOLIVET Aurore	Ifremer Dinard
MAGUER Marion	IUEM Brest, organisatrice
OGER-JEANNERET Hélène	Ifremer Arcachon
RIGOUIN Loïc	Ifremer Arcachon
LALÈRE Béatrice	LNE Paris, observatrice

Chaque équipe était constituée de personnes qui travaillent habituellement ensemble sur le terrain et avait reçu un code confidentiel qu'elle a reporté sur tous les bordereaux de résultats (feuilles de terrain plastifiées, documents électroniques). La composition de chacune des équipes figure dans l'annexe 3. Une des équipes n'a participé qu'aux essais sur le terrain.

2.2.2. Essais sur le terrain

Ils ont eu lieu sur un herbier de *Zostera marina* situé sur la commune de Landéda (Photo 17), à la sortie de l'Aber Wrac'h (Finistère Nord). L'herbier DCE le plus proche est celui de Sainte-Marguerite.



Photo 17 : L'herbier de Penn Enez à Landéda.

2.2.2.1. Rappels et recommandations sur le protocole avant le déroulement des essais sur le terrain

Avant la mise en œuvre des essais proprement dits, les organisateurs ont effectué des rappels sur certains points pratiques du protocole afin de permettre de réaliser les essais dans les meilleures conditions possibles.

Positionnement des quadrats. L'objectif était d'évaluer les différences d'appréciation entre les opérateurs sur le positionnement d'un quadrat par rapport à un point GPS, et de définir une zone de travail autour de ce point.

Sur le terrain, on constate que les équipes positionnent les quadrats de deux façons différentes : deux équipes posent le quadrat en choisissant un endroit représentatif près du piquet tandis que les trois autres jettent le quadrat aléatoirement ou sur un patch d'herbier (photos 18 et 19).

A l'issue de cet exercice, afin que le quadrat soit placé le plus objectivement possible en zone intertidale, les organisateurs ont recommandé de lancer le quadrat derrière soi quand on est sur le point GPS.



Photo 18 : L'équipe Ifremer/Dinard choisit un endroit représentatif près du piquet.



Photo 19 : L'équipe MNHN Dinard a jeté le quadrat aléatoirement à proximité du point.

Prélèvement des quadrats. Le protocole prévoit le prélèvement des zostères dans un quadrat (feuilles + rhizomes + racines). L'objectif du prélèvement sur le terrain (Photo 20) était d'harmoniser le prélèvement de *Z. marina* notamment au niveau des

organes souterrains et de s'assurer que les différentes équipes travaillent de façon homogène afin de ramener au laboratoire un matériel satisfaisant pour la biométrie. L'utilisation d'une pelle ou d'une bêche est à proscrire dans la mesure où elles abîment les feuilles de zostères. Dans le cas où l'utilisation d'une bêche est indispensable, il est conseillé de cueillir les pieds avant de prélever l'ensemble du quadrat.



Photo 20 : Prélèvement de zostères à l'intérieur du quadrat (avant/après).

Prélèvements pour l'évaluation des épiphytes et de la maladie du dépérissement (wasting disease). Les équipes ont procédé, comme le prévoit le protocole, au prélèvement des zostères à l'échelle de la station et ont conditionné les pieds en sac (Photo 21). L'objectif est de veiller à la bonne conservation des échantillons afin que l'estimation de la maladie soit la plus juste possible. Il faut veiller à prélever des pieds intacts (feuilles non cassées) jusqu'au rhizome. Les pieds doivent être prélevés avec précaution en évitant de froisser les feuilles. Ils peuvent être nettoyés précautionneusement sur le terrain ; ils sont ensuite déposés dans des sacs en plastique suffisamment grands pour ne pas les abîmer.



Photo 21 : Prélèvement de pieds de zostères sur la station pour l'évaluation des épiphytes et de la maladie du dépérissement (wasting disease).

2.2.2.2. Essai F : positionnement géographique.

Son objectif était de relever les coordonnées de 3 piquets installés sur l'estran (Photo 22) par les organisateurs afin de connaître l'erreur de positionnement des GPS utilisés par les différents participants.



Photo 22 : L'équipe d'Arcachon relève les coordonnées du repère 3.

2.2.2.3. Essai G : densité des pieds de *Z. marina*

Cinq quadrats de 0,1m² avaient été disposés dans l'herbier par les organisateurs (Photo 23) ; l'objectif était de compter les pieds de *Z. marina* dans chacun des quadrats (Photo 24) afin d'évaluer les différences entre les opérateurs.



Photo 23: Les quadrats 3 et 4 de l'essai G.



Photo 24 : L'équipe Natura 2000 compte les pieds dans le quadrat 1.

2.2.3. Essais au laboratoire

2.2.3.1. Rappels et recommandations sur le protocole avant le déroulement des essais au laboratoire

Comme pour les essais sur le terrain, les organisateurs ont effectué des rappels sur un point important conditionnant le déroulement correct du protocole : la détermination de l'âge des feuilles.

Détermination de l'âge relatif des feuilles

Objectif : s'assurer que tous les opérateurs savent reconnaître les feuilles, de la plus jeune à la plus âgée.

Déroulement : les organisateurs ont montré comment reconnaître l'âge relatif des feuilles (Photos 25 et 26), de la plus jeune (1 : la plus courte, la plus interne, la plus claire, la moins atteinte par la maladie et la moins épiphytée) à la plus âgée (feuille 5 sur la photo 25 : la plus longue quand elle est entière, la plus externe, la plus foncée, la plus atteinte par la maladie et la plus épiphytée).

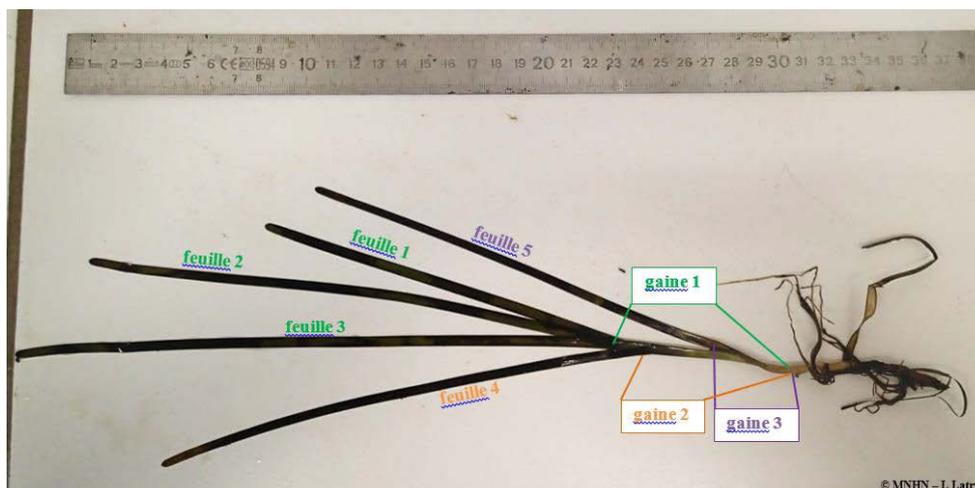


Photo 25 : Différents éléments d'un pied de zostère marine et détermination de l'âge relatif des feuilles.



Photo 26 : Détermination de l'âge des feuilles sur un pied de *Zostera marina* lors de l'EIL.

2.2.3.2. Essai H : estimation du pourcentage de maladie

Objectif : évaluer la variabilité dans l'estimation du pourcentage de la surface des feuilles qui est atteinte par la maladie.

Déroulement : les équipes procèdent à l'estimation des taux de maladie et notent leurs résultats. Ils consignent les difficultés qu'ils rencontrent. La variabilité des résultats est mesurée et commentée pour correction.

2.2.3.3. Essai I : biométrie

Objectif : harmoniser la détermination des longueurs de feuille.

Déroulement : chaque équipe procède à la mesure de chaque feuille pour un jeu de feuilles donné.

Les participants notent leurs résultats et les difficultés qu'ils rencontrent. La variabilité des résultats est évaluée et commentée.

2.3. Résultats

2.3.1. Essai F : positionnement géographique

Déroulement : des piquets repères ont été positionnés sur le terrain. Chaque équipe devait relever la latitude et la longitude de chacun des piquets, en degrés décimaux, avec au maximum 6 chiffres après la virgule. Avec le recul, cette précision, qui correspond à 10 cm sur le terrain, semble superflue et trop ambitieuse pour les GPS standards ; cinq décimales suffiraient donc pour une précision inférieure à 1 m.

Plusieurs types de GPS ont été utilisés lors de cet essai (Tableau 11). Aucun GPS n'a été considéré comme la référence et les écarts obtenus par les différentes équipes ont été comparés à la moyenne des observations.

