



université
de bretagne
occidentale



MASTER SML

SCIENCES DE LA MER ET DU LITTORAL

MENTION

SCIENCES DE LA MER ET DU LITTORAL

SPÉCIALITÉ

EXPERTISE ET GESTION DE
L'ENVIRONNEMENT LITTORAL

Elouan Meyniel

Analyse de la dynamique des bancs sableux et d'une flèche littorale du fond de baie de Saint-Brieuc

Mémoire de stage de Master1

Année Universitaire **2011-2012**

Structure d'accueil : **Réserve Naturelle Nationale de la
baie de Saint-Brieuc**

Tuteur universitaire : **Bernard Fichaut**

Maître de stage : **Anthony Sturbois et Jérôme Fournier**



Table des matières

1	La baie de Saint-Brieuc	10
1.1	Réserve Naturelle Nationale	10
1.1.1	Historique	11
1.1.2	Missions	11
1.2	Présentation générale de la baie de Saint-Brieuc	11
1.2.1	Géologie	12
1.2.2	Description morphologique et sédimentologique	12
2	Matériel et Méthodes	15
2.1	Cartographie des figures sédimentaires	15
2.1.1	Cartographie par photo interprétation	15
2.1.2	Cartographie à l'aide d'un GPS	15
2.2	Cartographie des chenaux tidaux	15
2.3	Prélèvements sédimentaires	16
2.4	Prélèvements des boîtes de Reineck	17
2.5	Analyse granulométrique des sédiments	17
3	Résultats	21
3.1	Cartographie des figures sédimentaires	21
3.2	Analyses sédimentaires des bancs sableux	23
3.2.1	Granulométrie	23
3.2.2	Comparaison des versants internes et externes	25
3.2.3	Comparaison avec les environnements sédimentaires	26
3.2.4	Lecture des coupes par carottier-boîtes de Reineck	29
3.3	Analyses sédimentaires de la flèche littorale de Saint-Maurice	31
3.3.1	Granulométrie de la flèche sableuse	31
3.3.2	Lecture des coupes par carottier-boîte de Reineck	31
3.4	Dynamique des bancs sableux	32
3.5	Dynamique de la flèche littorale de Saint-Maurice	37
4	Discussion	41
5	Conclusion	44

A	Histogrammes et courbes granulométriques	47
A.1	Banc "SLa" ; échantillons 1.1 à 1.9	48
A.2	Banc "SLb" ; échantillons 2.1 à 2.9	49
A.3	Banc "GCB" ; échantillons 3.1 à 3.9	50
A.4	Banc "GCB" ; échantillons 4.1 à 4.9	51
A.5	Banc "GCC" ; échantillons 5.1 à 5.9	52
A.6	Banc "GCD" ; échantillons 6.1 à 6.9	53
A.7	Banc "GCa" ; échantillons 7.1 à 7.9	54
A.8	Banc "GCe" ; échantillons 8.1 à 8.9	55
A.9	Banc "SLc" ; échantillons 9.1 à 9.9	56
A.10	Banc "SLb" ; échantillons 10.1 à 10.9	57
A.11	Banc "SLa" ; échantillons 11.1 à 11.9	58
A.12	Flèche "SMa" ; échantillons 12.1 à 12.9	59
B	Photographies et dessins des carottes prélevées	60
B.1	Sur la ligne de crête ; Grève des Courses	61
B.2	Versant externe ; Grève des Courses	62
B.3	Versant interne (1) ; Grève des Courses	63
B.4	Versant interne (2) ; Grève des Courses	64
B.5	Flèche de Saint-Maurice	65
B.6	Versant Est ; Flèche de Saint-Maurice	66
B.7	Estran ; Ouest de la Flèche	67
B.8	Vasière ; Est de la Flèche	68
B.9	Versant externe ; Banc de Saint-Laurent	69
B.10	Crête du banc ; Saint-Laurent	70
B.11	Versant interne ; Saint Laurent	71
B.12	Estran sableux ; Sud du banc de Saint-Laurent	72

