

Ifremer - Centre de Nantes
Département ODE - Unité littorale
Laboratoire Environnement Ressources d'Arcachon

Isabelle Auby

Mars 2016 – RST/ ODE/LITTORAL/LER/AR/16.008

Ifremer

Effets de différents types de mouillages sur les herbiers de *Zostera marina* de la zone de mouillage de Bertheaume (PNM Iroise)



Effets de différents types de mouillages
sur les herbiers de *Zostera marina* de la
zone de mouillage de Bertheaume (PNM
Iroise)

sommaire

| | |
|---|-----------|
| 1. Présentation des expérimentations..... | 6 |
| 2. Traitement des données et résultats | 8 |
| 3. Conclusion | 13 |
| Annexes : Résultats détaillés des analyses statistiques..... | 15 |

1. Présentation des expérimentations

Entre 2013 et 2015, le PNM d'Iroise a testé l'effet de trois types de mouillages, (classique, innovant « Bretagne plongée » et innovant « I-mer ») sur les herbiers de zostères marines de la zone de mouillage de « Bertheaume » sur la commune de Plougonvelin.

Comme illustré dans les trois figures suivantes, l'intérêt de ces mouillages innovants est d'éviter le ragage de la chaîne d'amarrage reliant le corps mort à la bouée, susceptible d'abîmer les herbiers qui les entourent.

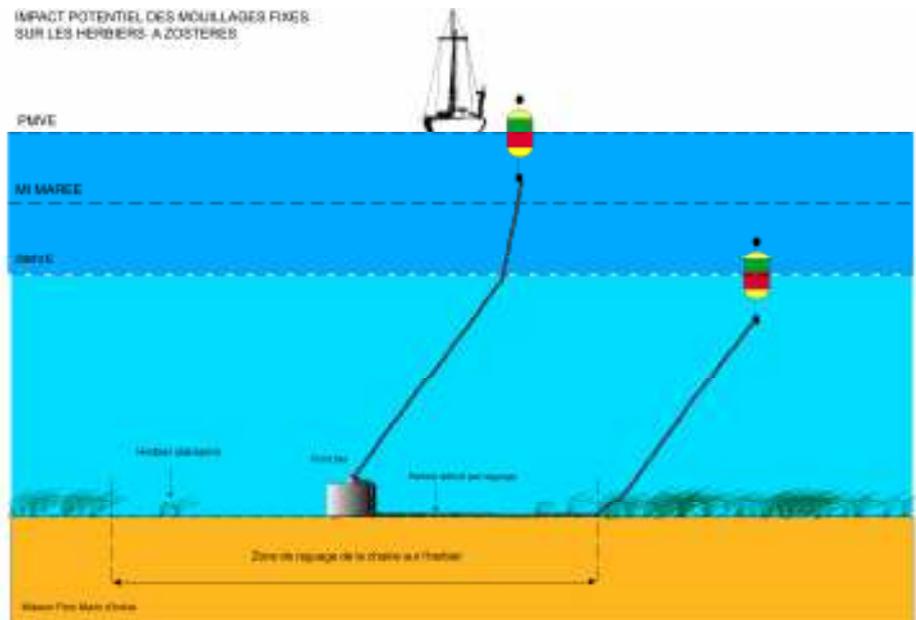


Figure 1 : Mouillage classique et impact potentiel sur un herbier de zostères.

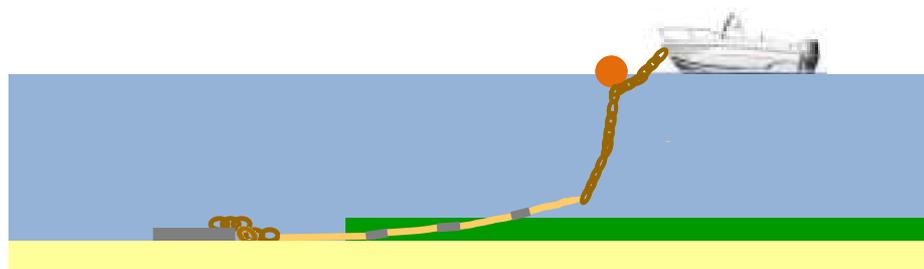


Figure 2 : Mouillage innovant de type « Bretagne-plongée »