Tableau 11 : Modèles de GPS utilisé par les différentes équipes

Equipe	Modèle de GPS
1	Trimble GeoXT Geoexplorer 3000
2	Garmin Etrex 10
3	Garmin - Oregon 650
4	Garmin 72H
5	Magellan Explorist 210

L'analyse des écarts à la moyenne pour chaque piquet et chaque équipe (Figure 14) montre que les résultats obtenus sont satisfaisants, avec une exactitude d'environ 1,5 m, ce qui est tout à fait acceptable compte tenu de l'erreur maximale tolérée requise (2 m).

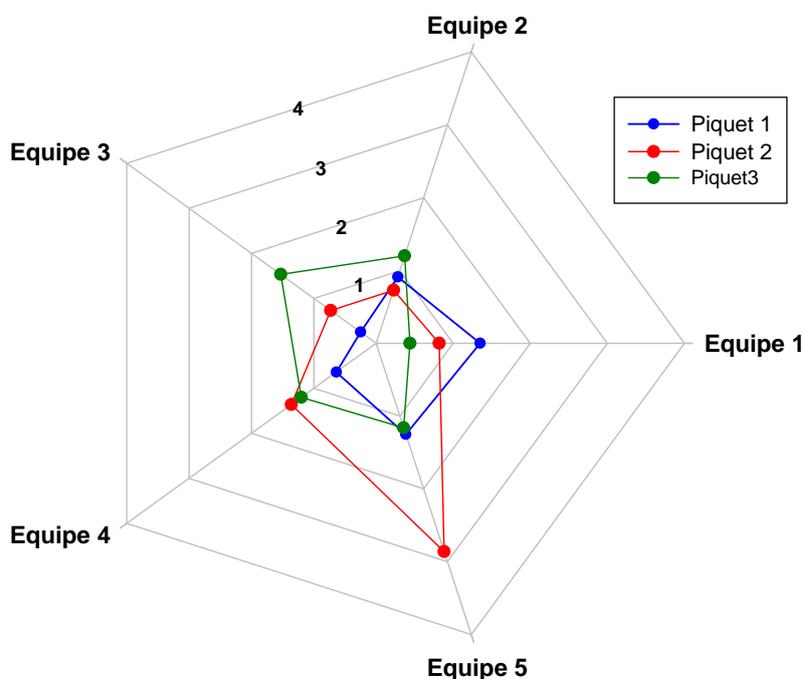


Figure 14 : Distance en mètres par rapport à la moyenne des observations, pour chaque équipe et pour chaque piquet.

Conclusions et recommandations sur cet essai

- Seul un résultat (piquet 2, équipe 5) est incohérent avec les autres. Il s'agit probablement d'une mesure prise trop rapidement, sans attendre que le GPS soit stabilisé. Il est indispensable d'attendre la stabilisation de la position donnée par le GPS, et donc le captage d'au moins 4 satellites (noter leur nombre), ce qui nécessite parfois quelques minutes, avant d'appliquer le protocole sur le point cible. Cinq décimales permettent d'obtenir une précision inférieure à 1 m, qui est suffisante dans ce cas
- Au niveau de la configuration du GPS, il faut vérifier la possibilité d'affichage de la distance à parcourir pour atteindre le point (en mètres avec 2 décimales si le GPS offre cette configuration). Sur le terrain, l'opérateur doit tenter de réduire cette distance au maximum avant de valider l'atteinte du point ;
- La nouvelle version du protocole devra indiquer l'erreur maximale tolérée requise pour les GPS (2 m).

2.3.2. Essai G : densité des pieds de *Z. marina*.

Déroulement : les équipes ont dénombré les pieds de zostères dans cinq quadrats et ont noté les densités obtenues (Tableau 12). Les résultats ont été comparés à ceux obtenus par les organisateurs (Référence), qui ont compté les pieds dans les quadrats avant le début de l'essai et ont fait une nouvelle vérification à la fin de l'essai.

Tableau 12 : Résultats de densité obtenus dans les 5 quadrats par les différentes équipes

Quadrat \ Equipe	G1	G2	G3	G4	G5
1	32	19	34	22	21
2	32	19	34	22	22
3	33	21	33	25	27
4	28	21	34	23	25
5	32	21	32	24	25
Référence	33	22	33	25	23

Aucune hétérogénéité significative n'apparaît dans les observations, comme l'indiquent les résultats du test du χ^2 : valeur= 1.351, $p > 0.99$. Les différences observées sont liées au fait que les opérateurs ont compté des feuilles de l'année précédente (reconnaissables car solitaires et non incluses dans un pied), ou ont oublié de compter les petits pieds ou les pieds reproducteurs.

Par exemple, le quadrat 3 contenait une feuille de l'année précédente qui a été comptée comme un pied par la majorité des équipes (Photo 27). Le quadrat 2 contenait un pied reproducteur, qui n'a été pris en compte que par l'équipe de référence.



Photo 27 : Une feuille axillaire de *Zostera marina* a été confondue avec un pied par 4 équipes sur 5

Le point faible de cet essai est le manque de variabilité au niveau des densités des différents quadrats (Figure 15). En effet, les herbiers bretons suivis dans le cadre de la DCE sont généralement homogènes, mais présentent des différences importantes entre les stations (haute densité = St Malo : 30 à 80 pieds par quadrat, basse densité = Roscanvel : 20 à 30 pieds par quadrat).

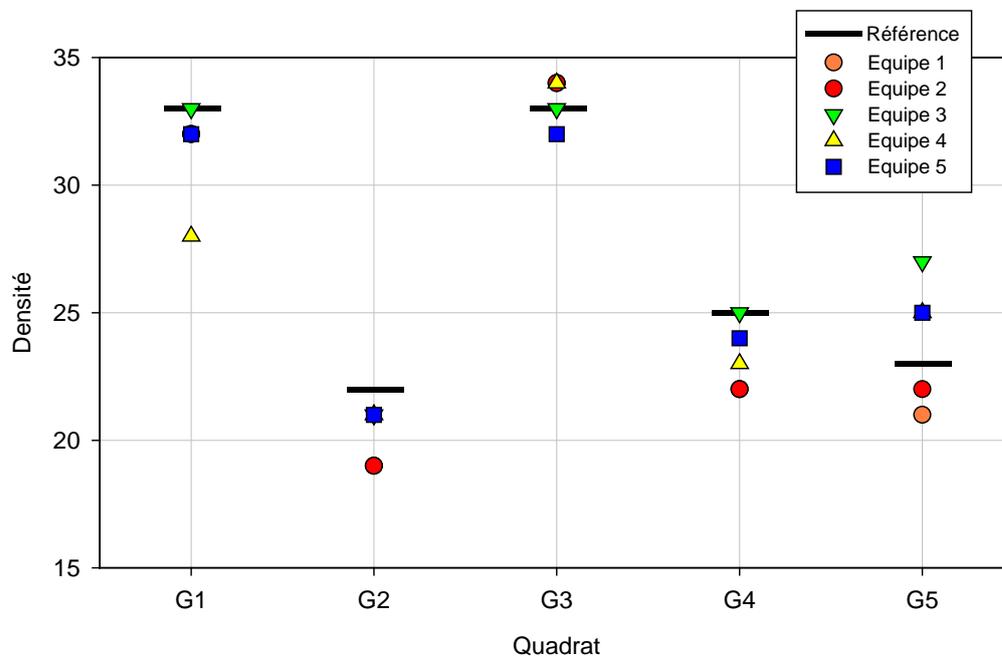


Figure 15 : Densité des pieds mesurés dans les quadrats par chaque équipe lors de l'essai G.

Les différences à la référence font apparaître une tendance à la sous-estimation pour la plupart des équipes (Tableau 13).

Tableau 13 : Ecart à la référence observés dans les densités de pieds, par équipe et par quadrat dans l'essai G

Quadrat Equipe	G1	G2	G3	G4	G5	Nb valeurs exactes par équipe	Rapport -/+
1	-1	-3	+1	-3	-2	0	4/1
2	-1	-3	+1	-3	-1	0	4/1
3	0	-1	0	0	+4	3	1/1
4	-5	-1	+1	-2	+2	0	3/2
5	-1	-1	-1	-1	+2	0	4/1
Occurrence valeur exacte	1	0	1	1	0		
Rapport -/+	4/0	5/0	1/3	4/0	2/3		

Remarque : Les essais ont été réalisés avec des conditions idéales ; en pratique les comptages peuvent être réalisés sous l'eau, avec un risque d'erreur supérieur, notamment en milieu turbide et/ou agité.

