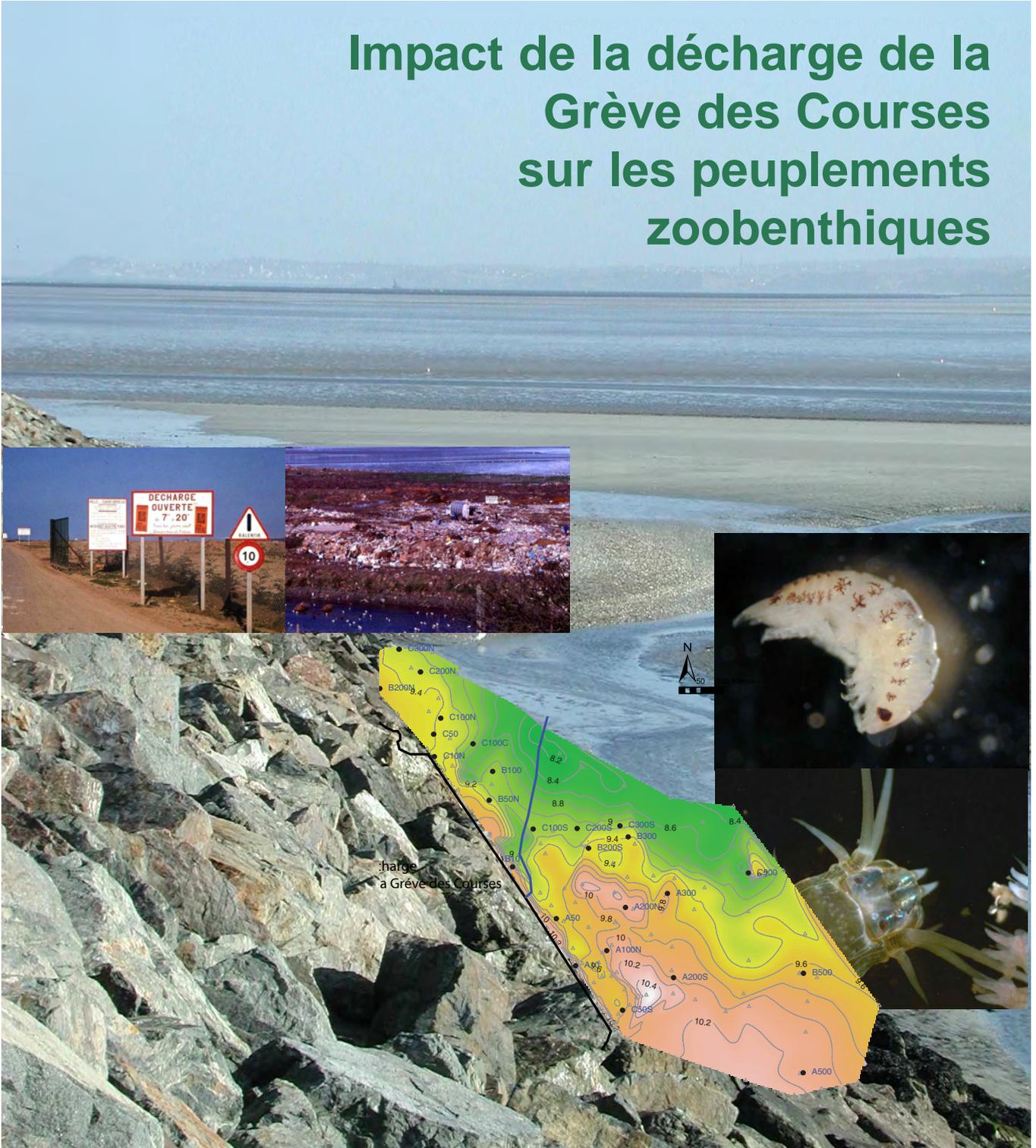




Réserve Naturelle BAIE DE SAINT-BRIEUC

Impact de la décharge de la Grève des Courses sur les peuplements zoobenthiques



sommaire

Introduction	3
Problématique	4
Présentation du site	5
Résultats des précédentes études	6
Sédimentologie de la baie de Saint-Brieuc	7
Peuplements zoobenthiques de la baie	8
Méthodologie	10
Intérêt de l'étude des peuplements benthiques	11
Protocole	12
Analyse des prélèvements biologiques	14
Résultats 2009	16
Richesse spécifique	17
Densité	18
Répartition spatiale des espèces	18
Analyse des peuplements	21
Indices biologiques	25
Evolution entre 2004 et 2009	26
Evolutions de la richesse spécifique et de l'abondance des stations	27
Analyse des peuplements	28
Evolutions des stations	29
Discussion et conclusion	30
Evolution de la richesse spécifique	31
Modifications des peuplements benthiques	31
Conclusion	32
Bibliographie	34
Annexes	38



La décharge de la Grève des Courses a été créée il y a plus de 40 ans. Elle couvre 18 hectares du domaine public maritime au fond de la baie de Saint-Brieuc ; sur les communes de Saint-Brieuc et Languieux. Plusieurs études menées dans les années 1990 montraient que la décharge avait un impact sur les peuplements benthiques de l'estran de la baie, classée Réserve Naturelle depuis 1998.

En 2004, une première étude a permis de quantifier l'impact de la décharge sur les peuplements d'invertébrés, qui représentent de bons bio-indicateurs vis-à-vis des différentes perturbations et pollutions. Cette étude a pu montrer qu'à une distance de 10 mètres de la digue de la décharge, les peuplements étaient dégradés. En s'éloignant de la décharge, les peuplements se restauraient progressivement, pour atteindre un état normal à partir d'environ 200 mètres (Ponsero *et al.*, 2004).

L'objectif de la présente étude est de quantifier 5 ans après l'impact de la décharge sur les peuplements zoobenthiques de l'estran, de manière à connaître l'évolution des peuplements depuis 2004.

Ce travail a été réalisé par la réserve naturelle de la Baie de Saint-Brieuc et Célia Lelong de l'université de Toulouse. Emilie Le Helloco, Jérémy Allain, Franck Delille, Florent Maufay ont également participé à cette étude. Nous leur adressons des remerciements.

1.

Problématique



En rive gauche de l'anse d'Yffiniac de la baie de Saint-Brieuc, le site de la grève des Courses s'étend sur les communes de Saint-Brieuc au Nord-ouest et

Langueux au Sud-est. Le ruisseau du Douvenant constitue la limite communale. En 1966 une décharge a été créée sur un marais maritime en haut d'un estran sablo-vaseux.



Présentation du site

Localisation

La décharge de la grève des Courses est située dans l'Anse d'Yffiniac à proximité de l'agglomération de St-Brieuc, dans les Côtes d'Armor.

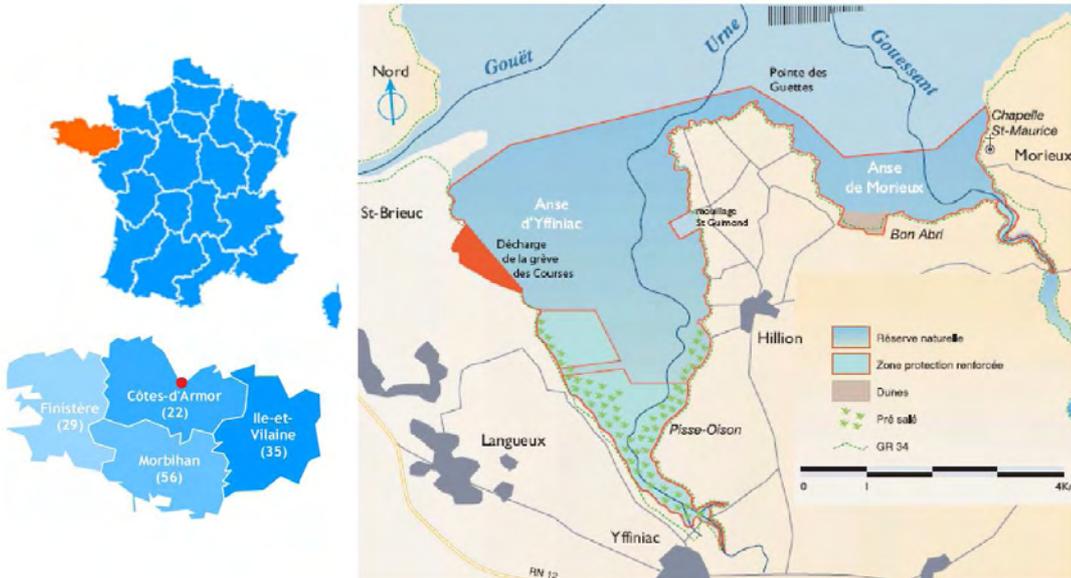


Fig. n°1.1 - Localisation de la décharge de la grève des Courses

Historique

C'est en 1966 que la décharge commence à être progressivement comblée pour former par la suite un remblai de 1,2 millions de m³ de matériaux divers sur une surface de 28 ha d'estran, domaine public maritime.

Dès 1989, les dépôts font l'objet de contrôles (pesée, facture...) mais aucun de ces contrôles n'est qualitatif, la nature et la localisation des différents dépôts sont inconnues.

La fermeture de la décharge n'empêche pas pour autant les différentes pollutions (pollution bactériologique, en sels nutritifs, en métaux lourds). Puisque les déchets reposent directement sur l'estran sableux est par nature d'une grande perméabilité.



date	Principaux événements
1961	Premiers dépôts sauvages (embouchure du Douvenant)
1966	Véritable départ de la décharge
1973	Ouverture officielle de la décharge sans autorisation administrative Début d'enrochement
1977	Le marais maritime à totalement disparu. L'enrochement barre la moitié de l'anse Les dépôts s'étendent sur le littoral de Langueux Première concertation avec les acteurs locaux
1988	L'enrochement est stoppé
1989	Fermeture officielle le 1 ^{er} mai suite à la visite de M. B. Lalonde, Ministre de l'environnement
1993	Fermeture réelle de la décharge (1 ^{er} octobre)

Tab. n°1.1 - Historique de la décharge de la grève des Courses



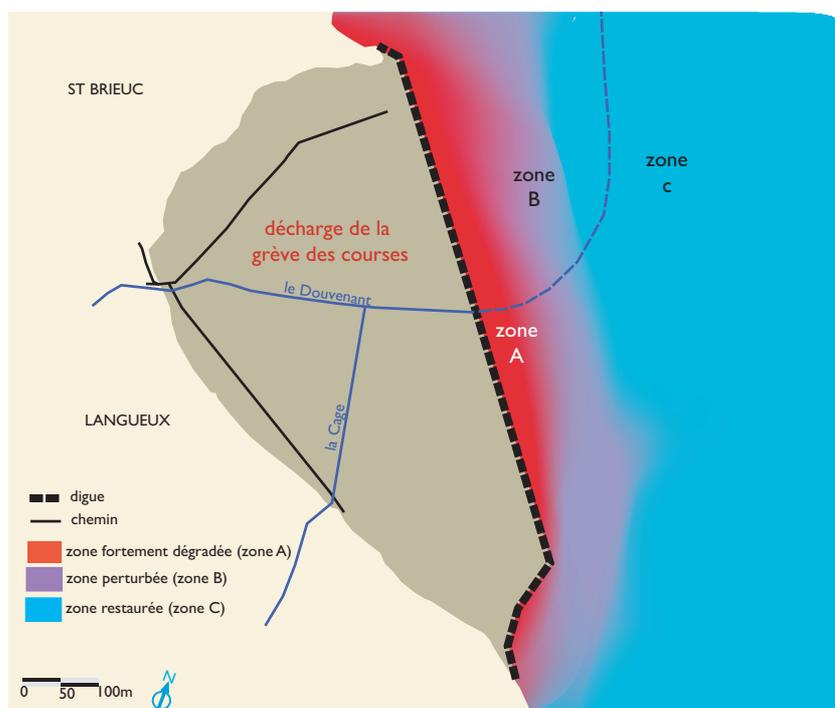
Résultats des précédentes études

Les premières études d'impact ont été entreprises en 1984, 1987 (Laboratoire régional de l'équipement de Saint-Brieuc, 1986 ; 1987) et 1992 (Ouest-Aménagement, 1992). Elles ont permis de montrer une disparition quasi-totale de la faune benthique sur environ 40m, cette zone est sous influence forte de la décharge, avec une forte désoxygénation des sédiments. Au-delà, il existe encore un déséquilibre jusqu'à environ 150m de la digue. A une distance supérieure à 200m de la digue, les conditions deviennent à peu près normales.

En 1999 (Grua, 1999), une autre étude montre une diminution des flux de pollution qui permet une recolonisation progressive de l'estran en contact avec la décharge. Cependant les niveaux de pollutions ont toujours un impact négatif sur la faune de l'estran (St-Brieuc, 2002), notamment avec le ruisseau du Douvenant et son affluent, qui sont pollués en amont de la décharge et se chargent de métaux lourds durant leur parcours dans la décharge. Ces métaux lourds se retrouvent en concentration assez élevée dans la zone située à moins de 150m de la digue de la décharge.

En 2004, l'étude menée par la réserve naturelle a montré (Ponsero et al., 2004) qu'en fonction du degré de perturbation, les peuplements observés peuvent présenter un état normal, un état de déséquilibre ou un état de dégradation plus ou moins prononcé. L'ensemble des analyses a montré que toutes les stations de prélèvement situées à 10m de la digue de la décharge ont des peuplements dégradés. On observe une restauration progressive des peuplements pour retrouver un état "normal" à environ 300m de la décharge

Fig. n° 1.2 - Impact de la décharge de la grève des Courses sur les peuplements benthiques en 2004. (d'après Ponsero et al., 2004).