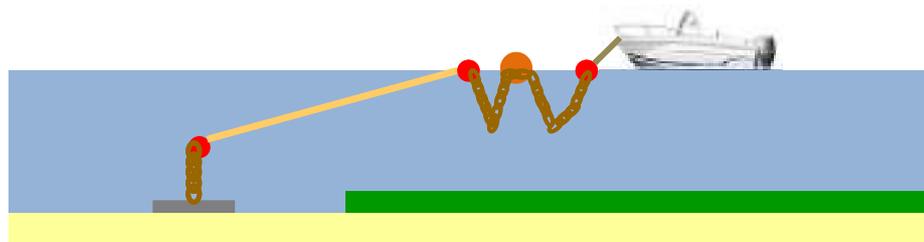


Figure 3 : Mouillage innovant de type « I-mer »

Cette expérimentation a été conduite sur trois saisons (juin à septembre 2013, mai à octobre 2014, avril à octobre 2015) dans les quatre mêmes zones (Figure 4).

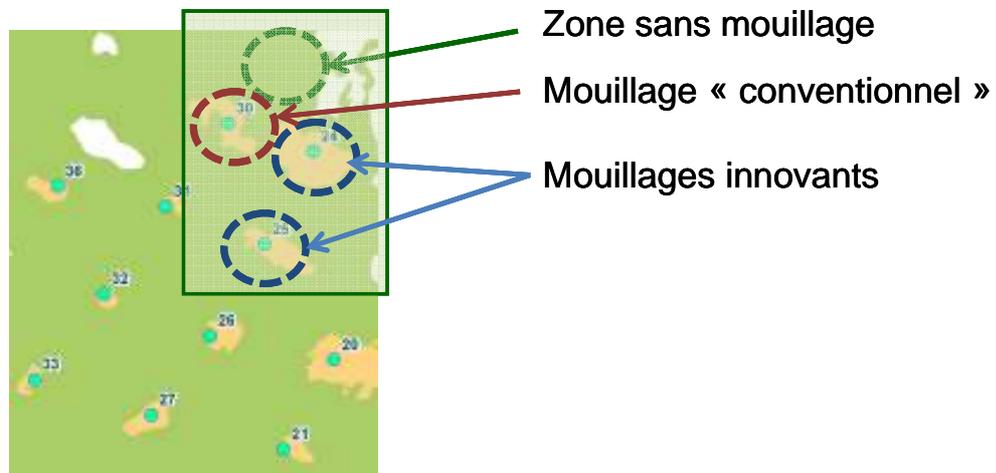


Figure 4 : Localisation des stations

Le protocole adopté pour étudier l'impact des différents types de mouillages sur les herbiers a été élaboré par le LEMAR – UBO.

Autour de chaque mouillage (et dans l'herbier témoin), au début et à la fin des expériences, les densités de pieds de zostères sont dénombrées dans 20 cadrats localisés autour des corps morts, selon le schéma présenté figure 5.