Conclusions et recommandations sur cet essai

- Les résultats obtenus par les différentes équipes sont très homogènes et proches de la référence. Ils confirment la compétence des opérateurs.
- Pour des EIL ultérieurs, il faudrait choisir un site présentant une plus grande variabilité des densités (Normandie par exemple), tout en restant accessible dans des conditions météorologiques variées.
- Pour des EIL ultérieurs, il faudrait choisir des quadrats contenant des « pièges » pour s'assurer que les opérateurs reconnaissent les feuilles de l'année précédente (qui peuvent rester collées au pied) et sont capables d'identifier les jeunes pieds.

Nb : pour des raisons pratiques, certaines équipes n'ont pas pu participer aux essais qui se sont déroulés en laboratoire. Lors de prochains EIL, il faudra s'assurer que toutes les équipes peuvent bien participer à tous les essais (terrain et laboratoire).

2.3.3. Essai H : mesure du taux de maladie

Pour cet essai, 4 équipes ont évalué le taux de maladie sur 5 feuilles, numérotées H1 à H5 (Tableau 14). Conformément aux consignes du protocole DCE actuel, certaines équipes ont utilisé l'échelle proposée par Burdick *et al.* (1993) : 0, 1, 10, ... En revanche, les équipes opératrices du Rebut Bretagne ont utilisé une échelle plus fine.

Tableau 14 : Mesure du pourcentage de maladie (wasting disease) par les différentes équipes.

Feuille Equipe	H1	H2	H3	H4	H5
1	10	1	1	10	10
2	10	1	10	10	10
4	10	1	10	10	10
5	10	1	5	5	10
Référence	10	1	5	5	10

Le test du χ^2 (valeur= 30,35, $p < 0,05$) permet de conclure à une hétérogénéité significative dans les observations entre les différentes équipes. Celle-ci reste relativement faible toutefois.

Le tableau 15 précise les écarts d'estimation de la maladie à la référence, observés par feuille et par équipe. En fait, les seuls écarts observés ne relèvent pas d'une erreur d'estimation mais correspondent à l'utilisation d'une échelle plus précise que celle de Burdick *et al.* (1993) recommandée par le protocole.

Tableau 15 : Ecart à la référence observés dans l'essai H

Feuille Equipe	H1	H2	H3	H4	H5	nb valeurs exactes par équipe	rapport -/+
1	0	0	-4	+5	0	3	1/1
2	0	0	+5	+5	0	3	0/2
4	0	0	+5	+5	0	3	0/2
5	0	0	0	0	0	5	-
Référence	10	1	5	5	10		
Occurrence valeur exacte	4	4	1	1	4		
rapport -/+	-	-	1/2	0/3	-		

On peut regretter par ailleurs que cet essai ait été réalisé dans un secteur où les taux de maladie sont relativement faibles, alors qu'il aurait été plus intéressant de le réaliser en utilisant des feuilles plus diversement affectées par la maladie.

Conclusions et recommandations sur cet essai

- Il est préconisé pour des EIL ultérieurs d'utiliser l'échelle de Burdick *et al.* (1993)
- Il faudrait refaire cet essai à l'avenir sur un site présentant différents pourcentages de maladie sur les feuilles, voire en proposant aux opérateurs d'évaluer la maladie sur des pieds provenant d'un autre site plus contaminé.

2.3.4. Essai I : biométrie des feuilles

Chaque équipe a mesuré les trois mêmes pieds comportant chacun quatre feuilles (Photo 28).



Photo 28 : Un pied de *Zostera marina* de l'essai I.

Largeur de feuilles

Sur les 4 équipes ayant participé aux essais en laboratoire, contrairement à ce que préconise le protocole, l'une n'a pas mesuré les largeurs et une autre a mesuré les largeurs sur 2 pieds seulement (Tableau 16).

Tableau 16 : Largeur des feuilles (mm)

Pied Equipe	Pied I1				Pied I2				Pied I3			
	Feuille 1	Feuille 2	Feuille 3	Feuille 4	Feuille 1	Feuille 2	Feuille 3	Feuille 4	Feuille 1	Feuille 2	Feuille 3	Feuille 4
1	6	5,5	6	5,5	4,5	4,5	4	4	7	7	6	6
2					4	4,5	4,5	4	6	6	6	6
4	5	5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4	6	6	6	6
Référence	5,5	5,5	5,5	5,5	4	4	4	4	6	6	5,5	6

Les résultats du test du χ^2 (valeur= 0,74, $p>0,99$) montrent qu'il n'y a pas d'hétérogénéité significative dans la mesure de la largeur des feuilles. Par ailleurs, nous n'avons pas détecté de sous ou de surestimation par rapport à la référence.

La différence observée par rapport à la référence est en général de 0,5 mm ce qui correspond à la précision de la lecture sur la feuille de papier millimétrée (Photo 29), et au maximum de 1 mm.

Longueur de gaines

Sur les 4 équipes ayant participé aux essais en laboratoire, seules 2 ont mesuré la longueur des gaines, contrairement à ce que préconise le protocole.

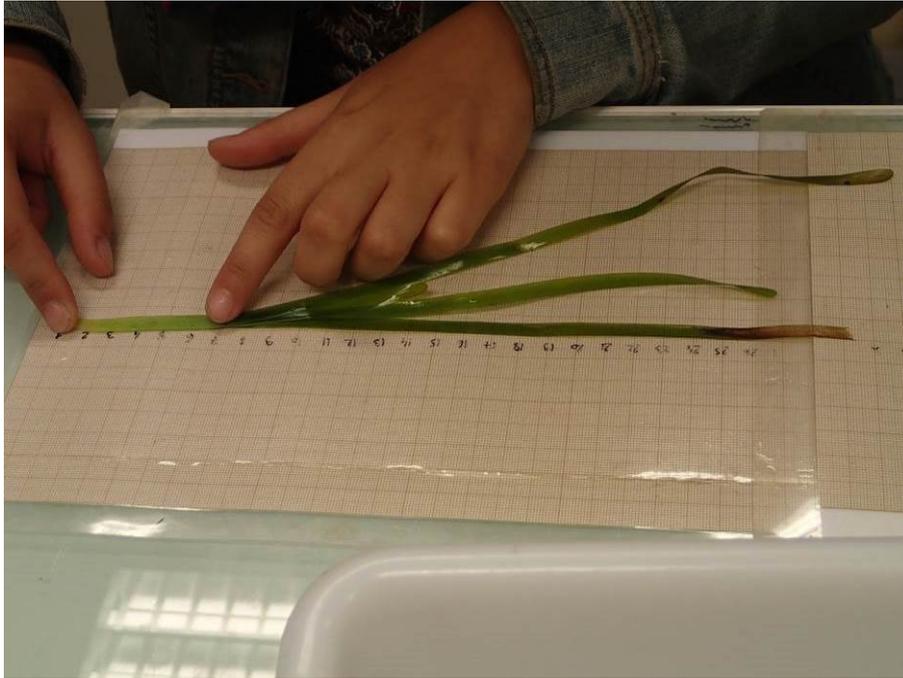


Photo 29 : Illustration de la mesure de la longueur d'une gaine/d'une feuille en utilisant le papier millimétré.

Le tableau 17 présente les résultats obtenus par ces équipes.

Tableau 17 : Longueur des gaines (mm).

Pied Equipe	Pied I1				Pied I2				Pied I3			
	Gaine 1	Gaine 2	Gaine 3	Gaine 4	Gaine 1	Gaine 2	Gaine 3	Gaine 4	Gaine 1	Gaine 2	Gaine 3	Gaine 4
1	81	81	81	70	53	53	53	43	61	61	61	61
2	71,5	82	82	82	46	65	65	65	62	62	62	62
Référence	81	81	81	71	55	55	55	44	60	60	60	60

Le test du χ^2 (valeur= 1,26, $p>0,99$) traduit une absence d'hétérogénéité significative. Toutefois, on note quelques mesures aberrantes pour l'équipe 2 (en rouge sur le tableau 17), correspondant probablement soit à une inversion de l'ordre des feuilles, soit à une erreur systématique de mesure (erreur de positionnement de la base de la gaine).

Cet essai a été réalisé sur une population de *Zostera marina* présentant peu de variabilité dans la longueur des gaines de chaque pied. Il faut souligner que ce n'est pas le cas dans d'autres secteurs (Chausey, Arcachon,...).

Longueur de feuilles

Les 4 équipes ont participé à cet essai. Pour deux d'entre elles (Tableau 18), on observe une inversion ponctuelle (équipe 1), voire quasi systématique (équipe 2), de l'ordre des feuilles. Ce dernier cas illustre le fait que la numérotation des feuilles se faisait à l'inverse de ce qui est présenté au § 2.1.3.1 jusqu'à une date récente, ce qui a pu générer une confusion pour cette équipe, au moins pour les pieds 1 et 2.

Tableau 18 : Longueur des feuilles (mm).