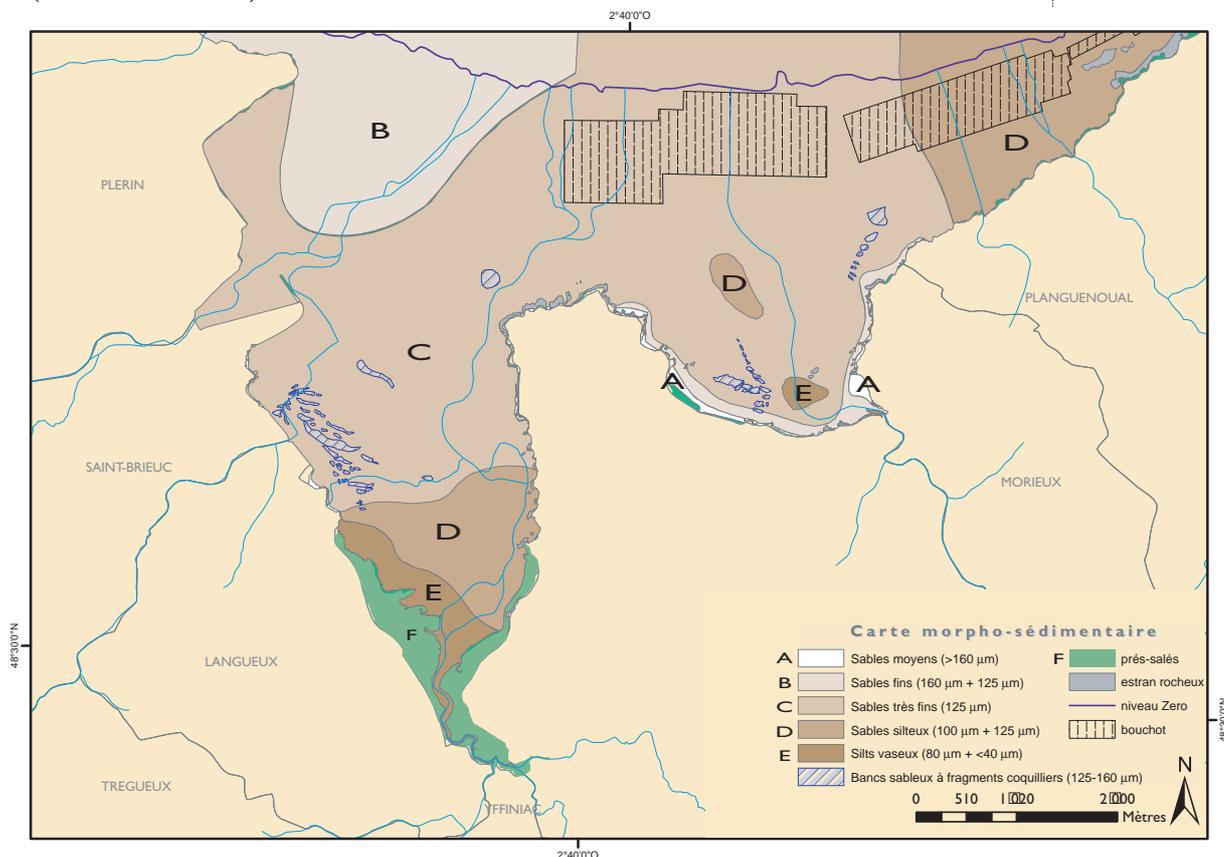
Sédimentologie de la baie de Saint-Brieuc

L'estran est composé de sédiments homogènes bien, voire très bien, classés. La répartition des sédiments dans l'anse d'Yffiniac est définie par un gradient granulométrique décroissant du Nord vers le Sud, avec des sables moyens à fins au large et des silts vaseux plus à l'intérieur de l'anse. Le sable a une granulométrie comprise entre 63 et 200 μm , il est riche en carbonate de calcium d'origine biologique ($\sim 25\%$) et contient moins de 2% d'éléments pélitiques (dont la taille est inférieure à 63 μm).

Cette répartition reflète l'atténuation progressive des courants de marée au fur et à mesure de la progression dans l'anse d'Yffiniac. En effet, cette anse s'enfonce assez profondément à l'intérieur des terres d'une part, et présente d'autre part une ouverture étroite entre la pointe du Grouin et le terre-plein du port du Légué, deux facteurs qui amortissent presque totalement la houle à l'intérieur de l'anse. Ainsi, les indices d'une dynamique sédimentaire active ne se retrouvent qu'au niveau des bancs sableux qui se déplacent vers la grève des Courses et dans les zones de déferlement des hautes plages occupées par des sables moyens à graviers et coquillages.

La comparaison entre les faciès sédimentaires établis en 1987 et 2001 montre peu d'évolution en presque 15 ans. L'évolution des fonds de l'anse d'Yffiniac s'effectue lentement par comblement progressif et sédimentation fine dans les zones les plus abritées et par déplacement des bancs sableux de faible ampleur depuis le bas de l'estran vers la rive Ouest de l'anse d'Yffiniac, sous l'action de la houle. Lorsque les bancs sableux se rapprochent des parties hautes de l'estran, leur progression s'effectue à un rythme beaucoup plus lent puisqu'ils ne sont remobilisés qu'à la faveur des vagues de pleine mer, à vive-eau (Bonnot et al. 2002).

Fig. n°1.3 - La cartographie morpho-sédimentaire établie à partir des données granulométriques montre une répartition des faciès sédimentaires liée à l'hydrodynamisme du fond de baie (d'après Bonnot et al., 2002).



Peuplements zoobenthiques de la baie de Saint-Brieuc

Types de peuplements

Les peuplements benthiques de la baie de Saint-Brieuc présentent une distribution en ceinture selon le gradient granulométrique. Sept peuplements majeurs ont pu être identifiés sur la baie, dont trois en zone intertidale (Gros et Hamon, 1988, Le Mao et *al.* 2002) :

- le peuplement oligohalin des sables fins à *Macoma balthica* et *Nereis diversicolor* est limité au débouché de l'Urne et se situe dans la partie supérieure de l'estran. Le substrat est composé de sables fins envasés. La diversité spécifique est faible avec 18 espèces recensées, mais les espèces d'endofaune, quasi exclusives de ce peuplement, présentent généralement de fortes densités.

- le peuplement des sables fins à *Tellina tenuis* et *Cerastoderma edule*, dont la composition varie avec l'exposition, occupe la majeure partie de la zone intertidale (anses et plages bordant la baie). Les sédiments sont constitués de sables fins, pauvres en matière organique. La richesse est sensiblement plus élevée, avec 58 espèces.

- le peuplement des sables fins des bas niveaux à *Donax vittatus* et *Magelona sp.* se situe au-delà des limites du site en réserve naturelle, à proximité du zéro de la mer.

La grève des Courses est située dans une zone intermédiaire entre les peuplements des sables fins de niveaux moyens et les peuplements oligohalins des sables fins vaseux.

Les peuplements benthiques sont relativement stables depuis 15 ans. Les assemblages faunistiques sont quasiment identiques entre 1988 et 2001, définissant les mêmes unités benthiques tant du point de vue de leur répartition que de leurs compositions. Toutefois deux espèces, *Cerastoderma edule* et *Macoma balthica*, ont subi une diminution de leurs effectifs et une réduction de leur aire de répartition. Les évaluations annuelles du gisement de coques, menées depuis 2001, ont montré que *Cerastoderma edule* subissait une importante variation inter-annuelle de sa reproduction (Ponsero et *al.* 2009, Dabouinneau et Ponsero, 2009). Des variations inter-annuelles sont donc à prendre en compte pour l'étude des peuplements.

Etat de conservation

Afin de définir l'état de conservation des habitats marins intertidaux, plusieurs indices ont été développés ces dernières années (Grall et Coïc, 2005) en particulier sous l'impulsion de la directive cadre sur l'eau. L'utilisation d'un indicateur multimétrique de la qualité des eaux côtières au regard de la faune des invertébrés benthiques (le M-AMBI) est en cours d'application. Il repose sur une analyse factorielle du peuplement benthique sur les groupes écologiques (fonction du degré de tolérance des espèces aux perturbations), de la diversité et la richesse spécifique par rapport à un état de référence. **Les résultats indiquent que la qualité globale de l'estran est bonne dans la très grande majorité des stations.** Ces résultats à l'échelle du fond de baie ne prennent pas en compte les déséquilibres localisés engendrés par des activités périphériques au site comme par exemple l'impact de la décharge de la grève des Courses (Ponsero et *al.*, 2008).



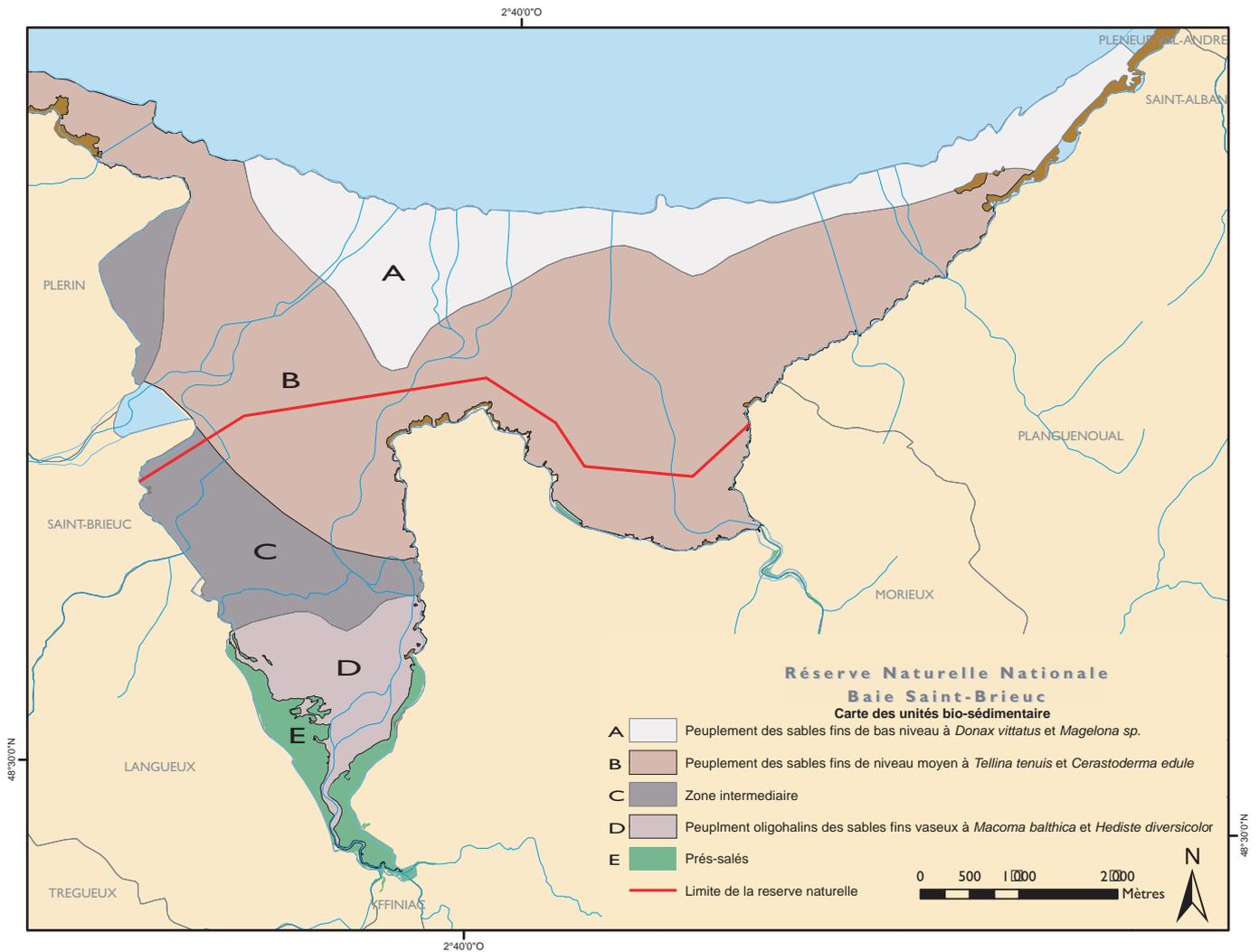


Fig. n° I.4 - Carte des peuplements benthiques de fond de baie.

Sept peuplements benthiques majeurs sont présents sur l'ensemble de la baie, distribués en "ceintures", selon un gradient depuis la côte vers le large, correspondant à une granulométrie croissante des sédiments.

3 peuplements benthiques ont été cartographiés dans la zone intertidale de la réserve (d'après Le Mao et al., 2002).



2.

Méthodologie



L'objectif de cette étude est d'évaluer les modifications dans la composition des peuplements benthiques en fonction de la distance à la digue de la décharge et du niveau hypsométrique. Ce protocole, identique à celui de 2004, permet de comparer les résultats et de mettre en évidence l'évolution pendant ces cinq ans.



Intérêt de l'étude des peuplements benthiques

Les organismes et communautés benthiques se révèlent être particulièrement adaptés pour l'évaluation de l'état des écosystèmes dans lesquels ils se développent (Gray et Pearson, 1982 ; Pearson et Rosenberg, 1978 ; Warwick, 1986 ; Warwick, 1993 ; Dauer, 1993 ; Fano et al, 2003). Leur relative sédentarité ainsi que leur vulnérabilité potentielle face à une perturbation donnent aux peuplements benthiques un statut d'indicateurs biologiques de l'état de santé d'un écosystème. Leur caractérisation doit permettre au gestionnaire d'une zone littorale de déterminer le degré de pollution d'un site et éventuellement d'anticiper les mesures à adopter afin d'en limiter les effets (Bellan-Santini, 1968). Dans la baie de Saint-Brieuc, soumise à divers activités et impacts anthropiques, l'étude des peuplements benthiques est fondamentale pour caractériser "l'état de santé" de la baie et estimer les ressources trophiques disponibles pour les producteurs secondaires et les prédateurs tels que les oiseaux (Goss-Custard, 1968, 1979, Le Mao et al. 2002).

Les peuplements se composent de multiples espèces, ayant des sensibilités spécifiques et des réponses différentes aux perturbations, leur structure reflète directement le stress subi par les organismes. Cette propriété permet de constituer des groupes fonctionnels caractéristiques des niveaux de perturbation.