Table des figures

1.1	Localisation de la Réserve Naturelle Nationale de la baie de Saint-Brieuc	10
1.2	Schéma de répartition des vecteurs hydrodynamiques responsables du transit sédimentaire en baie de Saint-Brieuc (Atlas thématique de l'environnement marin en baie de Saint-Brieuc[2])	13
1.3	Principaux lieux-dits du fond de baie de Saint-Brieuc	14
2.1	Plan d'échantillonnage de Saint-Laurent, de la Grève des Courses et de Saint-Maurice	16
2.2	Protocole de prélèvement des sédiments sur les bancs sableux	17
2.3	Plan d'échantillonnage du prélèvement des boîtes de Reineck	18
3.1	Carte morpho-sédimentaire du fond de baie de Saint-Brieuc	22
3.2	Comparaison multiple des bancs par la méthode de Tukey	25
3.3	Comparaison des moyennes géométriques ; Boîtes à moustaches	28
3.4	Cartographie dynamique des bancs sableux ; Grève des Courses	33
3.5	Cartographie dynamique des bancs sableux entre avril et juillet 2012 ; Grève des Courses	35
3.6	Cartographie dynamique des bancs sableux ; Saint-Laurent de la Mer	36
3.7	Cartographie dynamique des bancs sableux entre avril et juillet 2012 ; Saint-Laurent de la Mer	38
3.8	Cartographie dynamique de la flèche sableuse ; Saint-Maurice	39
3.9	Évolution de la flèche entre octobre 2011 et juin 2012 ; Saint-Maurice	40

Liste des tableaux

2.1	<i>Définitions granulométriques selon Migniot (non publié)</i>	20
2.2	<i>Définitions granulométriques selon Bonnot-Courtois et Fournier (non publié)</i>	20
3.1	<i>Statistiques granulométriques des échantillons prélevés sur les bancs sableux</i>	24
3.2	<i>Statistiques granulométriques des échantillons prélevés sur les différents versants des bancs sableux</i>	26
3.3	<i>Statistiques granulométriques des échantillons prélevés dans les environnements sédimentaires</i>	27
3.4	<i>Statistiques granulométriques des échantillons prélevés sur la flèche littorale de Saint-Maurice</i>	31

Remerciements

Pour la réalisation de ce rapport, je tiens à remercier l'ensemble de ces personnes qui m'ont, d'une manière ou une autre, apporté leur soutien :

Anthony Sturbois, Chargé de missions scientifiques à la réserve, pour son implication dans le travail de terrain et d'analyse, les relectures de ce mémoire et plus largement pour son aide et sa bonne humeur quotidienne. Je souhaite aussi te remercier pour m'avoir permis de participer à tous les travaux en cours : benthos, comptage "ornitho", pêches dans les prés-salés...

Jérôme Fournier, Chercheur CNRS à Dinard, pour avoir supervisé ce travail, pour les conseils d'écritures, les relectures pointues qui m'ont permis d'avancer mais également pour les bons moments aux captures "piafs".

Bernard Fichaut, Enseignant Chercheur à Brest, pour avoir accepté d'encadrer ce stage et pour les conseils donnés lors de l'écriture des résultats.

Toute l'équipe de la Réserve pour leur accueil, leur sympathie et leur bonne humeur : Alain Ponsero, Emilie Bouchée et l'ensemble des stagiaires : Alicia Simonin, Noémie Cappelle et Laury Colombet. Merci pour leurs aides et pour ces bons moments passés lors des inventaires ou suivis réalisés ensemble.

Les membres du conseil scientifique de la réserve qui m'ont conseillé en cours d'étude et particulièrement Chantal Bonnot-Courtois.

Hélène Gloria, pour sa disponibilité lors de mes recherches bibliographiques au Laboratoire de Géomorphologie de Dinard.

Enfin, je tiens à remercier mes proches, mes amis, Anne et ceux que j'aurais pu oublier par mégarde...