Pied Equipe	Pied 1				Pied 2				Pied 3			
	Feuille 1	Feuille 2	Feuille 3	Feuille 4	Feuille 1	Feuille 2	Feuille 3	Feuille 4	Feuille 1	Feuille 2	Feuille 3	Feuille 4
1	233	360	370	285	142	235	232	204	137	262	320	284
2	287	245	373	366	206	151	240	233	138	262	321	284
4	234	376	359	287	142	234	234	208	139	264	323	285
5	235	372	358	287	147	233	242	207	137	263	321	285
Référence	235	372	358	284	144	233	232	203	138	263	320	285

Si on attribue les longueurs mesurées aux feuilles correspondantes (Tableau 19 et Figure 16), on observe que les résultats sont très cohérents, ce qui montre que si les opérateurs savent numéroter les feuilles correctement, il n'y a pas de dispersion des résultats sur cet essai.

Tableau 19 : Longueur des feuilles, après vérification de l'ordre des feuilles auprès des participants.

Pied Equipe	Pied 1				Pied 2				Pied 3			
	Feuille 1	Feuille 2	Feuille 3	Feuille 4	Feuille 1	Feuille 2	Feuille 3	Feuille 4	Feuille 1	Feuille 2	Feuille 3	Feuille 4
1	233	370	360	285	142	235	232	204	137	262	320	284
2	245	373	366	287	151	233	240	206	138	262	321	284
4	234	376	359	287	142	234	234	208	139	264	323	285
5	235	372	358	287	147	233	242	207	137	263	321	285
Référence	235	372	358	284	144	233	232	203	138	263	320	285

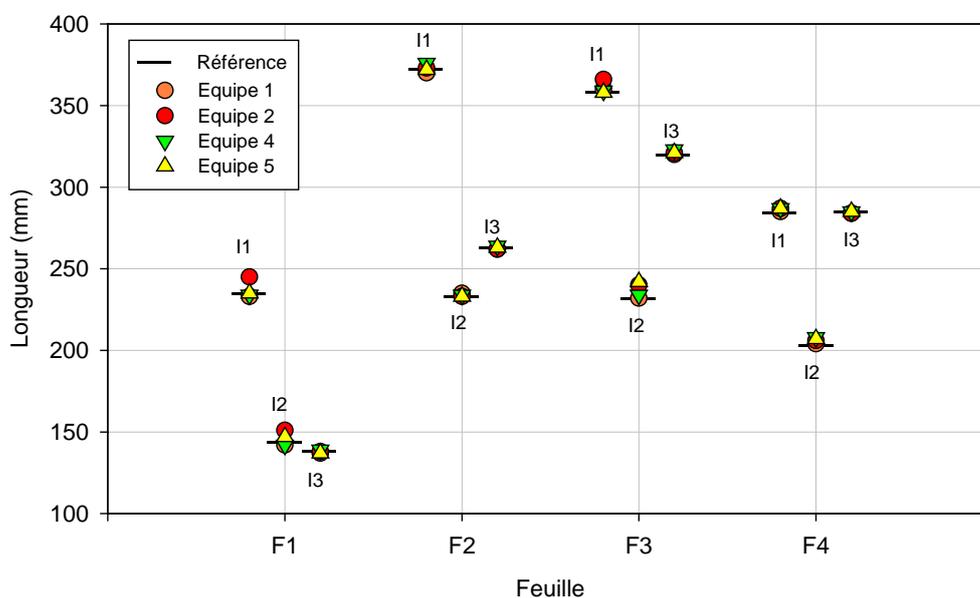


Figure 16 : Mesure des longueurs de chaque feuille (en mm) par les équipes, après vérification auprès des participants. I1, I2 et I3 correspondent aux trois pieds sur lesquels les longueurs de feuilles ont été mesurées. Pour faciliter la lecture des résultats, les longueurs de feuilles des pieds I1 et I3 ont été figurés de part et d'autre de l'ordonnée.

Conclusions et recommandations sur cet essai

- Malgré des résultats globalement cohérents entre les équipes, les essais relatifs à la biométrie mettent en évidence un certain nombre de problèmes :
 - Non-respect des consignes par plusieurs équipes ;
 - Méconnaissance du système de classification de l'ordre des feuilles. Afin de préciser ce point, une photo explicite a été rajoutée en 2018 dans la nouvelle version du protocole ;
 - Manque de concentration lors de la réalisation des mesures.
- Pour y remédier, les recommandations sont les suivantes :
 - Pour les organisateurs :
 - s'assurer que toutes les équipes réalisent l'intégralité des essais et rendent toutes leurs mesures avant de partir ;
 - fournir du matériel biologique en provenance de secteurs variés (présentant des caractéristiques morphologiques différentes).
 - Pour les opérateurs
 - Relire attentivement les protocoles avant de participer aux essais ;
 - Travailler en binôme dans la mesure du possible.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Ces deux exercices d'EIL ont mobilisé la majorité des opérateurs intervenant sur les herbiers de zostères dans le cadre de la surveillance DCE sur les côtes de Manche et d'Atlantique. Les participants ont été intéressés par cette démarche et s'y sont impliqués avec enthousiasme.

En premier lieu, il faut souligner que cet exercice s'est avéré particulièrement utile pour mettre en évidence les lacunes et/ou imprécisions dans les différentes étapes des précédents protocoles, qui ont été améliorés à la lumière des résultats obtenus et des discussions entre tous les opérateurs. Ce document a ainsi été récemment mis à jour (Auby *et al.*, 2018).

Parce qu'il s'agissait d'une première expérience dans ce domaine, et en dépit du soutien du LNE dans toutes les étapes de cet exercice, il est apparu un certain nombre de difficultés relatives à sa mise en œuvre dans des conditions optimales. Ces difficultés ont été de plusieurs ordres, par exemple :

- Problème dans le choix du terrain d'expérimentation : L'herbier de *Zostera noltei* retenu pour les mesures sur le terrain en raison de sa facilité d'accès par la côte s'est avéré sensible au piétinement en raison de la forte teneur en eau du sédiment ; peu à peu, les zostères ont été recouvertes par la vase en suspension, contrariant l'homogénéité des observations pour l'ensemble des équipes ;
- Problème dans la compréhension des consignes : Pour les mesures biométriques de *Zostera marina*, tous les paramètres (longueur des gaines, longueur et largeur des limbes) n'ont pas été mesurés par toutes les équipes. De même, tous les opérateurs n'ont pas compris de la même façon quelle échelle utiliser pour qualifier l'atteinte par la maladie ;
- Problème de nature du matériel végétal à évaluer par les opérateurs : Les pieds de *Zostera marina* utilisés pour les mesures de l'atteinte par la maladie étaient tous peu affectés par celle-ci, si bien que les valeurs hautes de l'échelle n'ont pas été testées. D'autre part, les quadrats installés sur le terrain sur l'herbier de *Zostera noltei* ne contenaient pas toutes les classes de recouvrement possibles ; de même, pour *Zostera marina*, tous les quadrats à évaluer se situaient dans la même gamme de densité.
- De plus, certaines des étapes (par exemple prélèvement des macroalgues présentes dans les herbiers de zostères) ou des conditions de mesure (par exemple prélèvement en plongée pour *Zostera marina*) n'ont pas été prises en compte dans cette première démarche.

Pour ces raisons, dans les prochaines années, la mise en œuvre de nouveaux exercices est souhaitable, en s'appuyant notamment sur les enseignements à retenir de cette première session.

Quoi qu'il en soit, cette première approche a permis de mettre en évidence et/ou de confirmer un certain nombre de sources d'incertitudes liées aux méthodes utilisées, ainsi que de proposer des améliorations, des précisions ou des exercices permettant de les limiter (Tableau 20).