Protocole

Stratégie générale

Afin de mesurer les modifications dans les peuplements zoobenthiques proches de la décharge, les prélèvements ont été réalisés à différentes distances de la décharge, perpendiculairement à la digue.

Les peuplements zoobenthiques étant également influencés par l'hypsométrie (Gros et Hamon, 1988, Le Mao et al. 2002), l'échantillonnage a été défini à partir des courbes hypsométriques.

Modèle numérique de terrain

En 2004 nous disposons de données fournies par la Direction Départementale de l'Équipement des Côtes d'Armor (DDE/CQEL22). Compte tenu des changements sédimentaire observé sur la zone, nous avons réalisé un nouveau relevé topographique de la zone d'étude afin d'élaborer un modèle numérique de terrain. À partir de cette nouvelle carte topographique le positionnement des stations a pu être réalisé.

Positionnement des stations

Trois niveaux hypsométriques offrant le plus large choix de distance par rapport à la grève des Courses ont été sélectionnés. Ils correspondent aux altitudes :

niveau	altitude entre
a	10.24 et 10m
b	9.74 et 9.50 m
c	9.49 et 9.25m

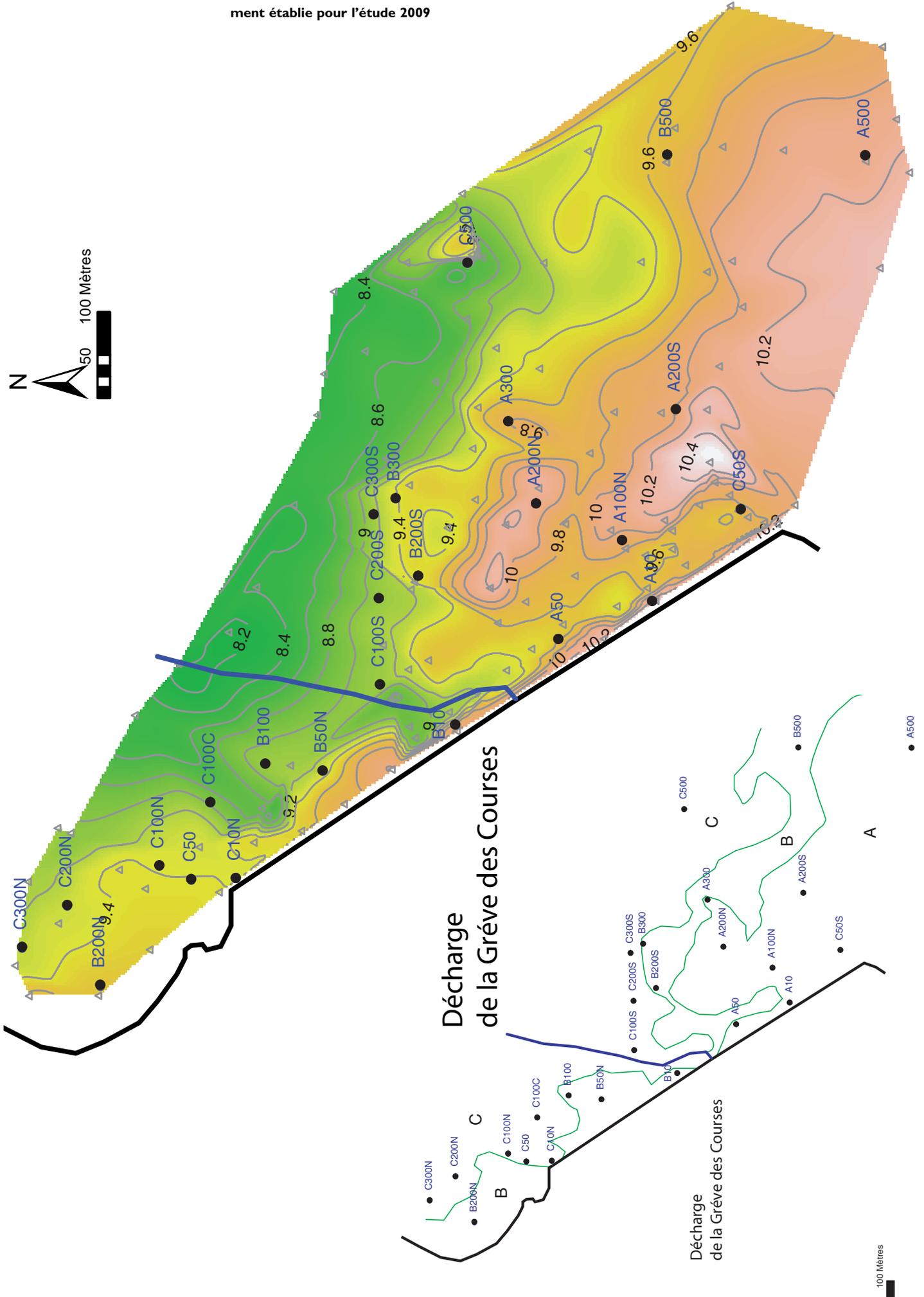
Pour chacun de ces trois niveaux, des prélèvements ont été effectués à 10, 50, 100, 200, 300 et 500m de la décharge. 25 stations de prélèvements ont été choisies au total, puis positionnées sur la carte avec le logiciel SIG Arc view. Sur le terrain, un GPS (précision 3m) a été utilisé pour repérer les stations



Relevé topographique du secteur afin de réaliser un modèle numérique de terrain



Fig. n°2.1 - Modèle numérique de terrain et positionnement des stations de prélèvement établie pour l'étude 2009



Échantillonnage

Comme pour l'étude de 2004, les prélèvements ont été effectués à l'aide d'un carottier à main cylindrique constitué par un tube en PVC de 19,6cm de diamètre, ce qui correspond à une surface de 0,03m².

Le carottage a été réalisé jusqu'à 25cm de profondeur sachant que les organismes vivants sont situés dans les vingt premiers centimètres des sédiments. Les carottages ont été effectués dans des zones où les sédiments n'ont pas été perturbés (traces de pas...). Pour chaque station trois répliquats ont été réalisés, cela correspond donc à une surface totale de 0,09m².

Chaque échantillon a ensuite été tamisé sur place à l'eau de mer avec un tamis à mailles rondes de 0,5mm. Les refus de tamis ont été fixés à l'alcool à 70°C pendant 24h. Ils ont ensuite été triés puis placés dans l'alcool en vue de leur détermination.

Les prélèvements ont été effectués du 11 au 13 mai, par Jérémy Allain, Franck Delille, Florent Maufay et Alain Ponsoero.

Tri et détermination

Les échantillons ont été triés en laboratoire. Chaque individu a ensuite été déterminé à l'échelle spécifique sous la loupe binoculaire ou le microscope. Les individus ont ensuite été dénombrés et pour chaque station la composition faunistique établie.

Les tris et déterminations ont été réalisés par Emilie Le Helloco de l'université de Rennes et Célia Lelong de l'université de Toulouse.

Traitement des données

L'ensemble des analyses ont été réalisés à l'aide du logiciel de statistique R (Ihaka et Gentleman, 1996), avec les bibliothèques Akima (Akima, 1978) pour le modèle numérique de terrain, BiodiversityR (Kindt & Coe, 2005) pour les indices biologiques et ADE4 (Thioulouse et al., 1997) pour les analyses multivariées (AFC, ACF inter-groupe, analyse en co-inertie).

Les analyses, traitements de données et interprétations ont été réalisés par Célia Lelong et Alain Ponsoero.



Tri et détermination du benthos au laboratoire



Analyse des résultats

Analyse des peuplements

L'analyse factorielle des correspondances permet l'analyse des tableaux d'abondances, en regroupant les effectifs au m² des différentes stations selon certains critères (espèce, station, distance, niveau hypsométrique). Des projections sur les plans factoriels permettent de mieux visualiser les résultats. Sur chacune des projections, la surface des points est proportionnelle à la richesse spécifique d'une station ou de la densité d'une espèce considérée.

Une analyse factorielle des correspondances peut être décomposée en une analyse intergroupes et une analyse en factorielle intragroupe.

- L'analyse factorielle intragroupe, tous les centres des classes sont placés à l'origine des cartes factorielles et les individus sont représentés avec une variance maximale autour de l'origine.

- L'analyse factorielle inter-groupe, recherche les axes au centre de gravité de l'espace et met l'accent sur la différence entre les groupes.

Dans le cadre de cette études, nous avons utilisé l'analyse factorielle inter-groupe (Between-Groups Analysis) sur les stations regroupé soit en fonction de leur niveaux hypsométrique soit en fonction de leur distance à la décharge.

L'analyse en co-inertie (Coinertia Analysis) effectue une double analyse d'inertie des deux tableaux de données et permet d'en révéler les structures communes ainsi que leurs différences (Dolecdec et Chessel, 1994). Dans ce travail nous avons analysé simultanément les tableaux faunistiques établis en 2004 (Ponsero et *al.*, 2004) et ceux établis dans le cadre de ce travail.

Indices biologiques

Divers indices, résumant en une valeur unique représentative une somme importante d'informations écologiques sur les communautés benthiques ont été développés (Grall et Glémarec, 2003 ; Grall et Coïc, 2005).

Les indices suivants ont été calculés :

- Richesse spécifique : nombre d'espèces de chaque échantillon.
- Densité : nombre d'individus de la même espèce par unité de surface (ici au m²).
- L'indice de Shannon, qui prend en compte la richesse spécifique mais également l'abondance de chaque espèce et ainsi la répartition des espèces au sein de l'écosystème (Shannon, 1948). L'indice de Shannon est le plus couramment utilisé et est recommandé par différents auteurs (Gray et al, 1992).

- L'indice de Piélou est utilisé à partir de celui de Shannon, afin de visualiser l'équitabilité de la répartition des espèces (Piélou, 1969).

- L'indice de Simpson, qui permet de rendre compte de la dominance de certaines espèces (Simpson, 1949).

- L'indice de Rao, qui utilise non seulement la richesse spécifique et l'abondance, mais également la distance phylogénétique entre les différentes espèces. Ainsi, un milieu comprenant deux mollusques sera considéré moins diversifié qu'un milieu contenant un mollusque et un annélide (Rao, 1982 ; Pavoine, 2005).





3.

Résultats 2009



En rive gauche de l'anse d'Yffiniac de la baie de Saint-Brieuc, le site de la grève des Courses s'étend sur les communes de Saint-Brieuc au Nord-ouest et Langueux au Sud-est. Le ruisseau du Douvenant constitue la limite communale. En 1966 une décharge a été créée sur un marais maritime en haut d'un estran sablo-vaseux.

Richesse spécifique

Dans les 25 prélèvements effectués, 19 espèces ont été identifiées. Elles appartiennent aux trois embranchements observés en 2004 (annélides, mollusques, crustacés). Chez les annélides, 8 espèces ont été déterminées, 5 espèces de mollusques et 6 espèces de crustacés.

Comme en 2004, la richesse spécifique des stations varie entre 3 et 11 espèces (moyenne 7.09 ± 1.81). Entre les niveaux hypsométriques, la richesse spécifique moyenne varie de 6,43 à 7,64. Si elle semble diminuer avec l'altitude, cette variation n'est pas significative et la richesse spécifique peut donc être considérée comme distribuée de manière assez homogène sur l'ensemble des niveaux hypsométriques du site.

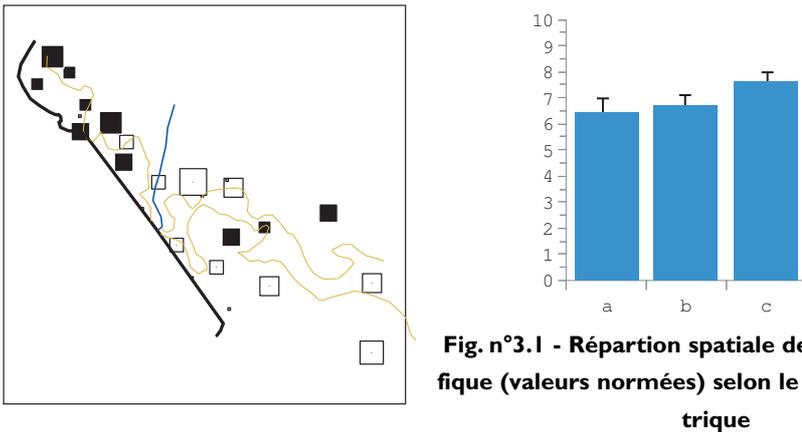


Fig. n°3.1 - Répartition spatiale de la richesse spécifique (valeurs normées) selon le niveau hypsométrique

La surface des carrés noirs (valeurs supérieures à la moyenne) et carrés blancs (valeurs inférieures à la moyenne) est proportionnelle aux données centrées.

En s'intéressant plus précisément aux trois embranchements, différentes tendances sont observées. Il existe une diminution significative (respectivement, $p=0.045$ et 0.047) du nombre d'espèces d'annélides et de mollusques depuis le niveau le plus bas (c) au plus élevé (a). Dans le cas des crustacés, à l'inverse le niveau le plus élevé détient un nombre d'espèces significativement plus grand ($p=0.047$) que les deux autres niveaux.

	Richesse spécifique
A10	7
A50	6
A100N	6
A200N	9
A200S	5
A300	8
A500	4
B10	7
B50N	9
B100	6
B200N	8
B200S	7
B300	5
B500	5
C10N	9
C50	7
C50S	7
C100C	10
C100N	8
C100S	6
C200N	8
C200S	3
C300N	10
C300S	7
C500	9

Tab. n°3.1 - Richesse spécifique des stations analysées.