Résumé

De nombreuses figures sédimentaires, décrites par Bouvier (1993) et Bonnot (2002), sont visibles sur l'estran du fond de baie de Saint-Brieuc (France). Ces travaux ne précisent pas les vitesses de déplacement des bancs sableux. En 2010, une flèche littorale s'est formée progressivement. Cette étude a pour objet l'analyse sédimentaire et dynamique de ces bancs sableux de haut d'estran et de cette flèche à pointe libre. L'étude a duré trois mois. La première étape a consisté à réaliser un état des lieux en cartographiant l'ensemble des figures sédimentaires d'estran. Ensuite, les bancs sableux de Saint-Laurent de la Mer, de la Grève des Courses et la flèche littorale de Saint-Maurice ont été cartographiés par photo-interprétation et par GPS aux mois d'avril et juillet 2012. Sur huit bancs et une flèche, 128 échantillons sédimentaires ont été prélevés. Nos résultats ont montré que les bancs sableux sont composés de sables fins et moyens, fortement coquilliers et mal triés. La flèche littorale est composée de sable fin et bien trié. L'environnement sédimentaire sur lequel se déplacent les bancs est composé de sable très fin et bien trié. Les bancs se déplacent vers le sud-ouest. A Saint-Laurent, ils se sont déplacés de 15, 16 et 60 mètres entre avril et juillet 2012. Les bancs de la Grève des Courses ont parcouru entre 4 et 9 mètres sur la même période. La flèche de Saint-Maurice s'est déplacée de 60 mètres entre octobre 2011 et juin 2012. Les bancs et la flèche, en se rapprochant de la côte, tendent à créer une zone abritée où la végétation se développe (dune embryonnaire à Saint-Maurice et végétation de prés salés à la Grève des Courses). L'utilisation de ces accumulations comme zone de reposoir par les oiseaux est avérée. Dans le futur, l'engraissement du haut de plage pourrait créer une zone favorable à la reproduction de certaines espèces d'oiseaux. En conclusion, on peut dire que le développement de différentes végétations halophiles est favorisé par la géomorphologie du site. Ce changement de milieu favorise certaines espèces d'oiseaux comme le Petit Gravelot (*Charadrius dubius*), un couple au comportement reproducteur a été observé en juillet 2012.

Mots clés : Baie de Saint-Brieuc, Géomorphologie, Sédimentologie, Dynamique, Bancs sableux, Flèche littorale.

Abstract

*Initially described by Bouvier (1993) and Bonnot (2002), many sedimentary features are visible on the foreshore of the bottom of the bay of Saint-Brieuc (France). The studies of Bouvier and Bonnot do not specify the velocities of sand banks. In 2010, a spit has been formed gradually. This three months study provides the sedimentary and dynamic analyses of the foreshore sandbanks and of the spit of Saint-Maurice. First, the idea was to make an inventory of all mapping sedimentary features of the foreshore. Then, the sandbanks of the Saint-Laurent, the Grève des Courses and the spit Saint-Maurice were mapped by photo-interpretation and GPS in April and July 2012. Over eight sandbanks and one spit, 128 sediment samples were collected. Our results showed that the sandbanks are composed of fine and medium particles of sand, which are strong shelled and poorly sorted. The sedimentary environment in which banks move is composed of very fine and well sorted sand particles. In the same way, the spit is composed of fine and well sorted sand particles. Also, the sandbanks move to the southwest. To Saint-Laurent, they moved to 15, 16 and 60 meters between April and July 2012. The sandbanks of the Grève des Courses traveled between 4 and 9 meters over the same period. The spit of Saint-Maurice moved 60 meters between October 2011 and June 2012. Sandbanks, approaching the coast, tend to create a sheltered area where vegetation grows (embryonic dune Saint-Maurice and vegetation of salt marshes to Grève des Courses). The use of these accumulations as a rest area for birds is proven. In the future, fattening of the upper beach area could create a breeding ground for many species of birds. In conclusion, we can say that the development of different halophytic vegetation is promoted by the geomorphology of the site. Some species of birds could be favored by this change of environment. For instance, a couple of Little Ringed Plover (*Charadrius dubius*) was observed in July 2012 with a reproductive behavior.*

Key words : Bay of Saint-Brieuc, Geomorphology, Sedimentology, Dynamics, Sandbanks, Spit.

Introduction

Les figures sédimentaires littorales et marines évoluent dans un des milieux les plus mouvants sur terre [11]. Elles évoluent en fonction des processus de mise en place et de leurs positions sur l'estran [20]. L'action des vagues entraîne un transport des sédiments qui modifie la morphologie des fonds. Cette modification de la morphologie influence à son tour l'action des vagues et le transport sédimentaire [10], expliquant la perpétuelle mise en mouvement des formes d'estran. La plus grande mobilité de ces figures est associée à des systèmes meso et macro-tidaux [21], des conditions de vagues intermédiaires et changeantes [26] dans des sédiments fins et moyens [26] [21]. Les termes utilisés pour nommer les figures sédimentaires varient au cours du temps, en fonction des auteurs, ou encore des régions [11], imposant d'être attentif pour éviter les contresens.