Tableau 20 : Bilan des conclusions de l'EIL Zostères sur les différents paramètres testés

Facteur testé	Conclusions de l'EIL	Proposition d'amélioration
Localisation par GPS	Les GPS utilisés permettent en général d'obtenir des mesures avec une précision à 2 mètres, ce qui est considéré comme satisfaisant. Pas utile de répéter ce type d'essai lors de chaque EIL	Spécification ajoutée dans le protocole : <i>Attendre la stabilisation de la position donnée par le GPS</i>
		Spécification ajoutée dans le protocole : <i>Erreur Maximale Tolérée de 2m pour les grilles standards de 20 m de côté (précision acceptable compte tenu de la précision minimale requise : §1.3.1)</i>
		Spécification ajoutée dans le protocole : <i>Afficher la distance à parcourir pour atteindre le point et réduire cette distance au maximum</i>
		Spécification ajoutée dans le protocole : <i>Enregistrement du cheminement chaque année (éviter dérive dans la localisation du point)</i>
Positionnement du quadrat (<i>Z. noltei</i>)	Satisfaisant, mais éviter l'effet opérateur en s'assurant que les équipes posent le quadrat de façon impartiale	Spécification ajoutée dans le protocole : <i>Poser le quadrat à ses pieds en direction du point de prélèvement suivant</i>
Positionnement du quadrat à pied (<i>Z. marina</i>)	Aucune règle définie : risque de partialité	Spécification ajoutée dans le protocole : <i>lorsqu'on atteint le point GPS, chaque quadrat doit être lancé au hasard derrière son dos.</i>
Positionnement du quadrat en plongée (<i>Z. marina</i>)	Aucune règle définie : risque de partialité	Spécification ajoutée dans le protocole : <i>lorsque le bateau est sur le point GPS, une gueuse équipée d'une bouée est larguée pour matérialiser le point. A partir de ce point, un bout de 10 m est disposé par les plongeurs sur un même niveau bathymétrique selon un cap identique chaque année et notifié sur la fiche de terrain. Les prélèvements et les dénombrements sont réalisés de manière équidistante.</i>
Prise de photo (<i>Z. noltei</i>)	Pour un même quadrat, différences importantes entre certaines équipes	Déjà spécifié dans le protocole, attirer l'attention des opérateurs : Utiliser systématiquement un pare-soleil pour un ombrage uniforme de la photo, et un trépied pour une prise de vue bien cadrée et verticale
		Spécification ajoutée dans le protocole : <i>Optimiser les réglages de l'appareil photo pour obtenir une image de qualité</i>
		Spécification ajoutée dans le protocole : <i>Régler l'appareil sur 2 Mégapixels minimum</i>
Dénombrement des pieds de zostères sur le terrain (<i>Z. marina</i>)	Certaines équipes ont confondu les pieds avec une vieille gaine foliaire	Améliorer la formation des opérateurs à la morphologie des zostères. Particulièrement important lors d'observation en plongée (turbidité, courant qui couche les pieds)
Biométrie et indice de maladie (<i>Z. marina</i>)	Certaines équipes ont inversé l'ordre des feuilles et/ou n'ont pas correctement caractérisé la limite gaine/limbe	Améliorer la formation des opérateurs à la morphologie des zostères.
Estimation du recouvrement sur photo (<i>Z. noltei</i>)	Parfois de très grandes différences de mesure entre équipes.	Envoyer des photos chaque année aux opérateurs (avec toutes les classes de recouvrement, et surtout en limite de classe). Comparer les résultats, attirer l'attention des opérateurs dont les mesures sont incohérentes.

Il faut souligner que certaines de ces incertitudes concernent des paramètres « supplémentaires », qui ne sont pas pris en compte dans le calcul de l'indicateur « angiospermes ». C'est notamment le cas pour la biométrie et l'indice de maladie chez *Zostera marina*. Les erreurs observées reposent principalement sur une méconnaissance de la morphologie des zostères, lacune qui a probablement été comblée lors cet exercice.

En ce qui concerne les paramètres pris en compte pour le calcul de l'indicateur (densité pour *Zostera marina* et pourcentage de recouvrement pour *Zostera noltei*), les résultats de l'EIL semblent indiquer une assez faible variabilité entre les différents opérateurs. Les divergences observées devraient, pour *Zostera marina*, être réduites par une meilleure connaissance de la morphologie des plantes et pour *Zostera noltei* par l'amélioration de la qualité des images acquises (application du nouveau protocole) et une meilleure prise en main du logiciel de traitement d'images. Pour ce dernier point, un exercice régulier d'intercomparaison est recommandé.

Enfin, il faut signaler que les herbiers de zostères marines (*Z. marina*)² font partie des habitats benthiques prioritaires pris en compte par la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM). Dès le premier cycle (2014-2020), leur suivi a été intégré dans le programme de surveillance DCSMM afin de contribuer à l'évaluation de l'état écologique du milieu marin. Le protocole de surveillance DCSMM des herbiers de *Zostera marina* s'appuie strictement sur le protocole DCE-*Zostera marina* (Auby *et al.*, 2018) pour le suivi écologique des plantes, et recommande l'échantillonnage complémentaire de la macrofaune associée : épifaune vagile et endofaune (Janson *et al.*, 2018).

Dans le cadre de la mise en œuvre opérationnelle de la surveillance DCSMM, il faudra veiller à ce que :

- les futurs opérateurs DCSMM soient associés aux prochains EIL zostères pour le volet « végétation », notamment s'ils diffèrent des opérateurs DCE-*Zostera marina* ;
- des exercices d'intercalibration portant sur l'échantillonnage faunistique (épi- et endofaune) soient organisés.

² Il faut noter en revanche que les herbiers à *Zostera noltei* n'ont pas été mis en avant pour le premier cycle de la DCSMM (2014-2020).

Glossaire

Les définitions ci-dessous sont issues du Vocabulaire Internationale de métrologie (VIM) : https://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_200_2012.pdf

Erreur Maximale Tolérée (EMT)

Valeur extrême de l'erreur de mesure par rapport à une valeur de référence connue, qui est tolérée par les spécifications ou règlements pour un mesurage, un instrument de mesure ou un système de mesure donné

Note 1 : Les termes « erreurs maximales tolérées » ou « limites d'erreur » sont généralement utilisées lorsqu'il y a deux valeurs extrêmes

Note 2 : il convient de ne pas utiliser le terme « tolérance » pour désigner l'erreur maximale tolérée.

Justesse (trueness en anglais)

Étroitesse de l'accord entre la valeur moyenne d'un nombre infini de valeurs mesurées répétées et une valeur de référence

Note 1 : La justesse de mesure n'est pas une grandeur et ne peut donc pas s'exprimer numériquement, mais l'ISO 5725 donne des caractéristiques pour l'étroitesse de l'accord.

Note 2 : La justesse de mesure varie en sens inverse de l'erreur systématique mais n'est pas liée à l'erreur aléatoire.

Note 3 : Il convient de ne pas utiliser le terme « exactitude de mesure » pour la justesse de mesure et vice versa.

Fidélité (precision en anglais)

Étroitesse de l'accord entre les indications ou les valeurs mesurées obtenues par des mesurages répétés du même objet ou d'objets similaires dans des conditions spécifiées

Note 1 : La fidélité est en général exprimée numériquement par des caractéristiques telles que l'écart-type, la variance ou le coefficient de variation dans les conditions spécifiées.

Note 2 : Les conditions spécifiées peuvent être, par exemple, des conditions de répétabilité, des conditions de fidélité intermédiaire ou des conditions de reproductibilité (voir l'ISO 5725-1:1994).

Note 3 : La fidélité sert à définir la répétabilité de mesure, la fidélité intermédiaire de mesure et la reproductibilité de mesure.

Note 4 : Le terme « fidélité de mesure » est quelquefois utilisé improprement pour désigner l'exactitude de mesure.

Exactitude (accuracy en anglais, très souvent traduit en français par « précision »)

Étroitesse de l'accord entre une valeur mesurée et une valeur vraie d'un mesurande.

Note 1 : L'exactitude de mesure n'est pas une grandeur et ne s'exprime pas numériquement. Un mesurage est quelquefois dit plus exact s'il fournit une plus petite erreur de mesure.

Note 2 : Il convient de ne pas utiliser le terme « exactitude de mesure » pour la justesse de mesure et le terme « fidélité de mesure » pour l'exactitude de mesure. Celle-ci est toutefois liée aux concepts de justesse et de fidélité.

Note 3 : L'exactitude de mesure est quelquefois interprétée comme l'étroitesse de l'accord entre les valeurs mesurées qui sont attribuées au mesurande.

Resolution (resolution en anglais)

Plus petite variation de la **grandeur** mesurée qui produit une variation perceptible de l'**indication** correspondante

Note : La résolution peut dépendre, par exemple, du bruit (interne ou externe) ou du frottement. Elle peut aussi dépendre de la valeur de la grandeur mesurée.