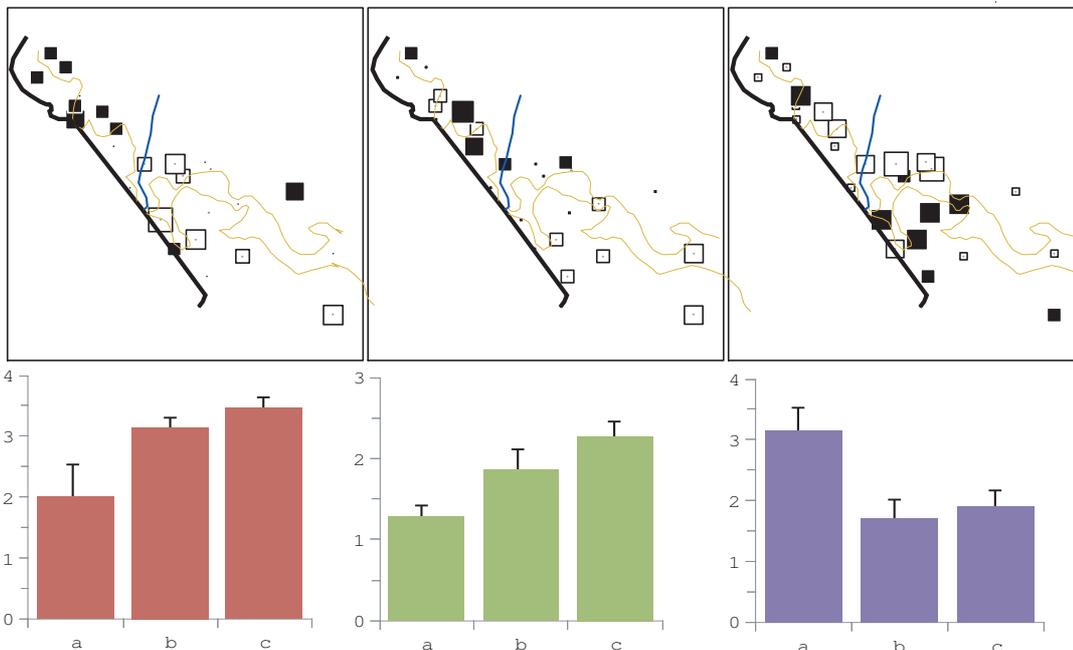


Fig. n°3.2 - Répartition spatiale de la richesse spécifique (valeurs normées) en annélides, mollusques et crustacés selon le niveau hypsométrique

La surface des carrés noirs (valeurs supérieures à la moyenne) et carrés blancs (valeurs inférieures à la moyenne) est proportionnelle aux données centrées.



Espèce	%
NERE-DIV	3
PYGO-ELE	8
SCOL-CIR	1
PERI-ULV	66
CERA-EDU	1
EURD-AFF	1
BATH-SAR	6
BATH-PIL	13
CORO-ARE	1

Tab. n°3.2 - Pourcentages de densité des espèces

Densité

La densité globale varie de 189 à 27870 individus au mètre carré (moyenne 3337 ± 5965). Pour le niveau hypsométrique le plus élevé, la densité moyenne est de 6744 ± 10034 individus/m². Les niveaux b et c ont une densité moyenne plus faible (respectivement 2404 et 1762).

Parmi les espèces identifiées, seules 9 espèces ont une abondance supérieure à 1%. Les deux espèces les plus abondantes sont *Peringia ulvae* (mollusque gastéropode) avec un maximum de 29144 individus/m² (station A10) et *Bathyporeia pilosa* (crustacé amphipode) avec jusqu'à 3333 individus/m² (station C50). Ces deux espèces représentent 66 et 13% de l'abondance totale observée.

En ce qui concerne l'ensemble des stations situées à 10m de la décharge, seules trois espèces ont un pourcentage d'abondance supérieur à 1. Ces trois espèces sont *Peringia ulvae*, *Pygospio elegans* et *Nereis diversicolor*, elles représentent à elles trois 99% du peuplement. Dans les stations suivantes, situées à 50 et 100m, *Peringia ulvae* reste l'espèce la plus abondante et les deux espèces de *Bathyporeia* (*sarssi* et *pilosa*) prennent de l'importance. Les trois espèces les plus abondantes représentent 85 et 89% du peuplement. Au-delà de 100 mètres, 7 espèces ou plus ont une abondance supérieure à 1%. Les trois espèces dominantes varient, et leur pourcentage reste inférieur à 80%.

Les tableaux d'abondances et de code des espèces sont placés en annexe.

Répartition spatiale des espèces

Une carte de distribution de densité selon la localisation géographique des stations a été dressée pour chaque espèce (fig. 3.3). Des graphes ont également été élaborés pour une visualisation plus claire des évolutions de densité en fonction de la distance à la digue de la décharge (fig. 3.4).

Avec l'éloignement de la digue de la décharge, certaines espèces ont une densité décroissante. C'est le cas de certains polychètes comme *Pygospio elegans*, *Nereis diversicolor* mais aussi de *Peringia ulvae*. A l'inverse, d'autres espèces voient leur densité augmenter avec la distance à la décharge, comme *Scolecipis cirratulus* par exemple. Enfin, certaines espèces ont une répartition assez générale : *Eteone longa*, *Cerastoderma edule* ou encore *Eurydice affinis*.



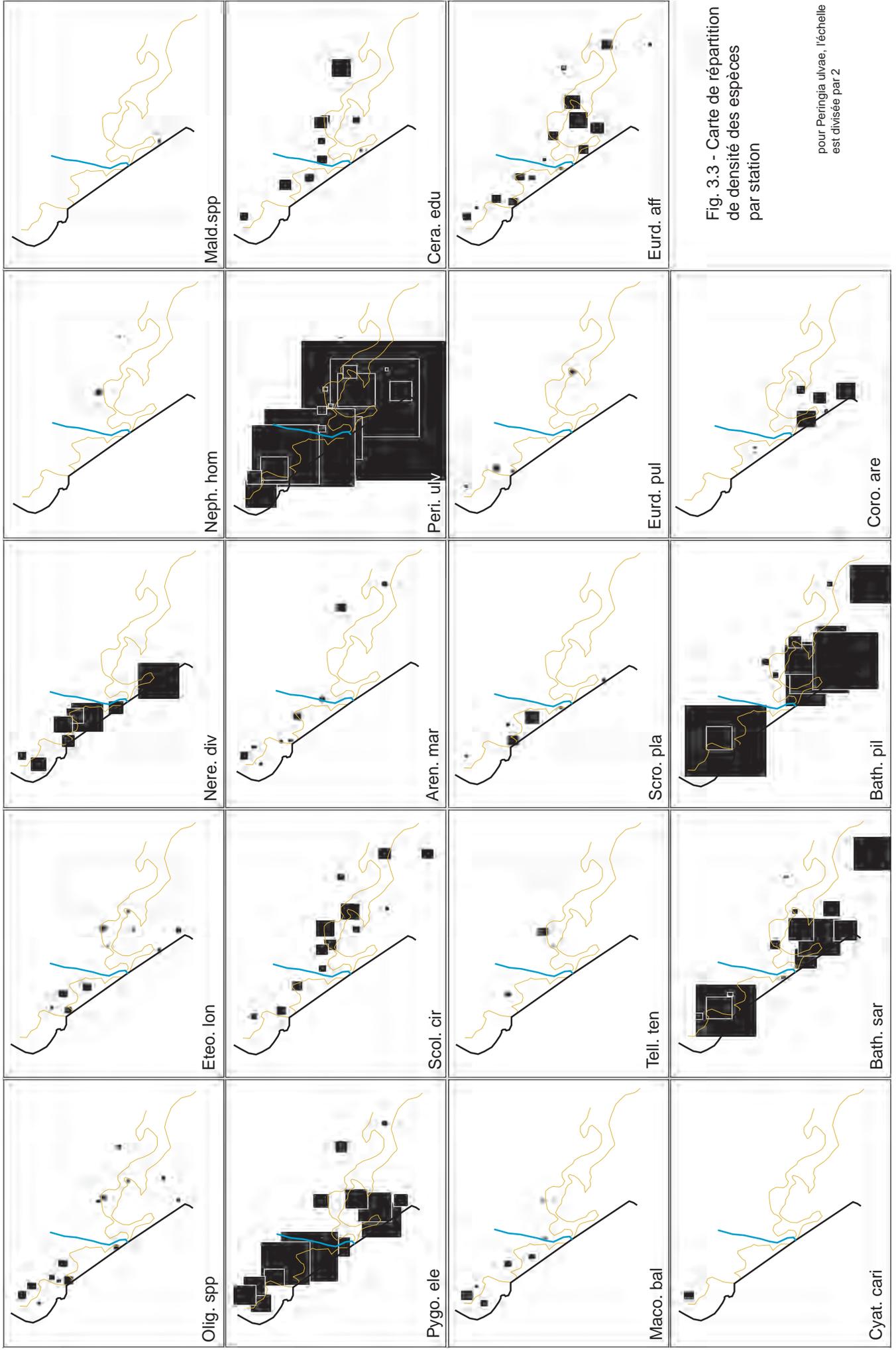
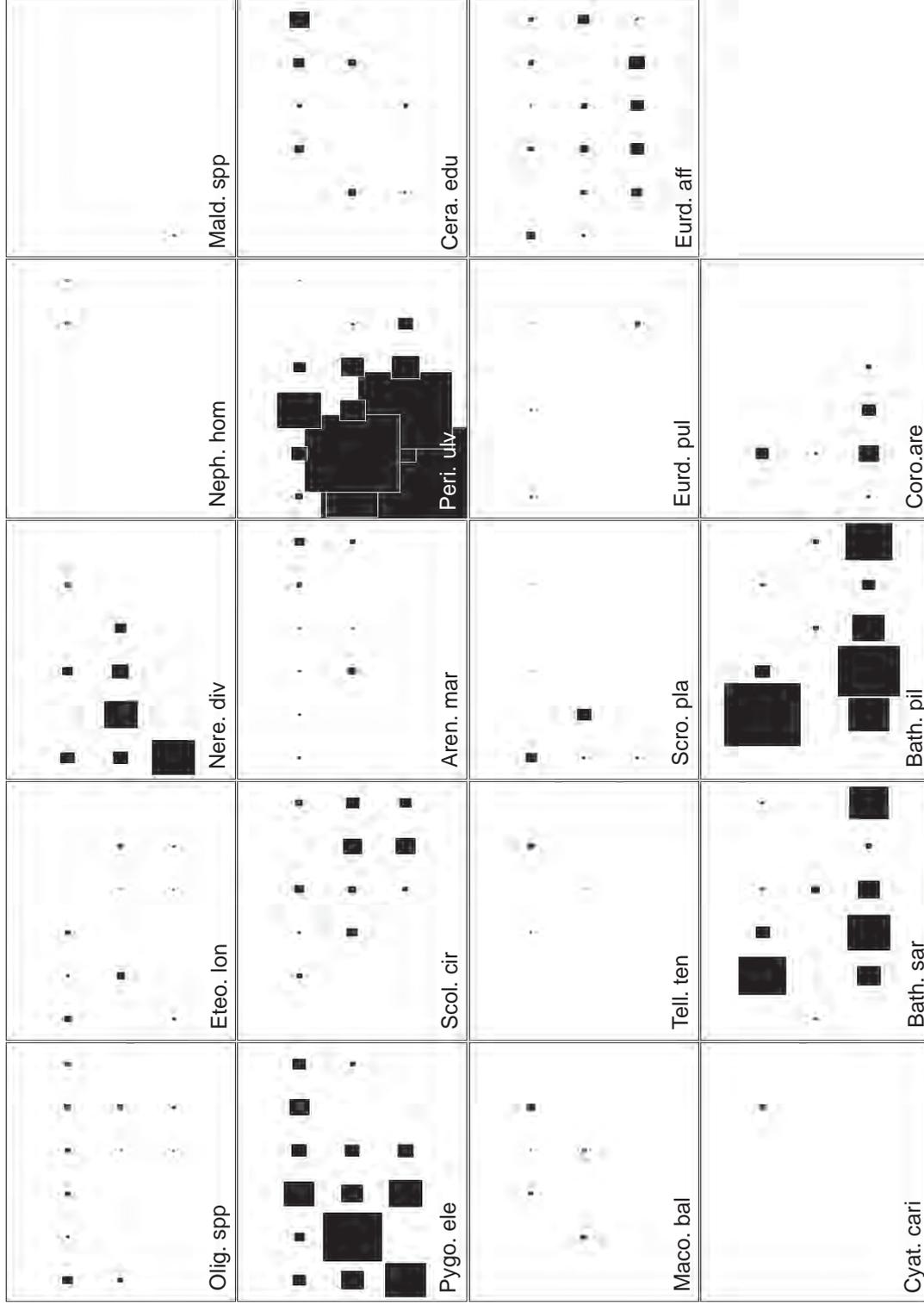


Fig. 3.3 - Carte de répartition de densité des espèces par station

pour *Peringia ulvae*, l'échelle est divisée par 2

Code espèce	Nom latin
ANNELIDES	
Oligochètes	
Olig-SPP	Oligochète sp.
Polychètes errantes	
Eteo-LON	Eteone longa
NERE-DIV	Nereis diversicolor
NEPH-HOM	Nephtys hombergii
MALD-SPP	Maldanidae sp.
Polychètes sédentaires	
Pygo-ELE	Pygospio elegans
Scol-CR	Scobolopis chinatus
AREN-MAR	Arenicola marina
MOLLUSQUES	
Gastéropodes	
PER-UIV	Peringia ulvae
Lamellibranches	
Cera-HDU	Cerastoderma edule
MACO-BAL	Macoma balthica
TELL-TEN	Tellina tenuis
SCRO-PLA	Scrobicularia plana
CRUSTACES	
Isopodes	
EURD-PUL	Eurydice pulchra
EURD-AFF	Eurydice affinis
CYAT-CARI	Cyathura carinata
Amphipodes	
BATH-SAR	Bathyporeia sarisi
BATH-PL	Bathyporeia pilosa
CORO-ARE	Corophium arenarium



Niveau bathymétrique

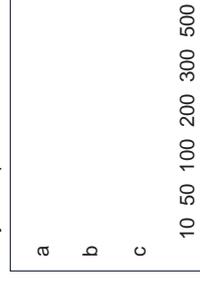


Fig 3.4 -Graphe de répartition de densité des espèces en fonction de la bathymétrie et de la distance à la digue de la décharge.