L'étude de Kwiecien [18], prévue au plan de gestion 2008-2013 de la Réserve [23] a confirmé les travaux de Bonnot (2002) qui montrent que les sables fins et très fins dominent le fond de baie de Saint-Brieuc [4]. Les baies sont connues pour être des zones favorables aux dépôts sédimentaires, surtout en hiver lorsque les fleuves côtiers sont chargés en particules fines [9].

Les bancs sableux du fond de baie ont été cartographiés par Bouvier (1993) puis par Bonnot (2002). Selon Bonnot [4], ces bancs se déplacent vers le haut de l'estran et alimentent les plages sableuses. Ces travaux ne précisent pas les vitesses de déplacement des bancs sableux. La migration des chenaux, associée aux mouvements de sables, rendent la lecture du profil de fond de baie difficile à interpréter et parfois incohérente [6]. Cette étude a pour objet l'analyse sédimentaire et dynamique de ces figures sédimentaires.

Une flèche littorale s'est progressivement formée à Saint-Maurice entre 2010 et 2011. Elle a été étudiée par le Centre d'études techniques maritimes Et fluviales en 2011 et 2012. Cette flèche littorale, nommée "cordon" [7], a été étudiée, notamment, pour des raisons sanitaires. Un suivi mensuel du déplacement de cette flèche littorale a été initié par la Réserve Naturelle depuis octobre 2011.

Les gestionnaires de la Réserve Naturelle de Saint-Brieuc s'intéressent aux déplacements des bancs car ils constituent une zone de reposoir privilégiée pour l'avifaune. La flèche sableuse de Saint-Maurice constitue une zone préférentielle de dépôts de ressuages d'algues. Elle est également utilisée comme zone de reposoir par les oiseaux

fréquentant la baie. A la problématique sanitaire liée à la décomposition de ces masses d'algues s'ajoute la problématique ornithologique.

En focalisant l'étude sur la flèche de Saint-Maurice et sur les bancs sableux de la Grève des Courses et de Saint-Laurent-de-la-Mer, ce travail tentera de comprendre la dynamique de différentes formes d'accumulation littorales par une analyse cartographique et sédimentologique. Deux méthodes sont mises en place pour répondre à cette problématique :

Premièrement, l'étude sédimentaire des bancs sableux et de la flèche littorale a été menée. Des prélèvements de sédiments et des analyses granulométriques ont été réalisés sur huit bancs sableux et sur la flèche littorale de Saint-Maurice. Deux méthodes ont été utilisées : les analyses granulométriques par tamisage et les coupes de sédiments grâce à des carottiers-boîtes de Reineck [24].

Deuxièmement, les déplacements des bancs et de la flèche ont été étudiés. Pour mesurer les vitesses de déplacements, deux cartographies ont été réalisées, la première par photo-interprétation (campagnes entre 1998 et 2008¹) et la seconde grâce à des levés GPS réalisés aux mois d'avril et de juillet 2012.