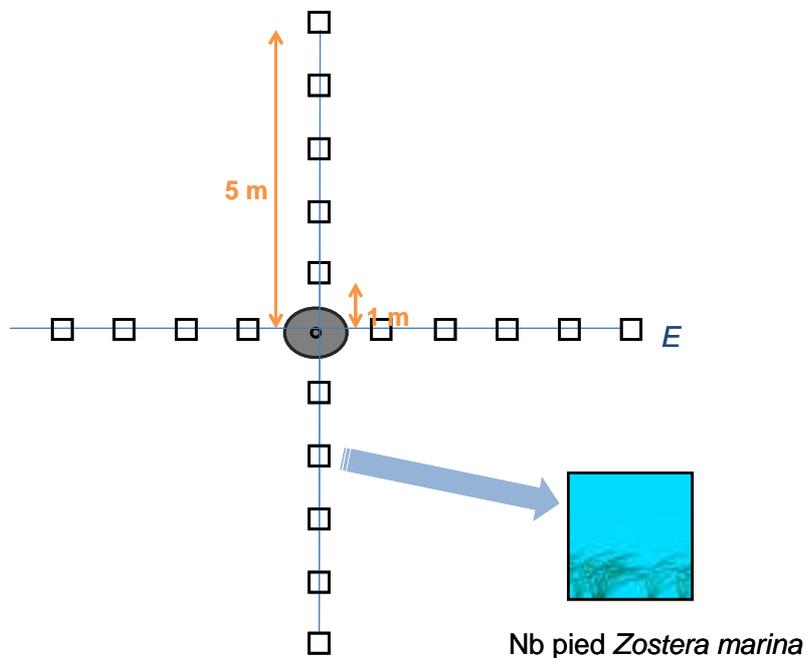


Figure 5 : Plan d'échantillonnage adopté par le PNM d'Iroise dans le cadre de cette étude.

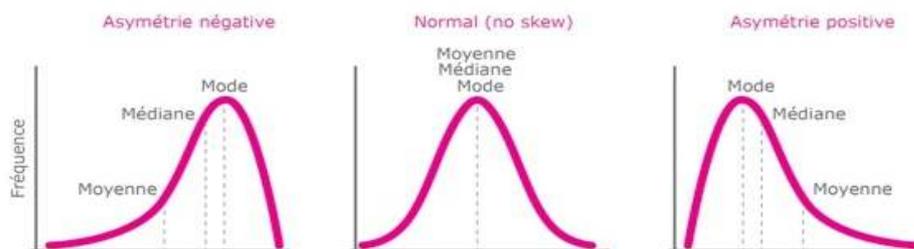
Le PNM d'Iroise a sollicité l'Ifremer (Laboratoire Environnement Ressources d'Arcachon) pour bénéficier de son expertise sur les résultats obtenus lors de ces expériences.

Le chapitre suivant présente les traitements statistiques qui ont été appliqués sur ce jeu de données et les résultats obtenus.

2. Traitement des données et résultats

La première démarche appliquée à ce jeu de données a consisté à représenter graphiquement les couples (début - fin d'expérience) des séries de données de densité par traitement, et ceci pour chaque année (Figure 6).

Dans la grande majorité des cas, la distribution de ces données de densités n'est pas « normale » du point de vue statistique, c'est à dire qu'elles ne se distribuent pas de la façon présentée dans le graphe central de la figure ci dessous.

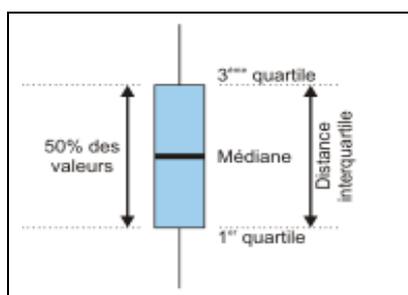


Pour cette raison, il est plus cohérent d'adopter une représentation en quantiles (25%, 50% - médiane, 75%) qu'en moyennes affectées d'écart-types.

Rappel :

- la médiane est la valeur de la série qui partage la distribution des données en deux parties égales ;
- le premier quartile est la valeur de la série telle que 25% des données sont inférieures ou égales à cette valeur ;
- le troisième quartile est la valeur de la série telle que 75% des données sont inférieures ou égales à cette valeur.

La représentation graphique de la distribution des valeurs se dénomme « boîte à moustaches » et s'interprète de la manière suivante :



La base de la ligne sous la boîte correspond à la valeur telle que 10% des données sont inférieures ou égales à cette valeur.

Le sommet de la ligne placé sur la boîte correspond à la valeur telle que 90% des données sont inférieures ou égales à cette valeur.