* échelle divisée par 2 pour Peringia ulvae

Analyse des peuplements

Analyse factorielle des correspondances

Les peuplements zoobenthiques présents dans les échantillons sont traités par une analyse factorielle des correspondances (AFC) sur le tableau de données des abondances numériques des 19 taxa dans les 25 stations.

Plan factoriel F1 F2

Les axes F1 et F2 expliquent respectivement 34% et 23% de la variation totale. Dans la partie positive de l'axe F2, on retrouve deux groupes faunistiques : à l'extrémité négative de l'axe F1, on trouve *Maldanidae sp.*, *Nereis diversicolor* et *Peringia ulvae*, qui caractérisent les stations proches de la décharge (distance inférieure ou égale à 50m). A l'autre extrémité de l'axe F1, un groupe faunistique est formé par *Bathyporeia sarsi*, *Bathyporeia pilosa* et *Corophium arenarium*.

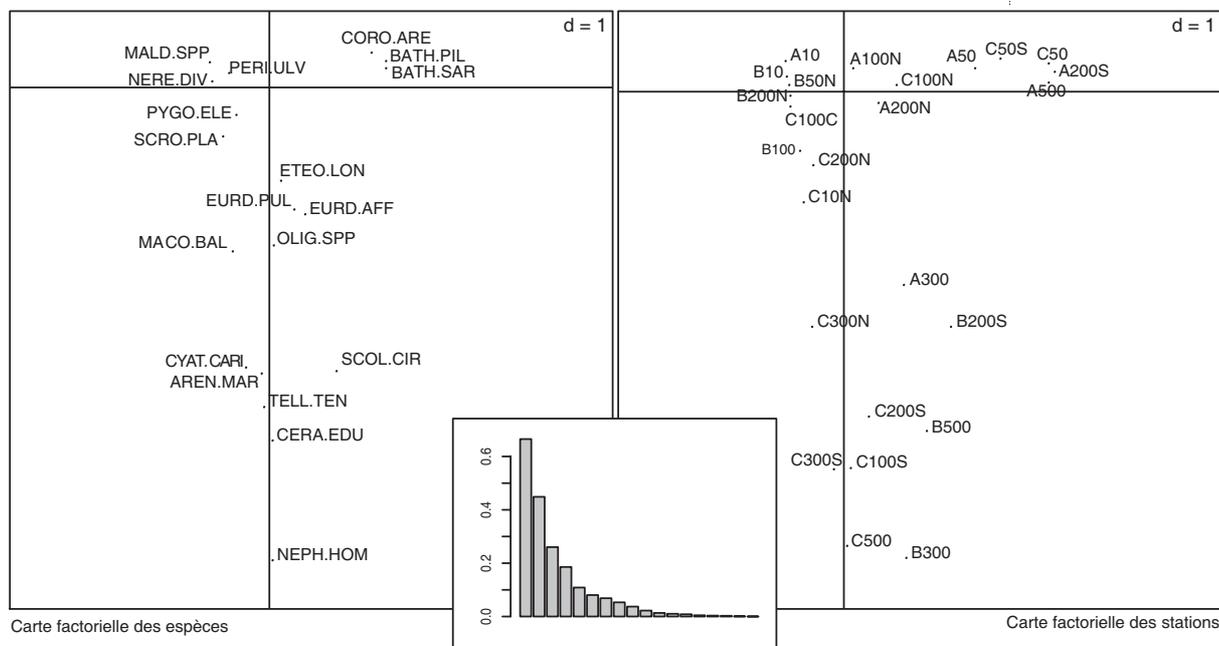


Fig. 3.5- Analyse factorielle des correspondances (AFC) sur les données benthiques (graphe des valeurs propres et projection des espèces et des stations sur le plan factoriel I-2)

A l'extrémité négative de l'axe F2 est isolé *Nephtys hombergii*, caractéristique de deux stations les plus éloignées de la décharges (de 300 et 500m).

A proximité de l'origine du plan factoriel se trouvent les espèces les plus tolérantes, à large spectre écologique, telles que *Peringia ulvae*, *Nereis diversicolor*, *Pygospio elegans* et *Scrobicularia plana*.



Afin de visualiser plus facilement les différentes altitudes et distances qui séparent les stations de la décharge, les groupes de points de même distance (fig. 3.6-a) ou de même altitude (fig. 3.6-b) ont été projetés sur la carte factorielle selon les axes F1F2.

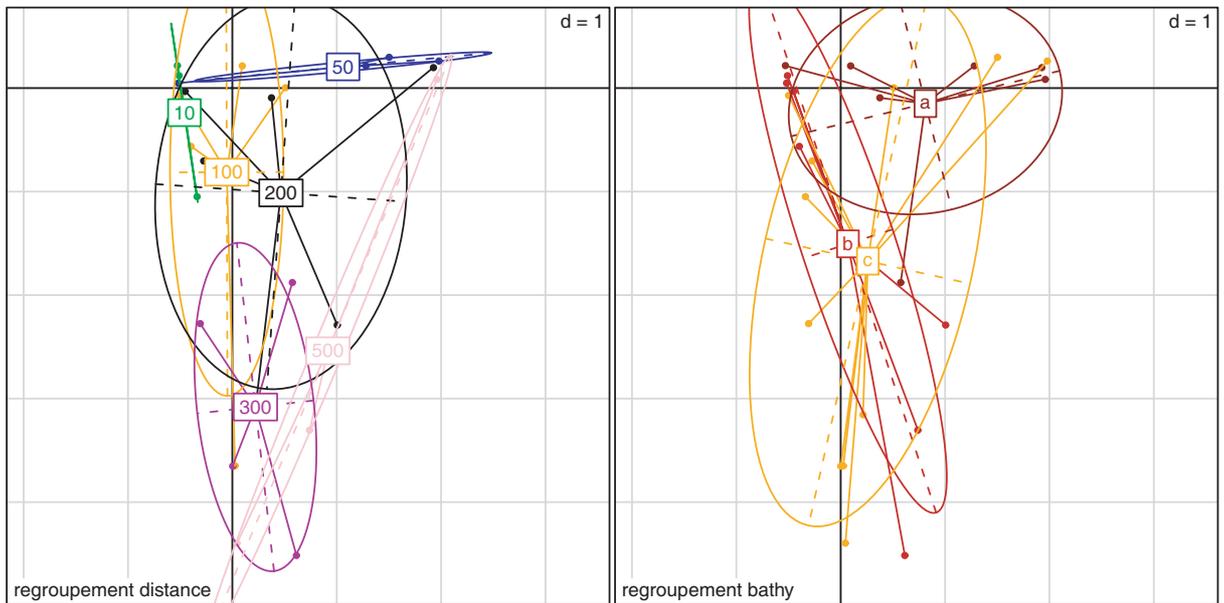


Fig. 3.6- projection des groupes de stations réparties en fonction de la distance à la décharge ou du niveau hypsométrique sur le plan factoriel I-2 de l'analyse factorielle des correspondances

La figure 3.6-a montre le long de l'axe F2 un gradient des stations selon la distance à la décharge. A noter une exception : la station A500 se retrouve sur le plan factoriel dans la partie positive des axes F1F2, compte tenu d'une abondance très forte des deux espèces de *Bathyporeia* (particulièrement *pilosa*).

En projetant les richesses spécifiques (fig. 3.7) ou les abondances (fig. 3.8) sur le plan factoriel F1F2 des stations, l'axe F1 différencie les stations en fonction de leurs abondances dans les différents embranchements. En effet, les points situés dans la partie négative de l'axe sont les stations riches en annélides et mollusques, tandis que les crustacés sont plus abondants et plus diversifiés dans les stations qui se trouvent dans la partie positive.

Plan factoriel F1 F3

Le plan factoriel F1F13 regroupe à son origine l'ensemble des stations situées à moins de 200 mètres de la digue. Les stations plus éloignées sont isolées aux deux extrémités positives et négatives de l'axe F3. A l'origine se retrouvent les espèces dites « généralistes », qui se rencontrent dans un large panel de distance, comme par exemple *Pygospio elegans*, *Oligochète* sp., *Nereis diversicolor* et *Peringia ulvae*. Ces espèces sont dites « tolérantes » aux perturbations.



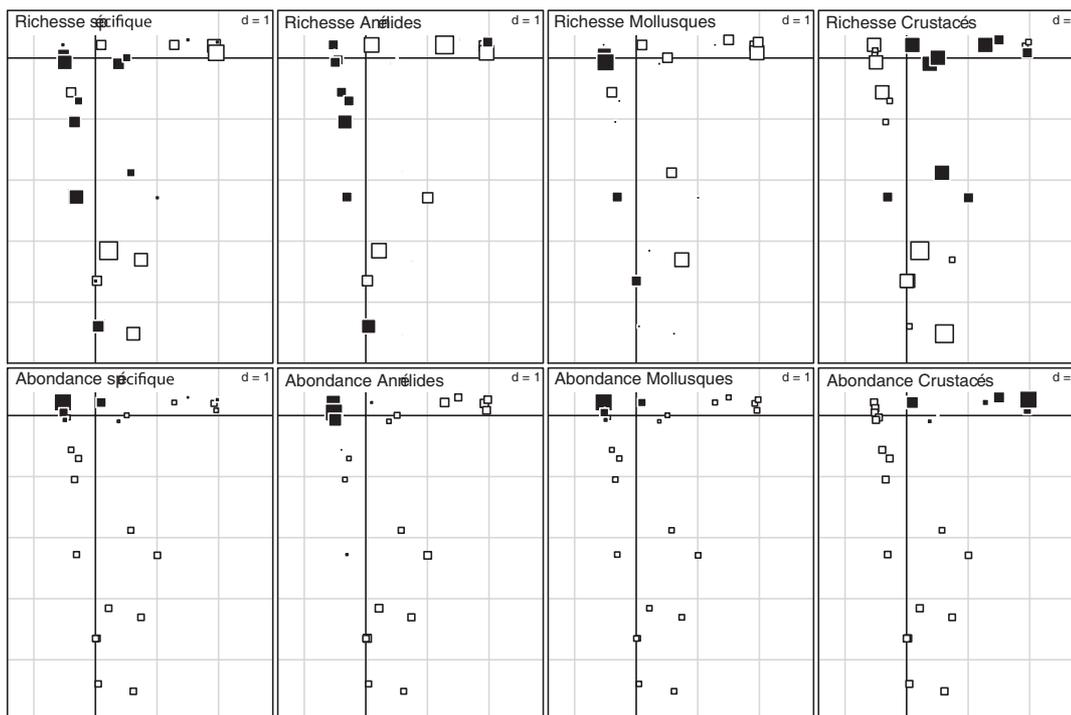


Fig. 3.7- projection des richesses spécifiques sur le plan factoriel I-2 de l'analyse factorielle des correspondances

Fig. 3.8- projection des abondances sur le plan factoriel I-2 de l'analyse factorielle des correspondances

La surface des carrés noirs (valeurs supérieures à la moyenne) et carrés blancs (valeurs inférieures à la moyenne) est proportionnelle aux données centrées.

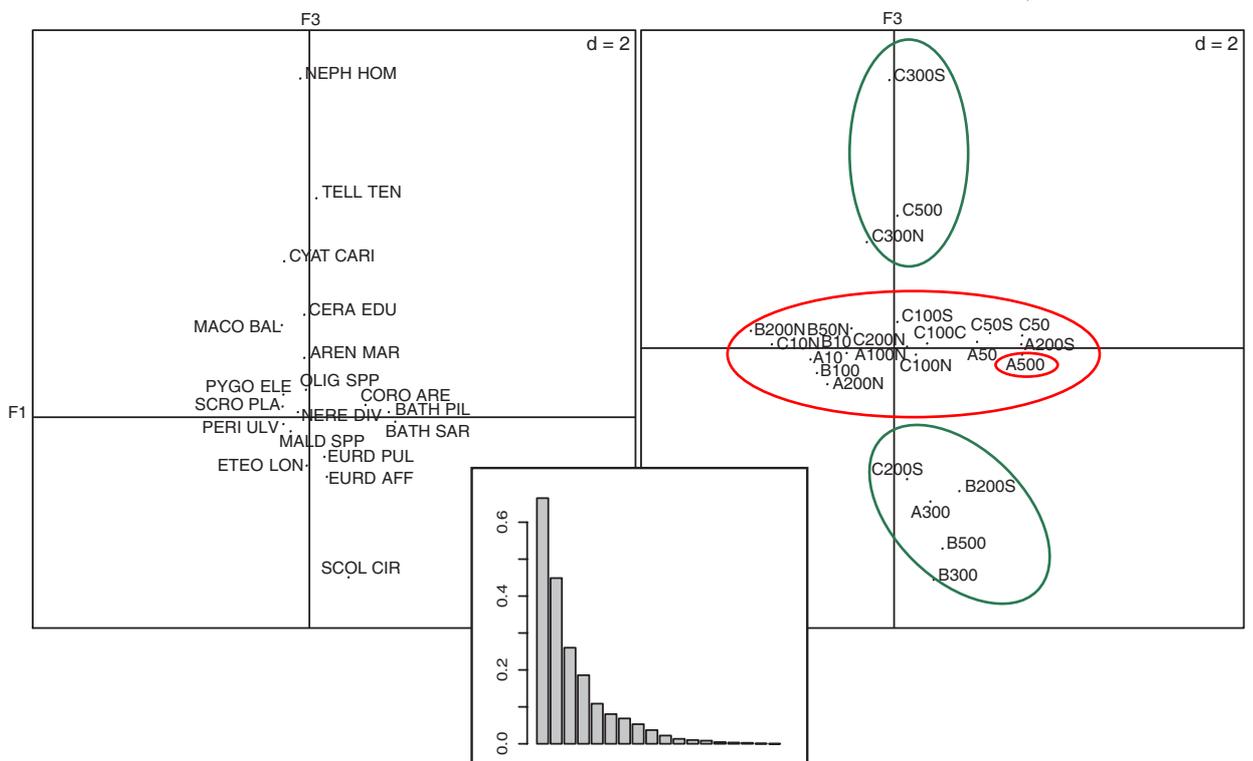


Fig. 3.9- Analyse factorielle des correspondances (AFP) sur les données benthiques
graphe des valeurs propres et projection des espèces et des stations sur le plan factoriel I-3



Analyse factorielle des correspondances inter groupes

L'analyse factorielle des correspondances inter groupe tient compte de cette structure et discrimine les stations en fonction de leur distance à la décharge, permettant une analyse plus fine.