1. 1998, 2000, 2003 et 2008

Chapitre 1

La baie de Saint-Brieuc

1.1 Réserve Naturelle Nationale

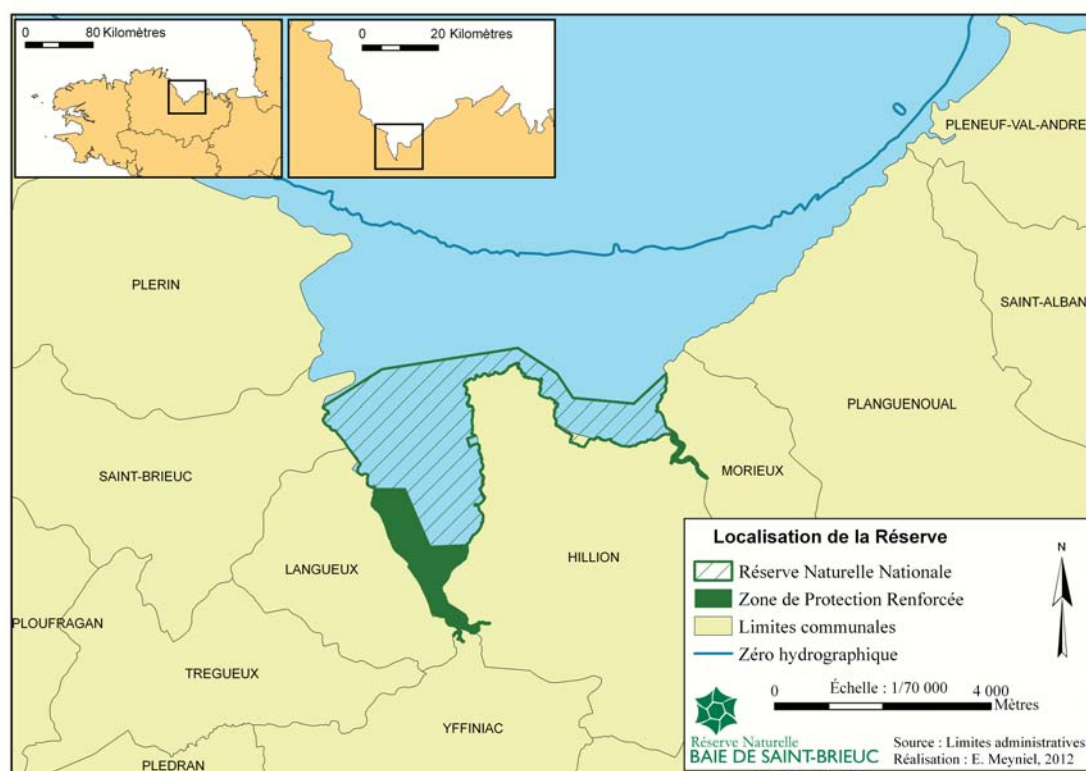


FIGURE 1.1: Localisation de la Réserve Naturelle Nationale de la baie de Saint-Brieuc

Située dans le fond de baie de Saint-Brieuc (Fig. 1.1), elle couvre une superficie de 1140 hectares. Comprenant les anses d'Yffiniac et de Morieux, elle est presque exclusivement située sur le Domaine Public Maritime. Seules les dunes de Bon-Abri (Fig. 1.3), d'une surface de quatre hectares, sont situées sur le domaine terrestre. Une partie de ces

dunes est propriété du département des Côtes d'Armor.

1.1.1 Historique

L'association Vivarmor (anciennement Groupement pour l'Étude et la Protection de la Nature) est à l'origine de la création de la Réserve. Elle est aujourd'hui co-gestionnaire de la Réserve avec la communauté d'agglomération de Saint-Brieuc. Les effectifs d'oiseaux, notamment de limicoles, de laridés et d'anatidés expliquent, pour partie, l'intérêt du site et son classement en Réserve Naturelle Nationale par Décret le 28 avril 1998 (1,60 % de la population mondiale de Bernaches cravants [25] y hiverne en moyenne chaque année).

1.1.2 Missions

La co-gestion Vivarmor - Saint-Brieuc agglomération est assurée par les trois agents permanents de la Réserve : Alain Ponsero, Conservateur, Anthony Sturbois, Chargé de missions scientifiques et Emilie Bouchée, Garde-technicienne. Les missions de la Réserve s'organisent selon trois axes :

La protection : une réserve est un outil juridique qui permet de protéger à l'aide d'une réglementation forte. Les activités sont codifiées sur la Réserve et une zone de protection renforcée (Fig. 1.1), où l'accès est interdit, est définie sur les prés salés de l'anse d'Yffiniac et sur l'estuaire du Gouessant (Fig. 1.3).

La gestion : réalisée grâce à l'élaboration d'un plan de gestion [23], document de programmation. Le plan de gestion, valable cinq ans, définit les objectifs de conservation du patrimoine naturel et les moyens à mettre en oeuvre pour les atteindre. Il fait l'objet d'une évaluation tous les cinq ans, ce qui permet, au besoin, d'adapter les objectifs et la gestion au regard des résultats des suivis.

La sensibilisation : la Réserve organise des sorties "découverte" pour des groupes scolaires plusieurs fois par an. Les agents de la Réserve sensibilisent les visiteurs sur les aspects réglementaires toute l'année.