BIBLIOGRAPHIE

- Auby I., Oger-Jeanneret H., Gouillieux B., Grall J., Janson A.-L., Maguer M., Rigouin L., Rollet C., Sauriau P.-G., Trut G. (2018). Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). *Zostera marina* - *Zostera noltei*. Version 3. ODE/UL/LER/AR/18.017. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00471/58250/>
- Auby I., Dalloyau S., Hily C., Oger-Jeanneret H., Plus M., Sauriau P.-G., Trut G. (2012). Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), *Zostera marina*, *Zostera noltii*. RST/LER/MPL/12/03. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00072/18368/>
- Auby I., Oger-Jeanneret H., Sauriau P.-G., Hily C., Barille L. (2010). Angiospermes des côtes françaises Manche-Atlantique. Propositions pour un indicateur DCE et premières estimations de la qualité. RST/LER/MPL/10-15. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00032/14358/>
- Auby I., Oger-Jeanneret H., Trut G., Ganthy F., Rigouin L., De Casamajor M.-N., Sanchez F., Lissardy M., Fortune M., Manach S., Bizzozero L., Rollet C., Lejolivet A., Desroy N., Foveau A., Le Mao P., Sauriau P.-G., Aubert A., Cajeri P., Curti C., Duvarid A., Latry L., Lachaussee N., Pineau P., Plumejeaud-Perreau C., Aubin S., Droual G., Fournier J., Garcia A, Guillaudeau J., Hubert C., Humbert S., Janson A.L., Masse C., Panizza A.C., Grall J., Maguer M., Hily C., Hacquebart P., Joncourt Y., Baffreau A., Timsit O. (2018). Classement des masses d'eau du littoral Manche-Atlantique sur la base de l'indicateur DCE «Angiospermes» (2012-2016). ODE/UL/LER/AR/18.002. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00427/53868/>
- Auby I., Sauriau P.-G., Oger-Jeanneret H., Hily C., Dalloyau S., Rollet C., Trut G., Fortune M., Plus M., Rigouin L. (2014). Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) *Zostera marina* - *Zostera noltei*. Version 2. RST/LER/AR/14.01. <http://doi.org/10.13155/29685>
- Belin C., Daniel A. (2013). Méthodes de bio-indication en eaux littorales. Indicateur phytoplancton et physico-chimie. Livrable A2 : Synthèse des conclusions du GT phytoplancton - hydrologie. Validation intermédiaire des grilles biomasse dans les MET de Manche Atlantique. Révision de la définition des masses d'eau turbides pour la prise en compte de l'indicateur phytoplancton. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00212/32358/>
- Boström, C., Roos, C., Rönnerberg, O. (2004). Shoot morphometry and production, dynamics of eelgrass in the northern Baltic Sea; *Aquatic Botany*; 79: 145-161.
- Derrien-Courtel S., Le Gal A., Miossec L., Soudant D., 2013. Essais interlaboratoires sur les macroalgues subtidales en milieu marin. Rapport Ifremer/Aquaref/Onema, 49 pages. http://www.aquaref.fr/system/files/AQUAREF_2013_B3i_IFREMER_EIL_macroalgues_subtidales_VF.pdf
- Fonseca, M.S., Kenworthy, W.J. and Thayer, G.W (1998). Guidelines for the Conservation and Restoration of Seagrasses in the United States and Adjacent Waters; NOAA Coastal Ocean Program Decision Analysis Series N°12; NOAA Coastal Ocean Office; Silver Spring, M.D.;222p.
- Garcia A., Desroy N., Le Mao P., Miossec L. (2014). Protocole de suivi stationnel des macroinvertébrés benthiques de substrats meubles subtidaux et intertidaux dans le cadre de la DCE - Façades Manche et Atlantique - Rapport AQUAREF 2014. Rapport AQUAREF 2014. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00269/38067/>

Janson A.-L., Grall J., Maguer M., 2018. Extension méthodologique (protocole) pour le suivi stationnel de la macrofaune associée aux herbiers de *Zostera marina* - Recommandations DCSMM. Rapport UMS PatriNat-IUEM-CNRS-RESOMAR, 6p.+ annexe.

Miossec L., 2013 a. Guide méthodologique des méthodes DCE en hydrobiologie littorale : zostères, blooms opportunistes, phytoplancton. Rapport Ifremer/Aquaref/Onema, 32 pages.

http://www.aquaref.fr/system/files/2012_IA04_Point2.4_IFREMER_guide_methodologique_VF.pdf

Miossec L., 2013 b. Guide méthodologique des méthodes DCE en hydrobiologie littorale : CARLIT, macrophytes en lagunes et posidonies. Rapport Ifremer/Aquaref/Onema, 13 pages.

http://www.aquaref.fr/system/files/Aquaref_2013_B2_IFREMER_guide_methode_DCE_VF.pdf

Miossec L., Soudant D., Le Stum M., 2011. Consolidation et mise au point de méthodes de bio-indication et transfert aux opérateurs. Contribution hydrobiologie en milieu marin. Rapport Ifremer/Aquaref/Onema, 103 pages.

http://www.aquaref.fr/system/files/IA04.1_rapport_onema_convention_2011_aquaref_hydrobio_miossec_juin2012%283%29.pdf

Miossec L., Soudant D., Ar Gal E., Le Duff M., 2012. Essais interlaboratoires sur les macroalgues intertidales en milieu marin. Rapport Ifremer/Aquaref/Onema, 41 pages.

http://www.aquaref.fr/system/files/2012_IA04_point3.4_EIL_macroalgues_VF_0.pdf

Neaud-Masson N., Brun M., 2015. Essai inter-analystes Ifremer pour l'évaluation de la qualité des connaissances en taxinomie et dénombrement du phytoplancton marin. Rapport d'évaluation des analystes du phytoplancton dans le cadre du REPHY. Rapport Ifremer/Aquaref/Onema, 43 pages.

http://www.aquaref.fr/system/files/FA%2029%20Aquaref_B%20L3.9_EIL-phyto_VF.pdf

Olesen, B., Sand-Jensen K. (1994). Biomass density patterns in the temperate seagrass *Zostera marina*; Mar. Ecol. Prog. Ser.; 109:283-291.

Sauriau P.-G., Jourde J., Gouillieux B., Lavesque N., Le Garrec V., Grall J., Miossec L., 2015. Essais interlaboratoires sur les invertébrés benthiques en milieu marin. Ring-test et formation AQUAREF 2014. Rapport final CNRS, Ifremer, Aquaref, 31 p. + annexes

Short, F.T. and Wyllie-Echeverria, S. (1996). Natural and human-induced disturbance of seagrasses; Environmental Conservation; 23:17-27.

Soudant D., Miossec L., Neaud-Masson N, Auby I., Maurer D., Daniel-Scuiller A., 2015. Incertitudes des méthodes d'évaluation « eaux littorales » : utilisation de modèles linéaires dynamiques pour l'évaluation des incertitudes (chlorophylle a, phytoplancton). Rapport Ifremer/Aquaref/Onema, 42 pages.

<http://www.aquaref.fr/system/files/Aquaref%202015%20B1.5%20UTILISATION%20DE%20MOD%3%88LES%20LIN%3%89AIRES%20DYNAMIQUES%20POUR%20L%E2%80%99%3%89VALUATION%20DES%20INCERTITUDES%28CHLOROPHYLLE%20A%2C%20PHYTOPLANCTON%29.pdf>

Soudant D., Auby I., A. (2018). Incertitudes des méthodes d'évaluation « eaux littorales » : utilisation de modèles linéaires dynamiques pour l'évaluation des incertitudes des paramètres hydrologiques. Transférer les méthodes de bio indication. Compléments apportés au guide méthodologique et EIL phytoplancton et participation au CST. Rapport AQUAREF 2017. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00441/55306/>.

ANNEXES

Annexe 1 : fiche de consignes pour l'EIL *Zostera noltei* 2016

Matériel à apporter :

- GPS et son interface de communication,
- appareil photo avec pied,
- quadrat,
- parapluie,
- tenue de terrain adaptée : ciré, bottes ou chaussons de plongée, patins si vous en avez (sinon nous les fournirons), vêtements chauds et imperméables si besoin,
- ordinateur portable avec la mise à jour 2016 du logiciel ImageJ

Equipes

Elles seront constituées par deux personnes qui travaillent habituellement ensemble sur le terrain (voir tableau 1). *Nb : suite à une défection de dernière minute, une des équipes est constituée de deux personnes appartenant à des organismes différents.*

Avant le démarrage des essais sur le terrain, nous attribuerons à chaque équipe un code qui doit rester confidentiel et que vous devrez reporter sur tous les documents que vous nous rendrez à la fin des essais.

Essais

Il y a quatre essais sur le terrain et un essai au laboratoire :

Terrain

- A : positionnement géographique
- B : effet opérateur GPS
- C : positionnement des quadrats
- D : estimation visuelle du recouvrement et prise de photo

Les équipes seront séparées en 2 groupes : le groupe 1 commencera par les essais A et B, tandis que le groupe 2 commencera par les essais C et D. Au sein d'un même groupe, l'ordre de passage des équipes sera tiré au sort. Pour chaque essai, il y aura un ou deux observateurs (LER Arcachon et Laboratoire National d'Essais LNE).

Nb : les 2 équipes du LER/AR/AN réaliseront les essais en dernier.

Laboratoire

- E : Traitement d'image (ImageJ)

Résultats

Ils seront notés sur une feuille plastifiée qui sera remise à chaque équipe au début des essais et rendue aux organisateurs à la fin des essais.