L'axe F1 de l'analyse intergroupe explique 58% de la variation totale des peuplements. Il isole à son extrémité positive les espèces *Maldanidae* sp., *Peringia ulvae* et *Nereis diversicolor*, dont les abondances sont les plus fortes à moins de 100m de la décharge. Ces trois espèces sont quasi absentes au-delà de 200m. Le groupe des stations situées à 10m de la décharge est également isolé par l'axe F1 à son extrémité positive. L'axe F2 isole quant à lui les espèces *Cyathura carinata*, *Nephtys hombergii* et *Tellina tenuis*, qui discriminent les stations situées à plus de 200m de la décharge.

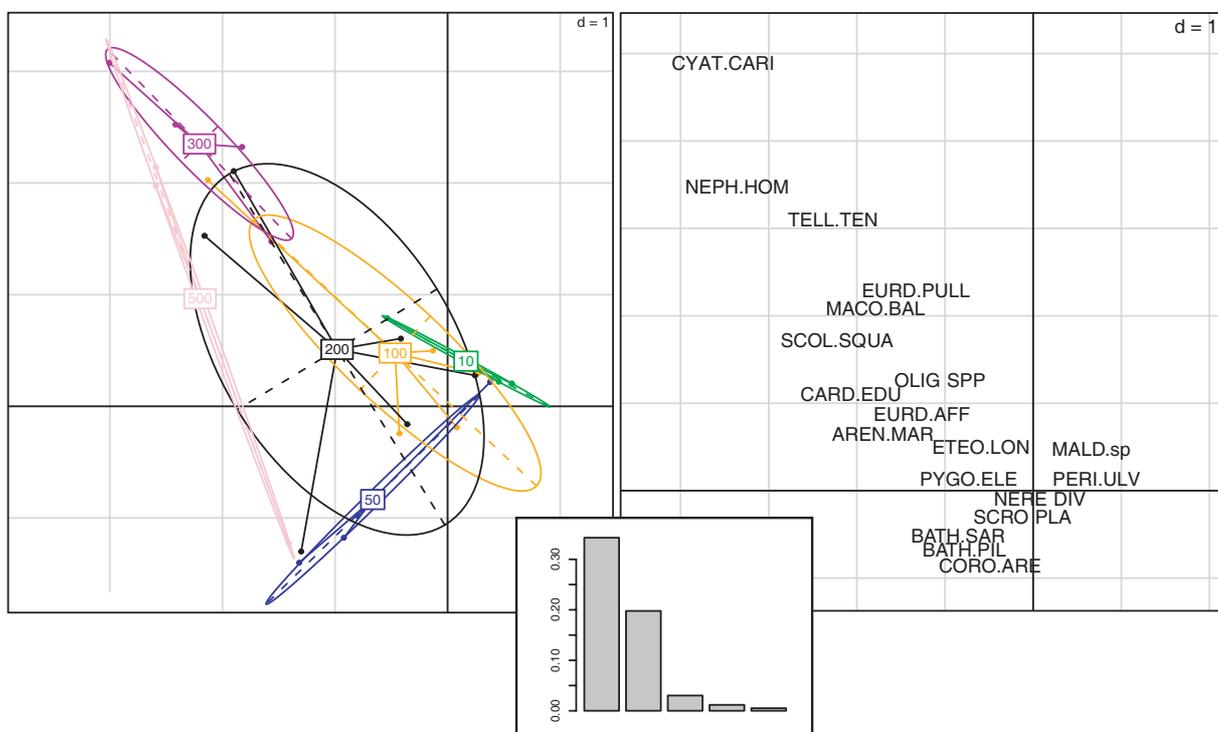


Fig. 3.10- Analyse factorielle des correspondances inter-groupes (distances à la décharge) sur les données benthiques
Graphe des valeurs propres et projection des stations (groupes de distances) et des espèces sur le plan factoriel I-2



Indices biologiques

L'abondance et la richesse spécifique sont des descripteurs statistiques servant de base de calcul à des indices de diversité rendant mieux compte de l'état de diversité d'un écosystème puisqu'ils prennent en compte la richesse spécifique ainsi que l'abondance et la dominance de chaque espèce.

L'indice de Piélou varie ainsi de 0 (une espèce très dominante) à 1 (équirépartition des espèces). L'indice de Simpson varie également de 0 (diversité minimum) à 1 (diversité maximum). Ainsi, **les stations situées à 10 et 50m ont non seulement la diversité la plus faible, mais sont également caractérisées par la dominance d'une ou deux espèces.** Au-delà de 100m, la diversité est plus importante, avec une meilleure répartition des espèces. D'une manière générale, selon l'indice de Simpson, la diversité a tendance à augmenter avec la distance à la décharge.

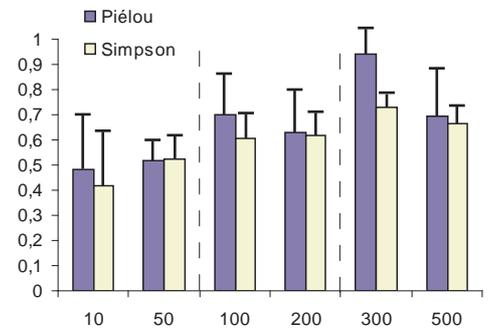


Fig. 3.11 - Indices de diversité de Piélou et Simpson en fonction de la distance

Cependant, ces deux indices ne prennent pas en compte la distance phylogénétique entre les espèces. L'indice de Rao permet d'inclure la distance phylogénétique dans l'indice de diversité. Cet indice permet de différencier 3 groupes : les stations situées à 10 et 50m dont l'indice moyen est de 2.32 ± 1.24 ; les stations situées entre 100 et 200m, l'indice moyen de Rao est de 3.28 ± 0.83 et les stations les plus éloignées (au-delà de 300m) on obtient une valeur moyenne de l'indice de 3.59 ± 0.98 . Si pour ce dernier groupe, on exclut la station A500 (dont l'indice de Rao est de 1.4), le groupe le plus éloigné obtient une valeur de 3.95 ± 0.43 .

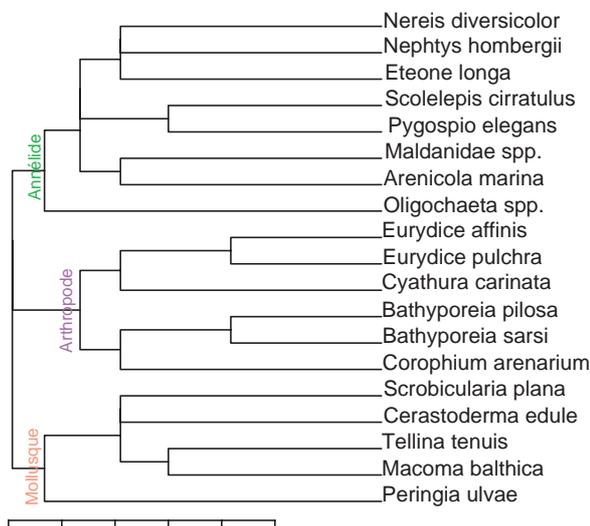


Fig. 3.12a- Arbre phylogénétique des espèces observées

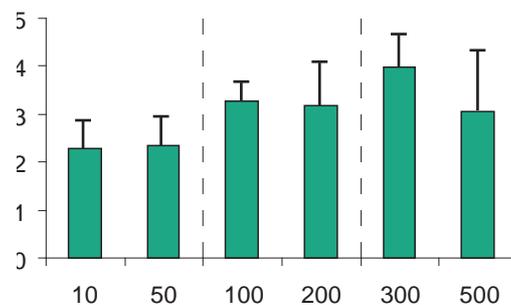


Fig. 3.12b- Indice de diversité de Rao selon la distance à la décharge

Pour tous les indices calculés, on observe donc une augmentation progressive au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la décharge. La valeur moyenne de ces indices est plus faible à 500m qu'à 300m à cause de la station A500, qui se comporte comme une station perturbée.



4.

**Evolution entre 2004
et 2009**

Evolution de la richesse spécifique et de l'abondance des stations

Entre 2004 et 2009, en prenant en compte les niveaux hypsométriques (fig. 4.1), aucune différence significative n'est obtenue ; il n'y a donc pas eu d'évolution significative de l'état des peuplements au sein des trois niveaux d'altitude.

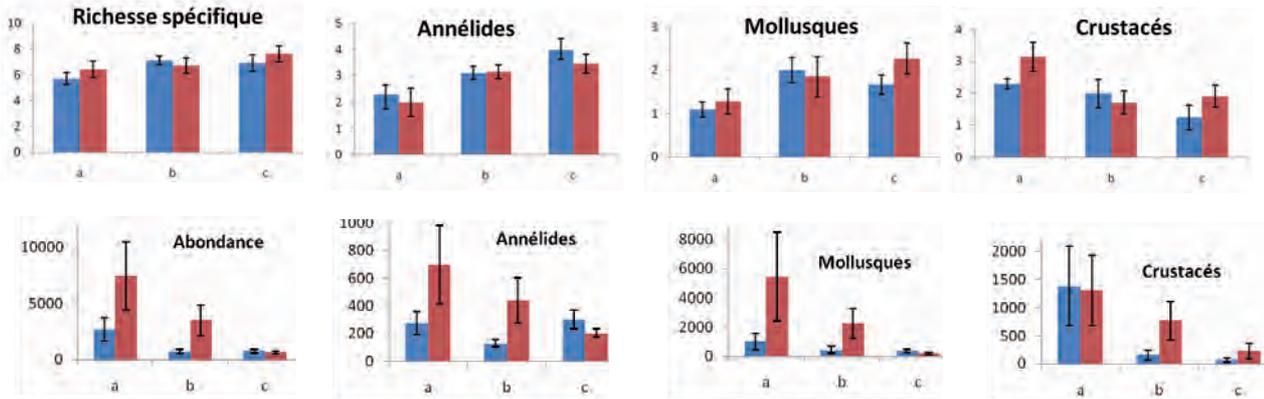


Fig. 4.1- Richesse spécifique et abondance totale et des trois embranchements en 2004 (bleu) et 2009 (rouge).

On observe globalement des abondances plus élevées en 2009 qu'en 2004. Ceci doit être rattaché à la date plus tardive des prélèvements effectués en 2009 (mai) qu'en 2004 (mars).

Malgré le fait qu'il n'y ait pas d'évolution globale de la richesse spécifique, pour la plupart de stations une modification des peuplements s'est effectuée en 5 ans, tant en ce qui concerne la richesse spécifique que pour l'abondance des espèces. La plupart des stations éloignées de la décharge et situées au sud voient leur richesse spécifique diminuer entre 2004 et 2009.

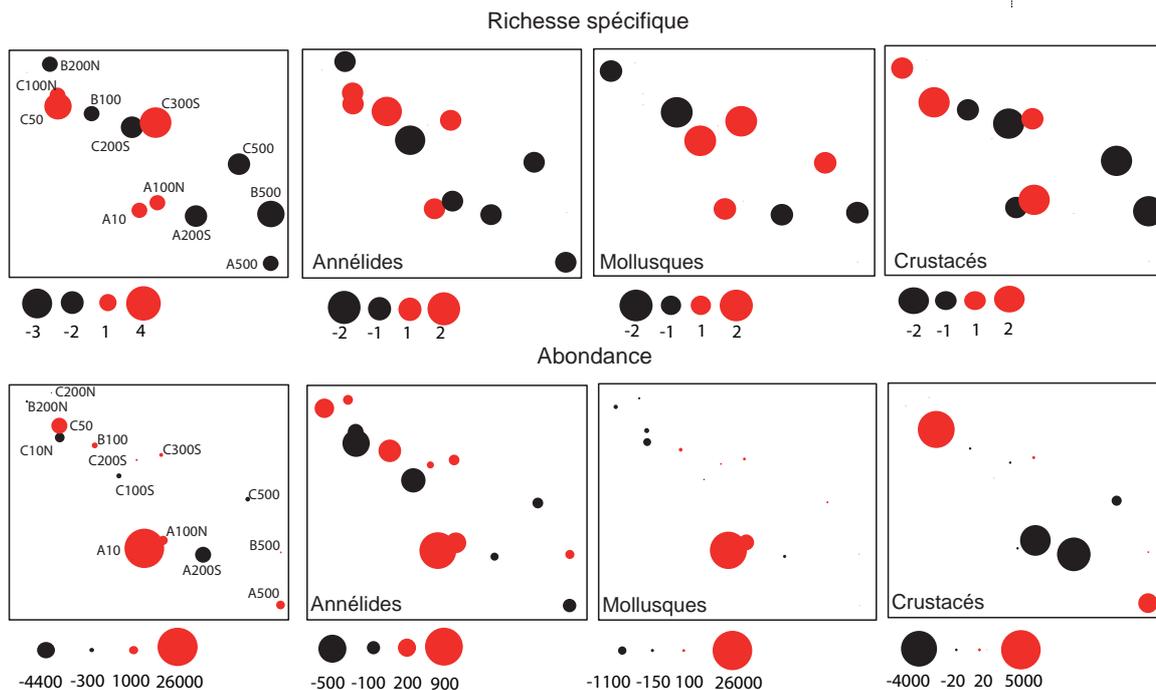


Fig. 4.2- Evolution des différences de richesses spécifiques et des abondances des stations entre 2004 et 2009.

Les points rouges représentent une augmentation d'effectif et les points noirs une diminution.

Analyse des peuplements

Analyse factorielle globale 2004-2009

L'analyse factorielle des correspondances effectuée sur l'ensemble des données des deux études (2004 et 2009) ne différencie pas les deux périodes (fig. 4.3). Leurs barycentres des deux années sont très proches et les deux groupes se recouvrent.