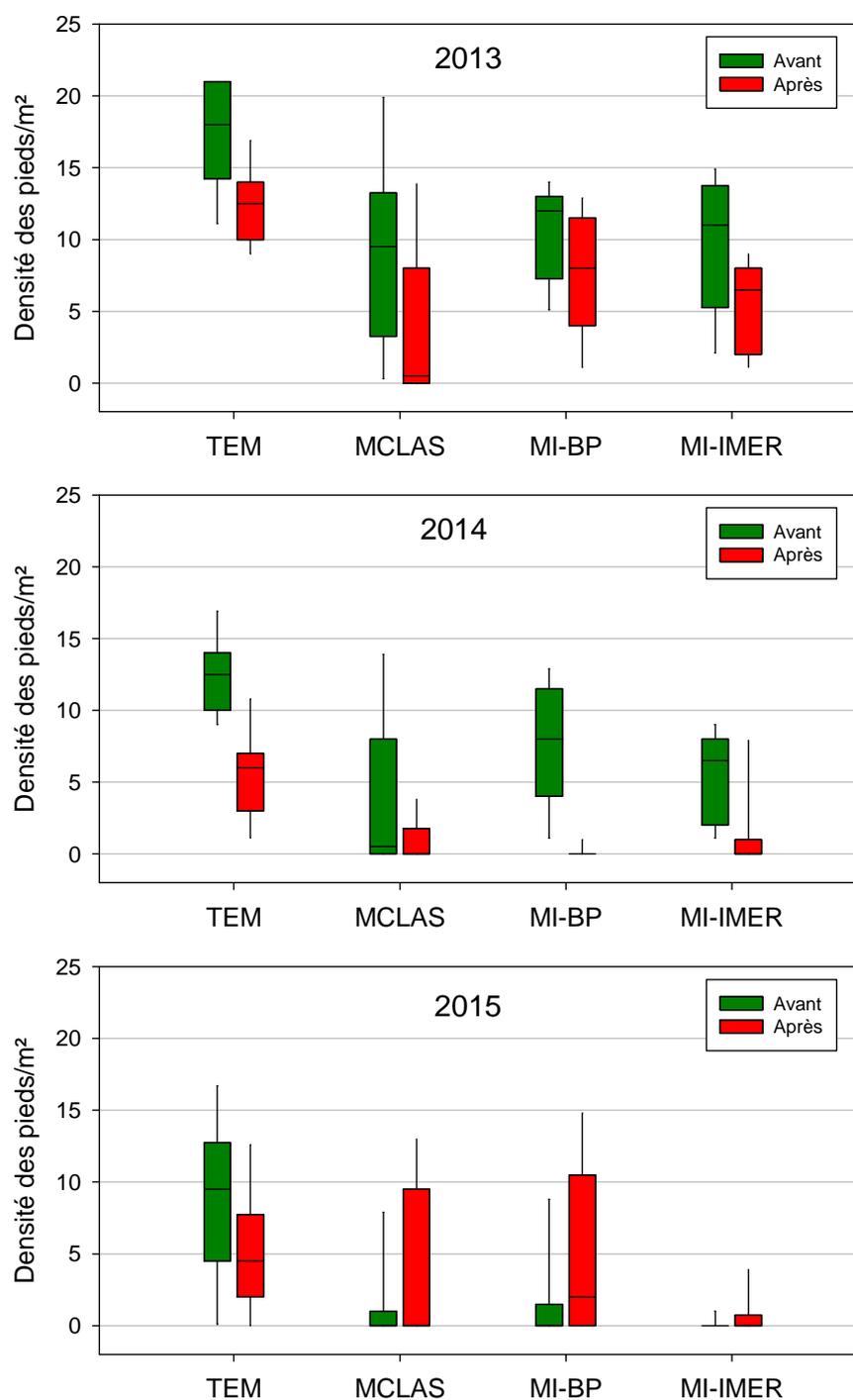


Figure 6 : Distribution des données de densité au cours des trois années dans les quatre sites expérimentaux (TEM : Herbière sans mouillage ; MCLAS : mouillage classique ; MI-BP : mouillage innovant « Bretagne plongée » ; MI-IMER : mouillage innovant « I-Mer »).

- Les résultats présentés dans cette figure permettent de mettre en évidence plusieurs caractéristiques de ce jeu de données.

- En 2013 et 2014, on observe une moindre variabilité des densités de départ dans l'herbier témoin que dans les trois autres. **L'herbier témoin est donc plus homogène en terme de densités que les trois herbiers entourant les corps-morts.**

- Entre 2013 et 2015, on observe une **diminution des densités de début d'expérience dans les quatre herbiers**, y compris dans l'herbier témoin. On peut donc considérer qu'un facteur s'appliquant sur l'ensemble de la zone expérimentale a contrarié le développement des zostères. Cette évolution conduit à l'observation de très faibles densités de départ dans les trois herbiers entourant les mouillages en 2015, ce qui rend très douteuses les analyses statistiques traitant de cette dernière année.