Essai A : positionnement géographique

Objectif : connaître l'erreur de positionnement des GPS par rapport au TRIMBLE submétrique utilisé par le LER/AR, et qui est considéré ici comme « l'appareil de référence ».

Matériel : GPS, feuille plastifiée, crayon

Principe : 4 piquets A1, A2, A3 et A4 ont été positionnés sur l'estran. Leurs coordonnées ont été relevées avec le Trimble du LER/AR.

Chaque équipe note la latitude et la longitude de chacun des piquets, en degrés décimaux, avec au maximum 6 chiffres après la virgule (ou moins selon le GPS utilisé). Si besoin, elle peut inscrire des commentaires.

Essai B : effet opérateur GPS

Objectif : évaluer les différences d'appréciation entre les opérateurs sur le positionnement d'un point.

Matériel : GPS, feuille plastifiée, crayon

Principe : 4 groupes de 3 soit 12 piquets (B1 à B12) sont installés sur l'estran (B1 à B3 ; B4 à B6 ; B7 à B9 ; B10 à B12). Les équipes auront reçu au préalable les coordonnées de 4 piquets (un par groupe) afin de les rentrer dans leur GPS. Le jour de l'essai, chaque équipe note, pour chaque groupe de piquets, le n° du piquet le plus proche des coordonnées indiquées par son GPS (Tableau 2).

Nb : Le tableau 3 présente les coordonnées des piquets à retrouver lors du renouvellement de cet essai à Dinard (2018).

Essai C : positionnement des quadrats

Objectif : évaluer les différences d'appréciation entre les opérateurs sur le positionnement d'un quadrat par rapport à un point GPS.

Matériel : patins, quadrat, parapluie, appareil photo avec pied, feuille plastifiée, crayon

Principe : Une ligne courbe a été tracée sur l'estran (piquets C1 à C8, matérialisant 8 points de la grille). Les équipes doivent cheminer à l'extérieur de cette ligne (pour ne pas piétiner les herbiers situés dans l'axe des piquets), poser leur quadrat au niveau des points (piquets) dans la direction du piquet suivant (délicatement pour ne pas marquer le sédiment), placer leur numéro code équipe et le code du point (C1 à C8) à côté du quadrat et prendre une photo du quadrat, qui sera comparée avec la photo prise par le LER/AR.

Sur chaque point, s'éloigner de 3 mètres vers la gauche du transect et prendre une photo en « paysage » centrée sur le piquet et incluant le cadre, 1/3 ciel, 2/3 sol.

Essai D : estimation visuelle du recouvrement et prise de photo

Objectif : comparer l'estimation du recouvrement entre les équipes ainsi que la qualité des photos.

Matériel : patins, parapluie, appareil photo avec pied, feuille plastifiée, crayon, étiquette avec le n° de l'équipe.

Principe : 4 quadrats ont été positionnés sur l'estran par le LER/AR (qui aura au préalable retiré les macroalgues) et numérotés D1 à D4. Pour chacun des quadrats, chaque équipe estime visuellement le recouvrement et le note sur la feuille plastifiée. Elle prend ensuite une photo. Les équipes auront reçu au préalable une étiquette avec leur code, qu'elles poseront à côté du quadrat, ce qui permettra d'identifier les photos.

Essai E : Estimation du recouvrement avec ImageJ

Objectif : comparer l'estimation du recouvrement avec ImageJ par les différentes équipes

Matériel : ordinateur portable avec la mise à jour 2016 du logiciel ImageJ, feuille plastifiée, crayon.

Principe : chaque équipe estime le recouvrement (en %) sur les 4 photos qu'elle a prises au cours de l'essai D, et sur 9 photos fournies par le LER/AR et qui seront communes à toutes les équipes. Elle note le recouvrement et la valeur des paramètres d'ajustement retenus (Hue, saturation, brightness)

Nb : le LER/AR interprètera ultérieurement toutes les photos prises le jour de l'essai (4 par équipe)

Tableau 1 : Composition des équipes

Organisme	Nom
MNHN Dinard	GARCIA Aurélie
	AUBIN Sébastien
Ifremer Dinard	LEJOLIVET Aurore
	ROLLET Claire
Ifremer Arcachon, site d'Anglet	SANCHEZ Florence
	DE CASAMAJOR MN
Ifremer Arcachon (organisateur)	TRUT Gilles
	OGER-JEANNERET Hélène
	AUBY Isabelle
	RIGOUIN Loïc
Parc naturel régional du Golfe du Morbihan	HERRY Juliette
	PASCO Ronan
Ifremer Nantes et La Trinité sur mer	FORTUNE Mireille
	MANACH Soazig
MNHN Dinard et GEMEL Normandie	JANSON Anne-Laure
	JONCOURT Yann
Université de La Rochelle	SAURIAU P-G
	AUBERT Fabien
LNE (observateur)	GUIGUES Nathalie
	LALERE Béatrice

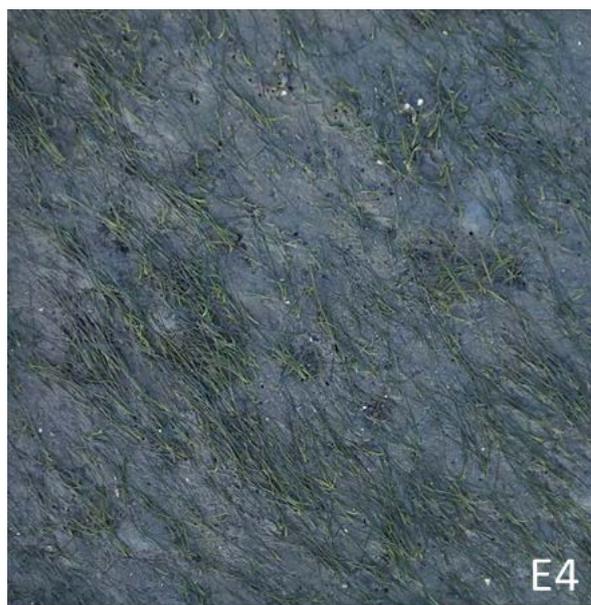
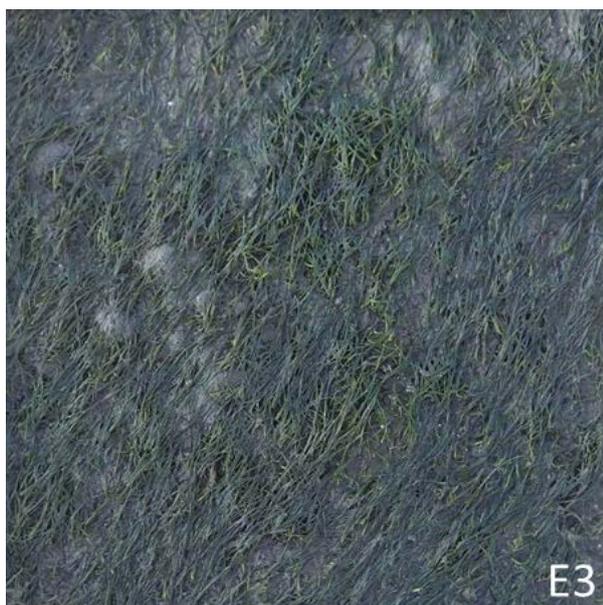
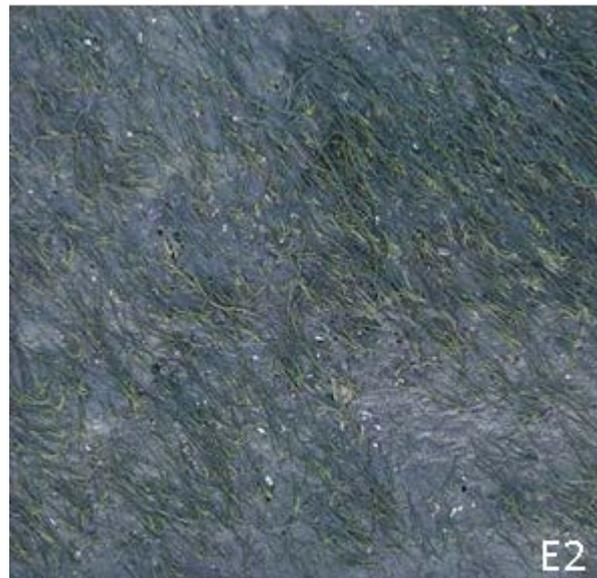
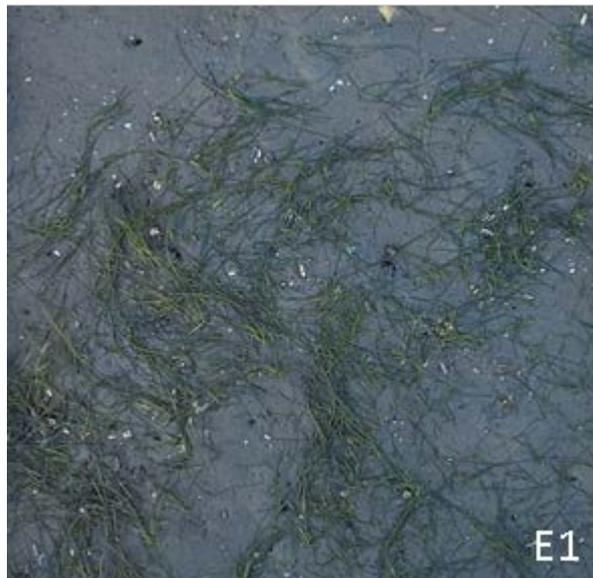
Tableau 2 : Coordonnées de l'essai B à rentrer dans votre GPS avant le 18 octobre 2016