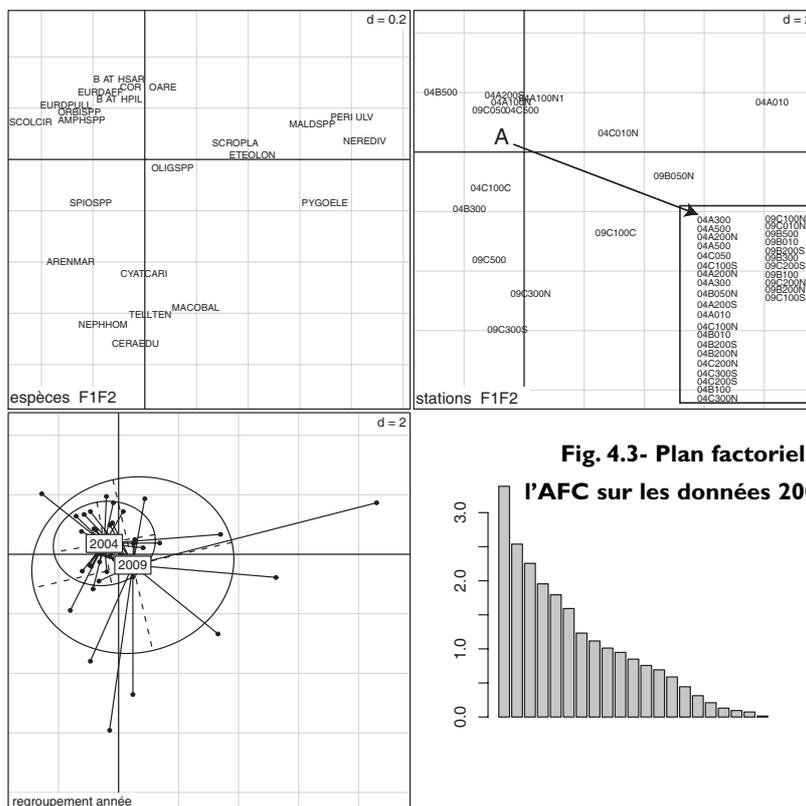
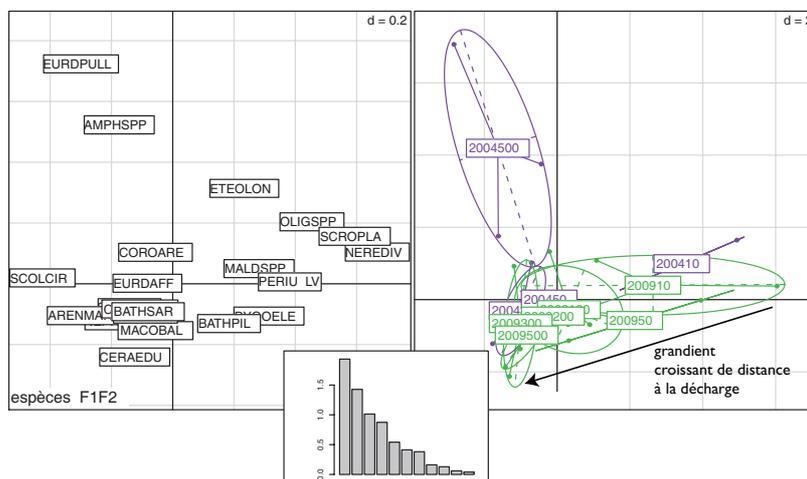


Fig. 4.3- Plan factoriel F1F2 de l'AFC sur les données 2004 et 2009

Analyse inter-groupe

Sur le tableau générale regroupant les données de 2004 et 2009, on peut effectuer une analyse inter-groupe “année-distance à la décharge”. Cette analyse montre (fig 4.4) sur l'axe F1 du plan factoriel le même gradient de distance entre 2004 et 2009. L'axe F2 isole seulement le groupe de stations de 2004 situé à 500m du fait de la présence de 2 taxons : des amphipodes indéterminés ont été observés dans ces stations en 2004 ; ces stations avaient par ailleurs une abondance d'*Eurydice pulchra* plus élevée qu'en 2009.

Fig. 4.4- Plan factoriel F1F2 de l'AFC inter-année et distance



Analyse de co-inertie

Une analyse de co-inertie qui recherche un plan de co-inertie entre les deux tableaux montre qu'une forte corrélation existe entre les tableaux d'abondance de 2004 et 2009. Si on ne prend en compte que les éléments communs des deux tableaux, c'est-à-dire en gardant uniquement les stations qui n'ont pas été déplacées, le pourcentage atteint 63,15%. Le plan de co-inertie n'est qu'une rotation des axes F1 et F2 des deux plans factoriels établis en 2004 et 2009 (fig. 4.5).

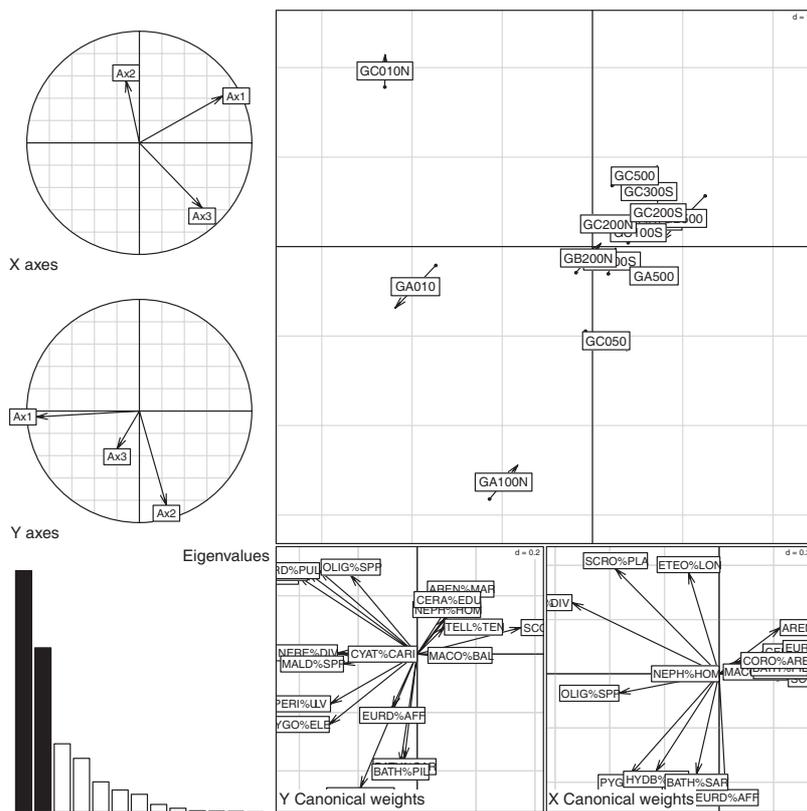


Fig. 4.5- Analyse en co-inertie des 14 stations identiques entre 2004 et 2009
(X=2004 ; Y=2009)

Entre 2004 et 2009, compte tenu des changements sédimentaires du site, nous avons été obligé de déplacer 9 stations afin de maintenir les groupes hypsométriques définis en 2004. Même en intégrant ces stations à l'analyse de co-inertie, le pourcentage de corrélation reste élevé avec 45%.



5.

Discussion et conclusions

Evolution de la richesse spécifique

En 1987, l'étude du benthos menée par le laboratoire régional de l'équipement mettait en évidence la présence d'une bande d'environ quarante mètres de large à proximité de la digue de la décharge où le zoobenthos avait presque totalement disparu. En 1999, cette zone abiotique n'existait plus (Grua, 1999). Le sédiment avait donc été recolonisé. Il s'agissait toutefois d'un peuplement restreint (3 à 4 espèces) et caractérisé par une densité faible (50 individus/m²).

En 2004, cette restauration biologique a été confirmée puisqu'aucun des prélèvements effectués n'avait été trouvé vide ; il en est de même en 2009. La biodiversité est en légère augmentation par rapport à 1999 (à 10m de la digue, 7 à 9 espèces observées en 2009 contre 5 à 8 en 2004 et 3 à 4 en 1999).

Une bande de 100m de large où la vie macrofaunique réapparaissait avait été mise en évidence en 1987, il y subsistait toutefois un déséquilibre majeur des peuplements. Seules quelques espèces opportunistes proliféraient au dépend des espèces plus sensibles à la perturbation. Au-delà de cette bande, les peuplements se restauraient progressivement. Alors qu'on trouvait seulement 2 à 4 espèces en 1987, la richesse spécifique a augmenté depuis, atteignant aujourd'hui 5 à 10 espèces.

L'analyse des indices de diversité biotique montre 3 secteurs de diversité croissante en 2009 comme en 2004 : une bande de 50m le long de la digue de la décharge avec une richesse spécifique faible dominée par 1 ou 2 espèces ; un secteur situé entre 100 et 200m où la diversité augmente ; on retrouve une situation normale à partir de 300m.

La tendance générale se caractérise par une diversité croissante avec la distance à la décharge, exception faite pour certaines stations situées à 500m de la décharge dans le secteur le plus au sud..

Modification des peuplements benthiques

En fonction de la distance à la digue de la décharge, des modifications importantes de la composition en espèces et de leur abondance sont observées. Les analyses isolent les stations en deux groupes : les stations situées à une distance inférieure ou égale à 200m et les stations éloignées de plus de 300m. Dans les stations les plus proches de la digue on retrouve les mêmes espèces dominantes qu'en 2004 : *Peringia ulvae* et *Nereis diversicolor*.

Entre 50 et 200m, il existe encore un net déséquilibre des peuplements. En effet, quelques espèces opportunistes telles que *Bathyporeia pilosa*, *Bathyporeia sarsi* et *Corophium arenarium* ont une forte densité.

Au-delà de 300m les peuplements sont restaurés.



Modifications sédimentaires

Entre les deux études menées à 5 années d'intervalles plusieurs modifications sédimentaires ont été observées.

Situation sédimentaire contre la digue de la décharge

Au flan de la digue de la décharge s'est installé un banc de sable d'épaisseur assez importante. Ce banc nous a contraint à déplacer les stations situées à 10m de la digue afin de maintenir un niveau hypsométrique constant. Une seule station par niveau a pu être mesurée, limitant grandement notre échantillonnage de cette zone. Si ce phénomène se poursuit il est probable que nous ne pourrions plus suivre dans l'avenir ces stations proches de la décharge.

Situation sédimentaire au sud de la grève des Courses

Dans le secteur sud de la décharge (secteur proche de "la cage"), la sédimentation a été récemment bouleversée avec l'installation récente de sédiment. Ces bancs de sables recèlent une diversité faunistique faible.

Ces modifications sédimentaires pourront être dues à l'activité de rejet des sédiments du port du Légué, qui modifie les bancs de sables, apportant une perturbation supplémentaire à l'estran de la baie.



Conclusion

Les peuplements benthiques sont de bons bio-indicateurs des perturbations que peut subir l'estran. Cette étude a permis de montrer, en comparaison avec l'étude similaire effectuée en 2004 qu'à une distance inférieure à 200m de la décharge, les peuplements sont encore dégradés.

L'impact de la décharge tend à diminuer avec la distance à la digue, cependant les activités de rejet de sédiments apportent une perturbation supplémentaire, notamment pour les stations situées au Sud.

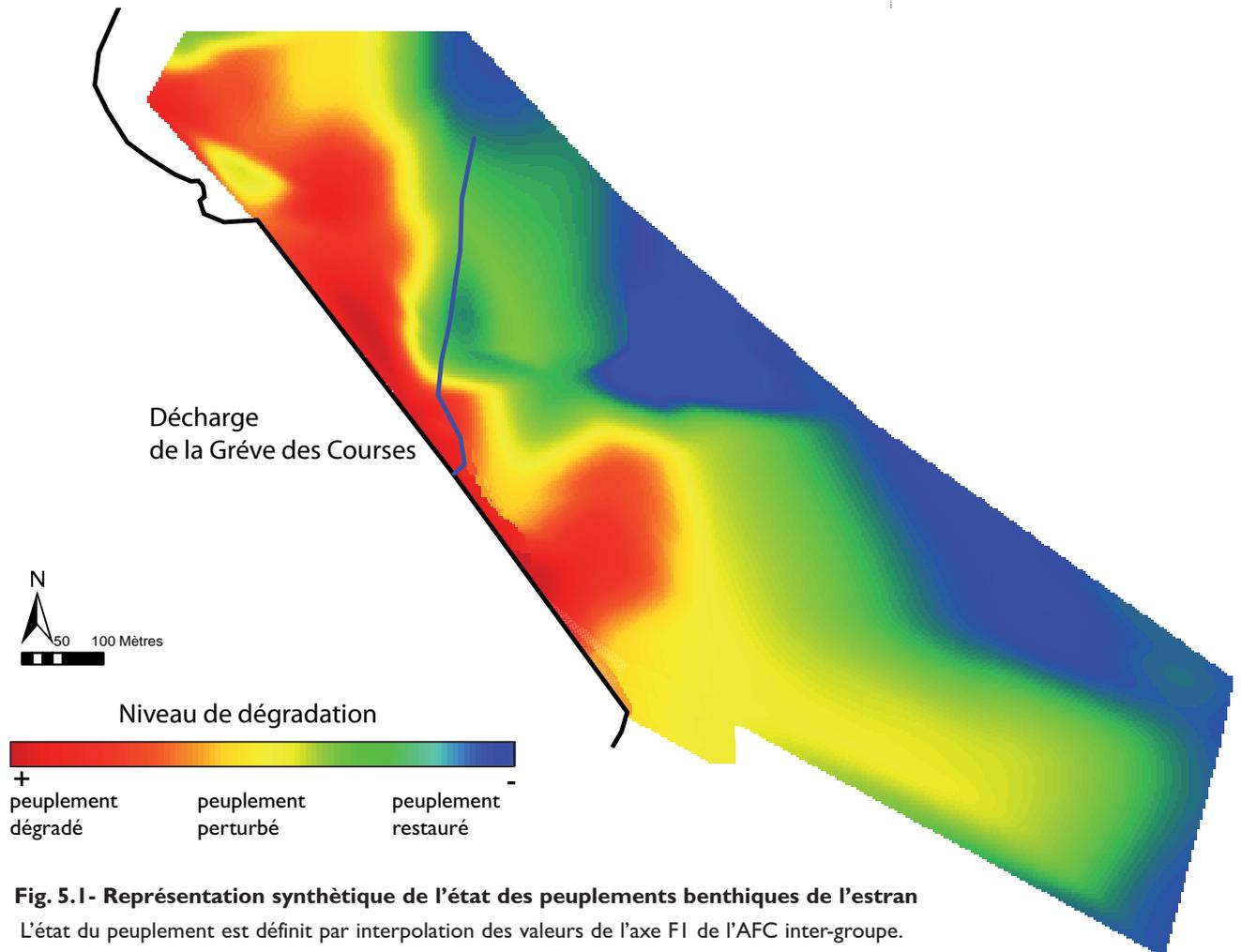


Fig. 5.1 - Représentation synthétique de l'état des peuplements benthiques de l'estran
L'état du peuplement est défini par interpolation des valeurs de l'axe FI de l'AFC inter-groupe.