- Graphiquement, on observe une **diminution des densités entre le début et la fin des expériences**. La significativité de cette évolution peut être testée statistiquement, en comparant deux à deux les densités « avant » et « après » pour chaque station et chaque année. Ces comparaisons ont été réalisées à l'aide de tests paramétriques de Student (quand la distribution était « normale ») ou non paramétriques de Mann-Whitney (quand cette condition n'était pas remplie).

Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau 1.

| | TEM | M-CLAS | MI-BP | Mi-Imer |
|------|-------|--|--|--|
| 2013 | DI>DF | DI>DF | DI>DF | DI>DF |
| 2014 | DI>DF | DI et DF non significativement différentes | DI>DF | DI>DF |
| 2015 | DI>DF | DI et DF non significativement différentes | DI et DF non significativement différentes | DI et DF non significativement différentes |

Tableau 1 : Résultats des tests statistiques sur les différences entre densités initiales (DI) et finales (DF) dans les quatre traitements et au cours des trois années (Résultats détaillés des tests en annexe 1)

Ces résultats indiquent que, dans l'herbier témoin, les densités décroissent significativement entre le début et la fin des expériences, indiquant que la période expérimentale se situe à un moment du cycle des zostères pendant lequel les densités diminuent naturellement.

Dans les autres traitements, quand les densités de début d'expérience sont assez élevées, la même décroissance au cours du temps est observée. Par contre, quand les densités de départ sont très faibles, il est impossible de mettre en évidence une évolution significative.

- Une fois énoncées ces remarques descriptives sur le jeu de données expérimentales, on peut tenter de répondre à la question posée : L'évolution des densités au cours des expériences est elle différente dans l'herbier témoin et dans les herbiers entourant les différents types de mouillages ?

➤ L'examen visuel des graphiques de la figure 6 semble indiquer que les densités des zostères en début d'expérience sont, pour toutes les années, plus élevées dans l'herbier témoin que dans ceux entourant les mouillages.

Cette observation est confirmée par le traitement statistique de ces données (ANOVA à un facteur, annexe 2), qui indique, pour les trois années, que l'herbier témoin présente une densité significativement supérieure aux trois autres, les densités dans les trois herbiers autour des mouillages ne s'avérant pas par contre significativement différentes entre elles. Pour cette raison, il est impossible de comparer globalement les densités en début et en fin d'expérience dans les quatre herbiers.

Par contre, comme les densités des zostères des zones avec mouillage peuvent être considérées comme similaires en début des trois expériences, on peut comparer les densités de zostères en fin d'expérience dans ces zones. Ces comparaisons ont été réalisées à partir d'ANOVA sur les rangs, suivi d'une comparaison par paire (test de Tukey).

Cette analyse aboutit aux résultats présentés dans le tableau 2.

| | M-CLAS vs MI-BP | M-CLAS vs MI-IMER | Mi-lmer vs MI-BP |
|-------------|---|--|--|
| 2013 | Densités finales MI-BP significativement supérieures à densités finales M-CLAS | Densités finales non significativement différentes | Densités finales non significativement différentes |
| 2014 | Densités finales non significativement différentes | Densités finales non significativement différentes | Densités finales non significativement différentes |
| 2015 | Densités finales non significativement différentes | Densités finales non significativement différentes | Densités finales non significativement différentes |

Tableau 2 : Résultats des tests statistiques sur les densités finales des herbiers situés autour des trois types de corps-mort (Résultats détaillés des tests en annexe 3).

D'un point de vue statistique, cette première analyse indique l'absence de différences significatives des densités en fin d'expérience dans les trois traitements « avec mouillage », sauf en 2013, où les densités finales observées autour du mouillage innovant « Bretagne plongée » sont plus élevées qu'autour du mouillage classique.

➤ Afin de tenter de tester les différences entre les quatre herbiers, y compris celui sans mouillage, il était nécessaire de calculer un indice caractérisant la diminution de densité entre le début et la fin des expériences. Pour ce faire, nous avons fait l'hypothèse que ce sont bien les mêmes cadrats qui sont échantillonnés en début et en fin d'expérience.