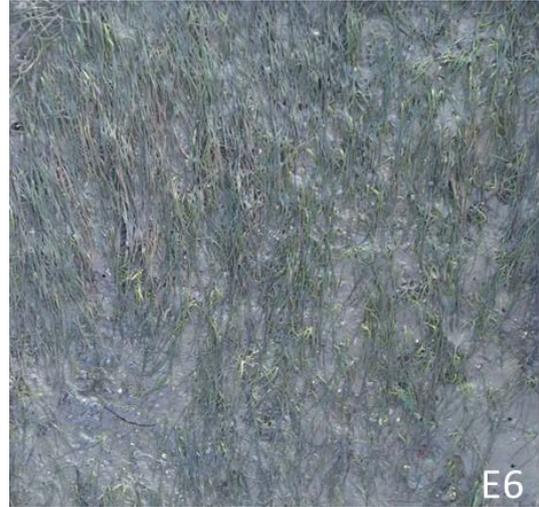
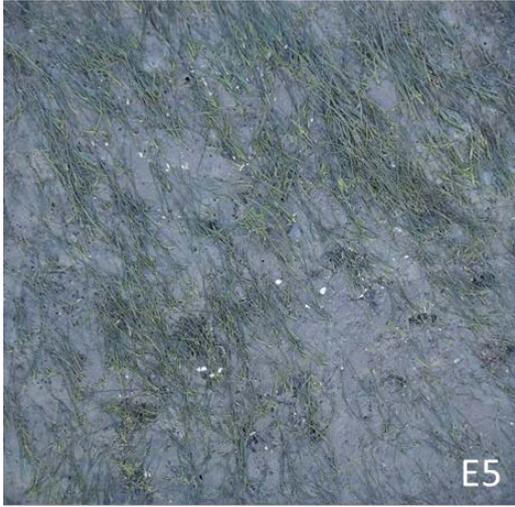
Groupe de piquets	Latitude	Longitude
B1-B2-B3	44.647827	-1.124810
B4-B5-B6	44.647913	-1.124318
B7-B8-B9	44.647749	-1.123969
B10-B11-B12	44.648018	-1.123521

Tableau 3 : Coordonnées de l'essai B à rentrer dans les GPS avant l'essai réalisé à Dinard le 4 juillet 2018

Groupe de piquets	Latitude	Longitude
B1-B2-B3	48.635852	-2.076189
B4-B5-B6	48.636023	-2.076202
B7-B8-B9	48.636016	-2.076532
B10-B11-B12	48.635751	-2.076801

Annexe 2 : Photos proposées par les organisateurs dans le cadre de l'EIL *Zostera noltei* et résultats obtenus (essai E)





Estimation du recouvrement (%) par les équipes et moyenne des observations.

Equipes	Photos								
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
1	39	52	81	55	34	48	61	83	72
2	23	53	82	37	29	64	51	80	58
3	33	54	97	31	45	71	68	94	93
4	39	71	76	54	34	52	67	80	68
6	36	52	94	45	44	90	69	98	95
7	22	53	77	44	37	55	64	73	66
8	32	50	66	36	37	68	52	72	51
9	29	54	78	37	38	59	57	79	80
moyenne des observations	32	55	81	42	37	63	61	82	73

Annexe 3 : fiche de consignes pour l'EIL *Zostera marina* 2017

1. Sur le terrain

1.1. Rappels et recommandations sur le protocole

Afin que les essais se déroulent le mieux possible, les organisateurs rappelleront quelques points pratiques du protocole portant sur :

- Le positionnement des quadrats. L'objectif est de minimiser les différences d'appréciation entre les opérateurs. Matériel nécessaire : quadrat.
- Le prélèvement des quadrats. L'objectif est d'harmoniser le prélèvement des zostères et du sédiment à l'intérieur des quadrats afin de rapporter au laboratoire un matériel biologique permettant de réaliser correctement les essais. Matériel nécessaire : quadrat, sac en plastique.
- Le prélèvement des pieds de zostères pour l'évaluation des épiphytes et de la maladie du dépérissement (wasting disease). L'objectif est de veiller à la bonne conservation des échantillons jusqu'au retour au laboratoire. Matériel nécessaire : feuille plastifiée, crayon, sac.

1.2. Essai F : positionnement géographique

Objectif : relever des coordonnées sur l'estran, connaître l'erreur de positionnement des GPS.

Matériel : GPS, feuille plastifiée, crayon.

Déroulement : des piquets repères sont positionnés sur le terrain. Chaque équipe note la latitude et la longitude de chacun des piquets, en degrés décimaux, avec au maximum 6 chiffres après la virgule (ou moins selon le GPS utilisé). Si besoin, elle peut inscrire des commentaires.

1.3. Essai G : densité des pieds de *Z. marina*

Objectif : comptage des pieds de *Z. marina* dans un quadrat de 0,1m² afin d'évaluer les variations d'un opérateur à l'autre.

Matériel : quadrat, feuille plastifiée, crayon

Déroulement : les équipes dénombrent les pieds de zostères et notent les densités obtenues. Les résultats sont comparés à ceux obtenus par les différents opérateurs et commentés.

2. Au laboratoire

2.1. Rappels et recommandations sur le protocole

Les organisateurs feront un rappel sur un point important du protocole qui concerne la détermination de l'âge des feuilles et qui conditionne le bon déroulement des essais.

L'objectif est de s'assurer que tous les opérateurs reconnaissent les feuilles, de la plus jeune à la plus âgée. Matériel nécessaire : feuille plastifiée, crayon, papier millimétré plastifié.

2.2. Essai H : estimation du pourcentage de maladie

Objectif : évaluer la variabilité dans l'estimation du pourcentage de maladie.

Matériel : feuille plastifiée, papier millimétré plastifié.

Déroulement : les équipes procèdent à l'estimation des taux de maladies et notent leurs résultats. Ils notent les difficultés qu'ils rencontrent. La variabilité des résultats est mesurée et commentée pour correction.

2.3. Essai I : biométrie

Objectif : s'assurer de la cohérence des mesures entre les opérateurs (largeur et longueur des feuilles, longueur des gaines).

Matériel : feuille plastifiée, crayon, papier millimétré plastifié

Déroulement : chaque équipe procède à la mesure de chaque feuille pour un jeu de feuille donné.

Les participants notent leurs résultats et les difficultés qu'ils rencontrent. La variabilité des résultats est évaluée et commentée.

3. Résultats

Les résultats seront consignés sur feuille plastifiée qui sera remise à chaque équipe au début des essais et rendue aux organisateurs à la fin des essais.

4. Organisation par équipes

Elles seront constituées par deux personnes ou plus qui travaillent habituellement ensemble sur le terrain (Tableau 1). Avant le démarrage des essais sur le terrain, nous attribuerons à chaque équipe un code qui doit rester confidentiel et que vous devrez reporter sur tous les documents que vous nous rendrez à la fin des essais.

Tableau 1 : Composition des équipes

Organisme	Nom
MNHN Dinard	AUBIN Sébastien
	LATRY Lise
	HUMBERT Suzie
IUEM Brest	DROUAL Gabin
Ifremer Dinard	FOVEAU Aurélie
	LEJOLIVET Aurore
Université de Bordeaux/EPOC et Ifremer Arcachon	GOUILLIEUX Benoît
	RIGOUIN Loïc
Natura 2000 Fouesnant, Morlaix, Etel, Lannion	GAILLERE Géraldine
	DAUDIN Gwladys
	IZARD Charlotte
	LE BORGNE Maiwenn
IUEM Brest, organisateur	GRALL Jacques
	MAGUER Marion
LNE Paris, observatrice	LALÈRE Béatrice
Ifremer Arcachon, responsables du projet EIL zostères	AUBY Isabelle
	OGER-JEANERET Hélène