6.

bibliographie

Références

- Akima H. 1978. A Method of Bivariate Interpolation and Smooth Surface Fitting for Irregularly Distributed Data Points, *ACM Transactions on Mathematical Software. Association for Computing Machinery*, 4 (2) : 148-159.
- Bellan-Santini. 1968. Influence de la pollution sur les peuplements benthiques. *Rev. Intern. Oceanogr. Med.*, X : 27-53.
- Bonnot-Courtois C. & Dreau A. 2002. *Cartographie morpho-sédimentaire de l'estran en baie de Saint-Brieuc. Labo. Géomorphologie et environnement littoral – DIREN Bretagne.*
- Dabouineau L. & Ponsero A., 2009. *Synthèse sur la biologie des coques Cerastoderma edule. 2ème édition. Université Catholique de l'Ouest - Réserve Naturelle Nationale Baie de St-Brieuc, 23p.*
- Dauer, D. M. 1993. Biological Criteria, Environmental Health and Estuarine Macrobenthic Community Structure. *Marine Pollution Bulletin*, 26(5), 249-257.
- Dolédec, S., et D. Chessel. 1994. Co-inertia analysis: an alternative method for studying species–environment relationships. *Freshwater Biology* 31:277-294.
- Fano, E.A., Mistri, M., & Rossi, R. 2003. The ecofunctional quality index (EQI): a new tool for assessing lagoonal ecosystem impairment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56(3-4), 709-716.
- Goss Custard J.D. 1968. The responses of redshank (*Tringa tringa*) to spatial variations in the density of their prey. *Journ. Mar. Ecol.* 39 : 91-113.
- Goss Custard J. D. 1979. Effect of habitat loss on the number of overwintering shorebirds in marine environments. *Study in avan Biology*. 2: 167-168.
- Grall J. & Coïc N. 2005. Une synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du macrobenthos en milieu côtier.
- Grall, J., & Glémarec, M. 2003. L'indice d'évaluation de l'endofaune côtière I2EC, Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion (pp. 51-86): *Editions Ifremer.*
- Gray, J. S., McIntyre, A. D., & Stirn, J. 1992. Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique. Onzième partie. Evaluation biologique de la pollution marine, eu égard en particulier au benthos. *FAO Document technique sur les pêches*, N° 324, 53.
- Gray, J. S., & Pearson, T. H. 1982. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. I. Comparative methodology. *Marine Ecology Progress Series*, 9, 111-119.
- Gros P. & Hamon D. 1988. Typologie bisédimentaire de la baie de Saint-Brieuc (Manche ouest) et estimation de la biomasse des catégories trophiques macrozoobenthiques. *Rapport IFREMER/DERO-EL/88-27.*
- Grua B., 1999. Réhabilitation de la décharge de la grève des Courses – mesure de l'impact des lixiviats sur les écosystèmes de l'estran sableux. *ANTEA*, 30p+annexes.
- Ihaka R. & Gentleman R., 1996. R : a language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*. 5, 299–314.
- Kindt R. & Coe R. 2005. Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies. *World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi. ISBN 92-9059-179-X.*
- Laboratoire régional de l'équipement de Saint-Brieuc, 1986. *Décharge de la Grève des Courses en baie de Saint-Brieuc*, Présentation d'un projet d'étude et de surveillance des risques de pollution. Cci/Dde22 R. DDE, 87p.
- Laboratoire régional de l'équipement de Saint-Brieuc, 1987. *Décharge de la Grève des Courses en baie de Saint-Brieuc*, Etude de risques de pollution DDE, 31p.
- Le Mao P., Retiere C., Plet M. 2002. *Les peuplements benthiques intertidaux de la baie de Saint-Brieuc.* IFREMER-DDE CQEL22.
- Ouest Aménagement, 1992. *Réhabilitation de la décharge de la grève des Courses, ville de St-Brieuc.* Ville de Saint-Brieuc, 71 p. + annexes.
- Pavoine S., 2005. *Méthodes statistiques pour la mesure de la biodiversité.* Université de Lyon I, 388p+annexes.



Pearson, T. H., & Rosenberg, R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanographic Marine Biology Annual Review*, 16, 230-306.

Pielou E. (1969). An introduction to mathematical ecology. John Wiley and Sons, New York.

Ponsero A., Allain J. & Roubichou E., 2008. *Plan de gestion de la réserve naturelle de la baie de Saint-Brieuc - 2009-2013 - Diagnostic*. Réserve Naturelle de la baie de Saint-Brieuc, 128p.

Ponsero A., Dabouineau L. & Allain J., 2009. Modelling of the Cockle (*Cerastoderma edule* L.) fishing grounds in a purpose of sustainable management of traditional harvesting. *Fisheries Science*. 75(4), 839-85

Ponsero A., Vidal J. & Allain J., 2004. *Impact de la décharge de la grève des Courses sur les peuplements zoobenthiques proches*. Réserve Naturelle de la baie de Saint-Brieuc, 38p.

Rao C. R. (1982a). Diversity and dissimilarity coefficients : a unified approach. *Theoretical Population Biology*, 21 : 24-43.

Saint-Brieuc, 2002. *Synthèse des résultats des études réalisées sur la décharge de la grève des Courses 1984-2001*. 13p+annexes.

Thioulouse J., Chessel D., Dolédec S. & Olivier J., 1997. Ade-4: a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and Computing*. 7, 75-83.

Warwick, R. M. (1986). A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*, 92, 557-562.



Ouvrages consultés pour la détermination

Hayward P.J. 1995. *Handbook of the Fauna of North-West Europe*.

Polychètes :

Chambers S. J. & Muir A. I. 1997. *Polychaetes: British Chrysopetaloidea, Pisionoidea and Aphroditoidea. Synopses of British Faune* (new series) edited by R. S. K. Barnes and J. H. Crothers, n°54. Published for The Linnean Society of London and The Estuarine and Coastal Sciences Association by Field Studies Council.

Fish J. D. & Fish S. 1989. *A Student Guide to the Seashore*, second edition (1996). Cambridge University Press.

George J. D. & Hartmann-Schroder G. 1985. *Polychaetes: British Amphinomida, Spintherida and Eunicida. Synopses of British Faune* (new series) edited by D. M. Kermak and R. S. K. Barnes, n°32. Published for The Linnean Society of London and The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association by Brill E. J. and Dr Brackuys W.

Pleijel F. & Dales R. P. 1991. *Polychaetes: British Phyllodoceideans, Typhloscolecoideans and Tomopteroideans. Synopses of British Faune* (new series) edited by D. M. Kermak and R. S. K. Barnes, n°32. Published for The Linnean Society of London and The Estuarine and Coastal Sciences Association by Universal Book Services and Dr Brackuys W.

Westheide W. 1990. *Polychaetes: Interstitial Families. Synopses of British Faune* (new series) edited by D. M. Kermak and R. S. K. Barnes, n°44. Published for The Linnean Society of London and The Estuarine and Coastal Sciences Association by Universal Book Services and Dr Brackuys W.

Isopodes :

Naylor E. 1972. *British Marine Isopods. Synopses of British Fauna* (new series), n°3. Published for The Linnean Society of London by Academic Press London and New York.



7.

Annexes

CODE ESPECE	NOM LATIN
Annélides	
Oligochètes	
OLIG-SPP	<i>Oligochète sp.</i>
Polychètes errants	
ETEO-LON	<i>Eteone longa</i>
NERE-DIV	<i>Nereis diversicolor</i>
NEPH-HOM	<i>Nephtys hombergii</i>
MALD-SPP	<i>Maldanidae sp.</i>
Polychètes sédentaires	
PYGO-ELE	<i>Pygospio elegans</i>
SCOL-CIR	<i>Scolecipis cirratulus</i>
AREN-MAR	<i>Arenicola marina</i>
Mollusques	
Gastéropodes	
PERI-ULV	<i>Peningia ulvae</i>
Lamellibranches	
CERA-EDU	<i>Cerastoderma edule</i>
MACO-BAL	<i>Macoma balthica</i>
TELL-TEN	<i>Tellina tenuis</i>
SCRO-PLA	<i>Scrobicularia plana</i>
Crustacés	
Isopodes	
EURD-PUL	<i>Eurydice pulchra</i>
EURD-AFF	<i>Eurydice affinis</i>
CYAT-CARI	<i>Cyathura carinata</i>
Amphipodes	
BATH-SAR	<i>Bathyporeia sarsi</i>
BATH-PIL	<i>Bathyporeia pilosa</i>
CORO-ARE	<i>Corophium arenarium</i>

Annexe I - Code des espèces

	A10	A50	A100N	A200N	A200S	A300	A500
ANNELIDES							
Oligochètes							
OLIG-SPP					11	11	
Polychètes errants							
ETEO-LON	11			11		11	
NERE-DIV	867						
NEPH-HOM							
MALD-SPP	11						
Polychètes sédentaires							
PYGO-ELE	811		544	256			
SCOL-CIR				33	11	189	78
AREN-MAR							
MOLLUSQUES							
Gastéropodes							
PERI-ULV	26144	433	8111	1456	11	211	
Lamellibranches							
CERA-EDU		11		33			
MACO-BAL							
TELL-TEN							
SCRO-PLA	11						
CRUSTACES							
Isopodes							
EURD-PULL						22	
EURD-AFF		56	100	178		133	11
CYAT-CARI							
Amphipodes							
BATH-SAR		267	889	333	156	22	733
BATH-PIL		800	1778	544	456	89	1011
CORO-ARE	11	200	100	44			

Annexe 2 – Abondance (nb ind/m²) des taxa dans les stations de niveau hypsométrique a

	B10	B50N	B100	B200N	B200S	B300	B500
ANNELIDES							
Oligochètes							
OLIG-SPP	22			11		22	
Polychètes errants							
ETEO-LON		44			11	22	
NERE-DIV	122	544	144	133			
NEPH-HOM							
MALD-SPP							
Polychètes sédentaires							
PYGO-ELE	267	1656	233	211			22
SCOL-CIR			56		78	178	89
AREN-MAR			44	11			22
MOLLUSQUES							
Gastéropodes							
PERI-ULV	2378	8222	578	1022	22	22	
Lamellibranches							
CERA-EDU		44				44	
MACO-BAL		22		33			
TELL-TEN					11		
SCRO-PLA	11	111					
CRUSTACES							
Isopodes							
EURD-PULL							
EURD-AFF	11	22	44		56		67
CYAT- CARI							
Amphipodes							
BATH-SAR	11			22	56		
BATH-PIL				22	22		
CORO-ARE		11					22

Annexe 3 – Abondance (nb ind/m²) des taxa dans les stations de niveau hypsométrique b

	C10N	C50	C50S	C100C	C100N	C100S	C200N	C200S	C300N	C300S	C500
ANNELIDES											
Oligochètes											
OLIG-SPP	56	11	11	44	22		44		44	11	22
Polychètes errants											
ETEO-LON	33		22	44	11						
NERE-DIV	100			178					44		
NEPH-HOM										33	11
MALD-SPP											
Polychètes sédentaires											
PYGO-ELE	89	22	100	1189	189		222		256	133	89
SCOL-CIR		56				33	22	78			33
AREN-MAR	11	11				22	11		44		56
MOLLUSQUES											
Gastéropodes											
PERI-ULV	67	11	500	4678	744	56	244	78			11
Lamellibranches											
CERA-EDU				78		56		33	44	100	200
MACO-BAL				33		11	11		78	11	
TELL-TEN				22						56	
SCRO-PLA	67			11					11		
CRUSTACES											
Isopodes											
EURD-PULL	11				33				11		
EURD-AFF	44				56	11	11		44		22
CYATHURA CARINATA									56		
Amphipodes											
BATH-SAR		1822	289	11	311		22				11
BATH-PIL		3333	2100		333					33	
CORO-ARE			200								

Annexe 4 – Abondance (nb ind/m²) des taxa dans les stations de niveau hypsométrique c



Réserve Naturelle

BAIE DE SAINT-BRIEUC

Réserve Naturelle Nationale de la Baie de Saint-Brieuc

site de l'étoile

22120 Hillion

02.96.32.31.40 (fax : 02.96.77.30.57)

alain.ponsero@espaces-naturels

<http://www.reservebaiedesaintbrieuc.com>

référence :

LELONG C. & PONSERO A., 2009, *Impact de la décharge de la Grève des Courses sur les peuplements zoobenthiques*, Réserve Naturelle Baie de St-Brieuc, 42 pages



Saint-Brieuc Agglomération

3 place de la résistance

BP 4402

22044 St-Brieuc

Téléphone : 02 96 77 20 00

Télécopie : 02 96 77 20 01

Site : <http://www.cabri22.com>

Email : accueil@cabri22.com



VivArmorNature

10 Boulevard Sévigné

22000 St-Brieuc

Téléphone/fax : 02 96 33 10 57

Site : <http://pagesperso-orange.fr/vivarmor>

Email : vivarmor@orange.fr