1.2 Présentation générale de la baie de Saint-Brieuc

La baie de Saint-Brieuc, située sur la côte septentrionale de la Bretagne dans le département des Côtes d'Armor, s'étend de l'archipel de Bréhat à l'Ouest, au Cap Fréhel à l'Est. La superficie de la baie de Saint-Brieuc couvre 800 km² depuis la côte jusqu'à l'isobathe 30 mètres. La côte occidentale est composée de falaises hautes (104 mètres à Plouha), et la façade orientale est composée de falaises jusqu'au Cap Fréhel qui culmine

à 70 mètres. Des plages de galets et des champs de blocs sont présents, notamment au pied des falaises, au nord d'une ligne Saint-Quay Portrieux - Erquy [2]. Des plages de sables grossiers et moyens alternent avec les falaises. Plus au sud, on retrouve des plages à sables moyens et grossiers entre les pointes rocheuses et des sables fins et très fins au niveau des anses de Morieux et Yffiniac. De nombreux fleuves côtiers viennent se jeter dans cette baie, on trouve d'ouest en est : Le Trieux, l'Ic, Le Gouët, l'Urne et le Gouessant. Le Gouët se jette au Légué, l'Urne se jette dans l'anse d'Yffiniac et le Gouessant se jette dans l'anse de Morieux.

1.2.1 Géologie

Les anciennes fractures, plusieurs fois réactivées, expliquent la forme en "V" et le tracé rectiligne des côtes occidentale et orientale de la baie de Saint-Brieuc (Guennoc in [2]). Les anses de Morieux et Yffiniac, présentes en fond de baie, correspondent à des fossés d'effondrement entre des lignes de failles.

Selon Guennoc [2], les sédiments meubles qui remplissent les fossés d'effondrement des anses d'Yffiniac et Morieux ont une épaisseur comprise entre 4 et 8 mètres. La présence d'un estran sableux et des différentes figures sédimentaires à Saint-Laurent, à la Grève des Courses et à Saint-Maurice est liée à cette histoire géologique ancienne.

1.2.2 Description morphologique et sédimentologique

D'après Houlgatte [2], la nature des faciès sédimentaires de l'estran et de la zone infra-littorale de la baie de Saint-Brieuc se compose de champs de bloc, maërl, sables grossiers, etc. Les faciès sédimentaires de l'anse de Morieux et Yffiniac sont, en revanche, très homogènes et les médianes granulométriques sont toutes comprises entre 100 et 150 μm , ce qui définit ces sédiments comme des sables fins et très fins (Tab. 2.1). Seules les parties les plus hautes des plages sont composées de sables plus grossiers [4] où les médianes granulométriques sont supérieures à 160 μm .

On relève la présence de bancs sableux, de barres d'estran, de levées de rives et d'une flèche littorale. Ces figures sédimentaires s'expliquent par la nature des sédiments et les différents agents hydrodynamiques (Fig. 1.2) :

Les bancs sableux sont des accumulations liées aux mouvements des vagues. Les plus hauts sont construits par les vagues les plus fortes et sont, en principe, les plus grands [13]. Ces bancs sableux sont généralement parallèles ou légèrement obliques par rapport au rivage [19] [15], la position de ces bancs et leurs migrations vers la côte résultent de la diminution de l'énergie des vagues [14] [19]. Les bancs sableux de Saint-Laurent (Fig. 1.3) atteignent une hauteur de 0.5 à 1 mètre. Selon Bouvier (1993) la position de ces bancs sur l'estran est éphémère [4]. Ils peuvent atteindre plusieurs centaines de mètres et