L'indice choisi est le suivant : « densité finale-densité initiale/densité initiale » sur chaque cadrat. Ont été retirées du jeu de données les valeurs de cet indice pour lesquelles la densité initiale est égale à 0.

Les résultats de ces calculs sont présentés sur la figure 7.

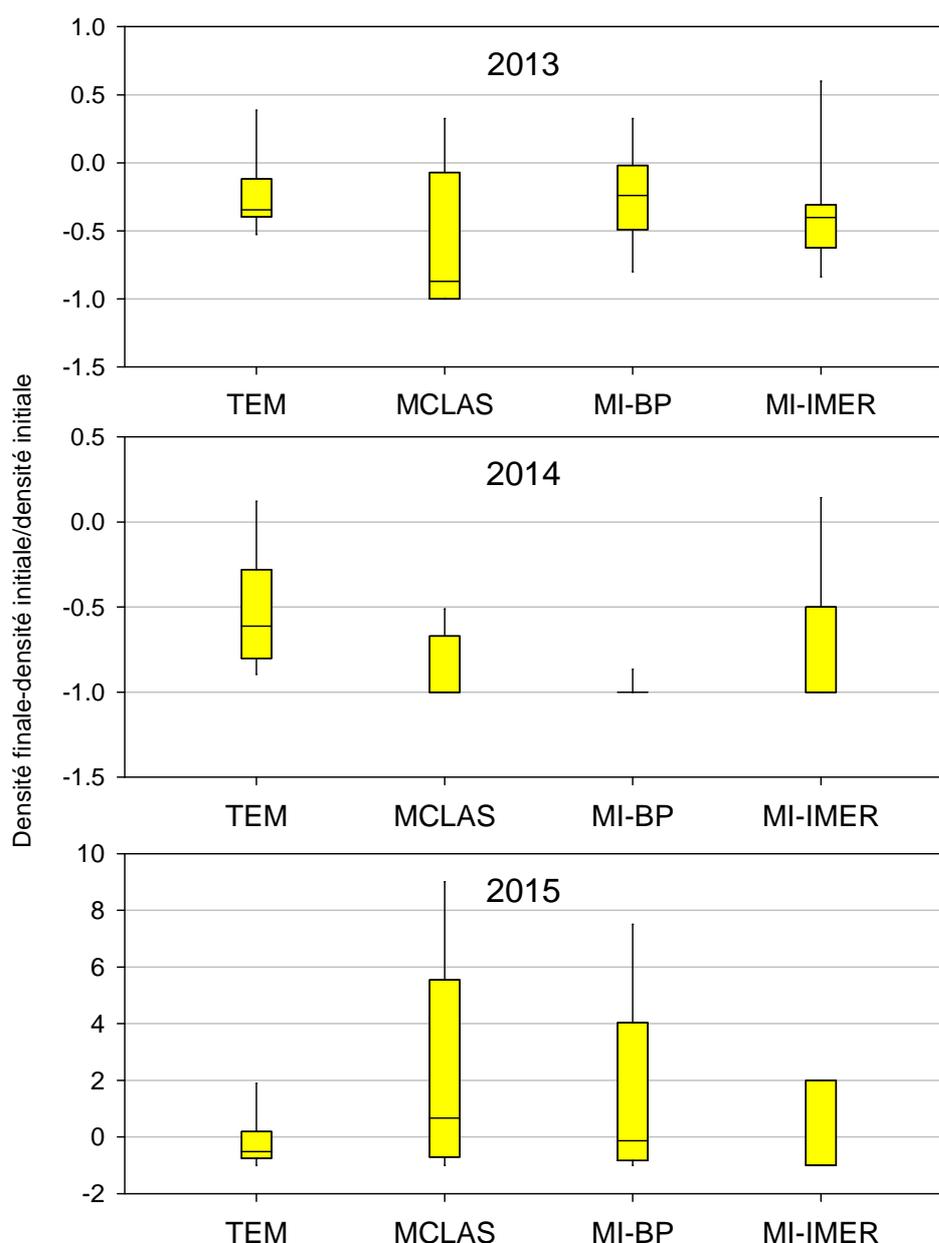


Figure 7 : Distribution des valeurs de l'indice au cours des trois années dans les quatre sites expérimentaux (TEM : Herbier sans mouillage ; MCLAS : mouillage classique ; MI-BP : mouillage innovant « Bretagne plongée » ; MI-IMER : mouillage innovant « I-Mer »).