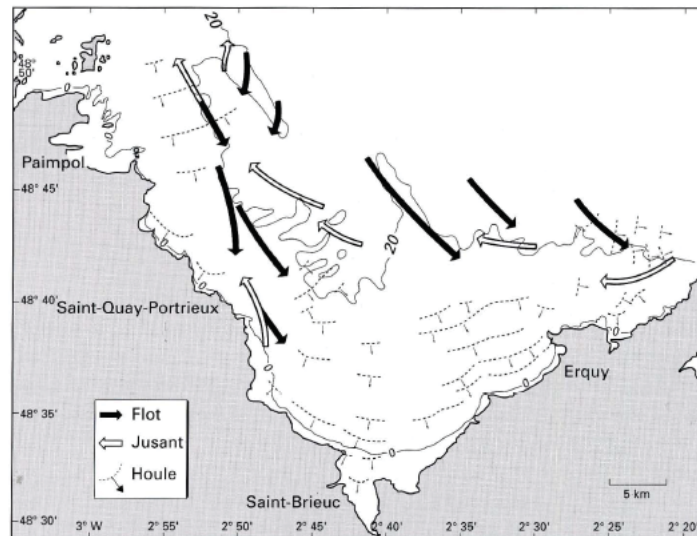


FIGURE 1.2: Schéma de répartition des vecteurs hydrodynamiques responsables du transit sédimentaire en baie de Saint-Brieuc (Atlas thématique de l'environnement marin en baie de Saint-Brieuc[2])

une hauteur de 2 mètres. Les sables fins à moyens sont toujours fortement coquilliers [2]. Les bancs sableux dans la partie nord-ouest de l'anse d'Yffiniac, au lieu-dit de la Grève des Courses (Fig. 1.3) progressent vers le sud-ouest et viennent alimenter les hauts de plage avec du matériel plus grossier (sable fortement coquillier) [4]. Ces bancs atteignent une hauteur supérieure au mètre. Sur les côtes du nord de la France, les sédiments de l'avant-plage peuvent être mobilisés et remontés jusqu'aux plages par les vagues [1].

Les barres d'estrans sont des rides parallèles, ou légèrement obliques, au rivage. Leur présence est conditionnée par le déferlement des vagues et un marnage supérieur au mètre [20]. Les barres migrent et peuvent venir s'adosser à la côte par période d'engraissement ou, au contraire, migrer vers le large en période de démaigrissement. Il existe différents profils de barres¹ selon où elles se trouvent sur l'estran [20]. Le nombre successif de barres diminue à mesure qu'elles se rapprochent de la côte. De même, le profil devient de plus en plus dissymétrique. La durée du *swash* et du *surf* sont les processus qui influencent le plus la morphologie des barres d'estran [17].

Les levées de rives sont des figures sédimentaires créées par les courants de marées qui s'engouffrent puis s'écoulent dans le lit des chenaux tidaux. Ces chenaux, appelés flières en baie de Saint-Brieuc, sont la continuité des fleuves côtiers qui se jettent dans la baie. A basse-mer, les levées de rives sont visibles sur le bord des chenaux, surtout sur les berges concaves. On retrouve ces levées de rives parallèles aux flières du Gouët, de l'Urne et du Gouessant.