En raison de la grande proportion de valeurs manquantes pour 2015 (nombre important de densités nulles en début d'expérience pour les trois herbiers entourant les mouillages), les analyses statistiques n'ont concerné que les résultats des années 2013 et 2014.

Des ANOVA sur les rangs (Kruskal – Wallis) ont été appliquées à ces données et, comme ces ANOVA montraient des différences significatives entre les différents traitements, la procédure de comparaison multiple de Dunn a été appliquée afin de déterminer la portée de ces différences.

Les résultats obtenus sont synthétisés dans les tableaux 3a et 3b.

| 2013 | MCLAS | MI-BP | MI-Imer |
|-------|-------------------------------|--|--|
| TEM | Ind MCLAS < Ind TEM | Indices non significativement différents | Indices non significativement différents |
| MCLAS | | Ind MCLAS < Ind MI-BP | Indices non significativement différents |
| MI-BP | | | Indices non significativement différents |

| 2014 | MCLAS | MI-BP | MI-Imer |
|-------|--|--|--|
| TEM | Indices non significativement différents | Ind MI-BP < Ind TEM | Indices non significativement différents |
| MCLAS | | Indices non significativement différents | Indices non significativement différents |
| MI-BP | | | Indices non significativement différents |

Tableaux 3a et 3b : Résultats des tests statistiques sur l'indice « densité finale-densité initiale/densité initiale » des quatre herbiers en 2013 et 2014 (Résultats détaillés des tests en annexe 4).

Ces résultats indiquent, pour la première année, que **la diminution de densité a été plus importante autour du mouillage classique que dans l'herbier témoin et autour du mouillage innovant « Bretagne plongée »**. Par contre, en 2014, la décroissance des densités aurait été plus importante dans l'herbier situé autour du mouillage « Bretagne plongée » que dans l'herbier témoin.

3. Conclusion

Les analyses réalisées sur ce jeu de données amènent d'abord à énoncer des remarques relatives au plan d'expérience.

Notamment, on peut regretter que les quatre zones expérimentales n'aient pas été placées dans des herbiers de densités (1) homogènes et (2) du même ordre de grandeur. Ce choix aurait permis des traitements statistiques plus robustes et aurait peut-être conduit à des conclusions différentes. Par ailleurs, le facteur « distance au corps mort » aurait pu être pris en compte dans les analyses.

De plus, au vu des faibles densités observées en 2014 (en raison de déplacements des bancs de sable entre 2013 et 2014), il aurait été préférable (mais peut-être impossible ?) de choisir de nouvelles zones pour poursuivre l'expérience. En effet, les résultats de l'expérience 2015 sont difficilement exploitables

Les résultats obtenus en 2013 et 2014 sont contradictoires :

- La première année, le mouillage « Bretagne plongée » présente moins d'impact sur l'herbier que le mouillage classique. Par ailleurs, la diminution des densités est plus importante autour du mouillage classique que dans l'herbier témoin.
- La seconde année, les trois types de mouillages ont un effet identique sur les densités et seul le mouillage « Bretagne plongée » présente un impact négatif significatif sur les densités par rapport au témoin.

Au vu de ce jeu de données, il est donc difficile de répondre aux questions posées par le PNM d'Iroise, même si la mise en œuvre de ces mouillages innovants nous semble, de manière pragmatique, parfaitement justifiée pour épargner les herbiers qui se développent à leur proximité.

Les résultats mitigés de cette expérience illustrent bien la difficulté de distinguer les causes naturelles et anthropiques dans l'évolution des peuplements, qu'ils soient végétaux et animaux, notamment dans le cadre d'expérimentations en milieu naturel pour lesquelles on ne peut maîtriser tous les facteurs qui influent sur leur variabilité.