1. *Slip-face bar, Low-amplitude ridges et Sand waves*

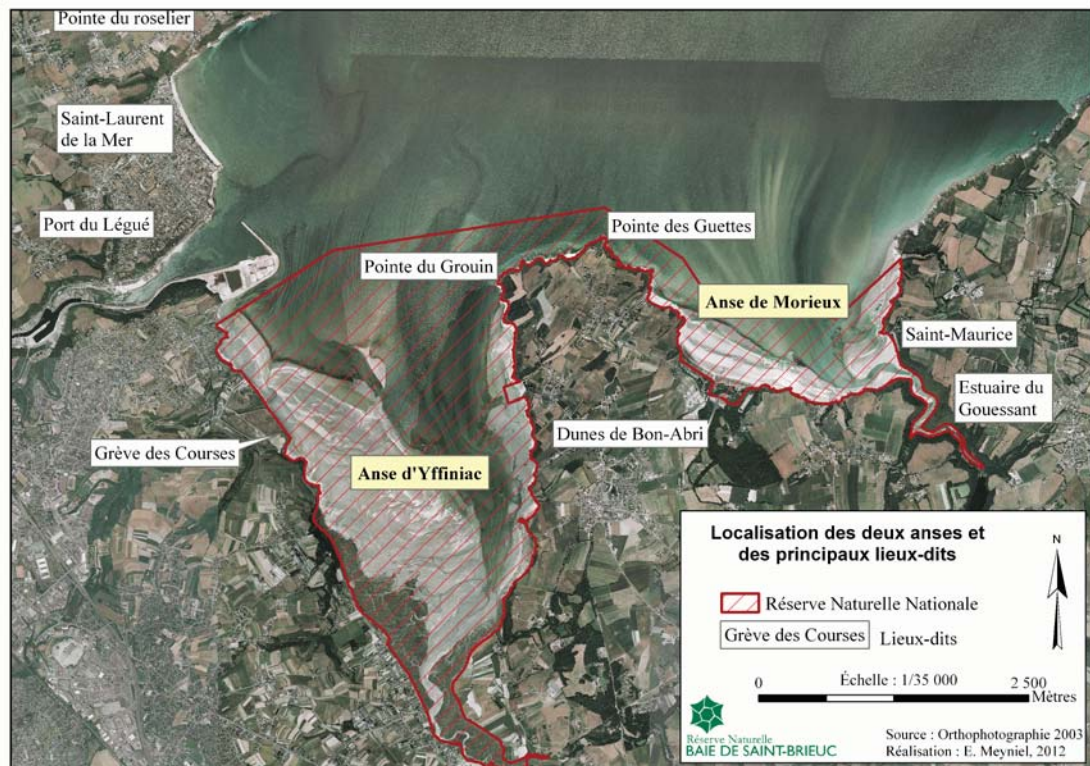


FIGURE 1.3: Principaux lieux-dits du fond de baie de Saint-Brieuc

Les flèches sableuses sont des accumulations de sable apporté par la dérive littorale. Elles sont accrochées à une extrémité et libre à l'autre, on parle de flèche à pointe libre. La flèche de Saint-Maurice a été étudiée par le CETMEF². Il ressort de ce rapport [8] que des tempêtes se sont succédées avant 2010³. Depuis, les vents de Nord restent modérés. La flèche, du fait de sa position Nord-Sud est protégée par une pointe rocheuse. La flèche est toujours alimentée par le transit littoral et l'extrémité de la flèche a tendance à se recourber par l'effet de diffraction des vagues.

2. Centre d'Études Techniques Maritimes et Fluviales

3. 2007, 2008, 2009 et 2010

Chapitre 2

Matériel et Méthodes

2.1 Cartographie des figures sédimentaires

2.1.1 Cartographie par photo interprétation

Neuf campagnes photographiques sont disponibles sur la période 1952 - 2008 ¹. Seule la campagne de 2000, réalisée aux basses-mers de vives-eaux, a pu être utilisée pour cartographier l'ensemble du fond de baie. D'autres orthophotographies ² ont été utilisées pour les bancs assez haut sur l'estran, à la Grève des Courses et à Saint-Laurent. Sur chaque orthophotographie, une cartographie des bancs par photo-interprétation a été réalisée.

2.1.2 Cartographie à l'aide d'un GPS

Le détournage des bancs à l'aide d'un GPS *Garmin LegendHCX* a été réalisé entre mi-avril et début mai. La baie a été préalablement divisée en plusieurs zones de prospection. Chaque zone correspond à une journée de terrain. Les premières phases de terrain ont consisté, après repérage sur photographies aériennes, à cartographier les figures sédimentaires des anses de Morieux et d'Yffiniac. Chaque figure a été détournée en mode tracé du GPS aux heures précédant et suivant les basses-mers, quand celles-ci étaient accessibles. Une seconde cartographie a eu lieu en juillet sur cinq bancs sableux de la Grève des Courses et sur trois bancs de Saint-Laurent de la Mer. La flèche littorale de Saint-Maurice a été cartographiée chaque mois après les marées de vives-eaux.

2.2 Cartographie des chenaux tidaux

De nombreux chenaux tidaux parcourent l'estran de la baie de Saint-Brieuc. La cartographie a été réalisée lors de deux basses-mers de vives-eaux successives. Deux binômes

1. 1952, 1966, 1983, 1989, 1993, 1998, 2000, 2003 & 2008

2. 1998, 2003 & 2008

munis d'un GPS ont réalisé ce travail.

2.3 Prélèvements sédimentaires

Les huit bancs sableux et la flèche littorale de Saint-Maurice (Fig. 2.1), cartographiés à deux reprises en 2012, ont fait l'objet de prélèvements sédimentaires. Les piluliers ont été utilisés pour prélever les premiers centimètres de sédiments. Neuf échantillons sédimentaires ont été prélevés par banc (Fig. 2.2) selon un protocole commun. Les stations ont été localisées par GPS.

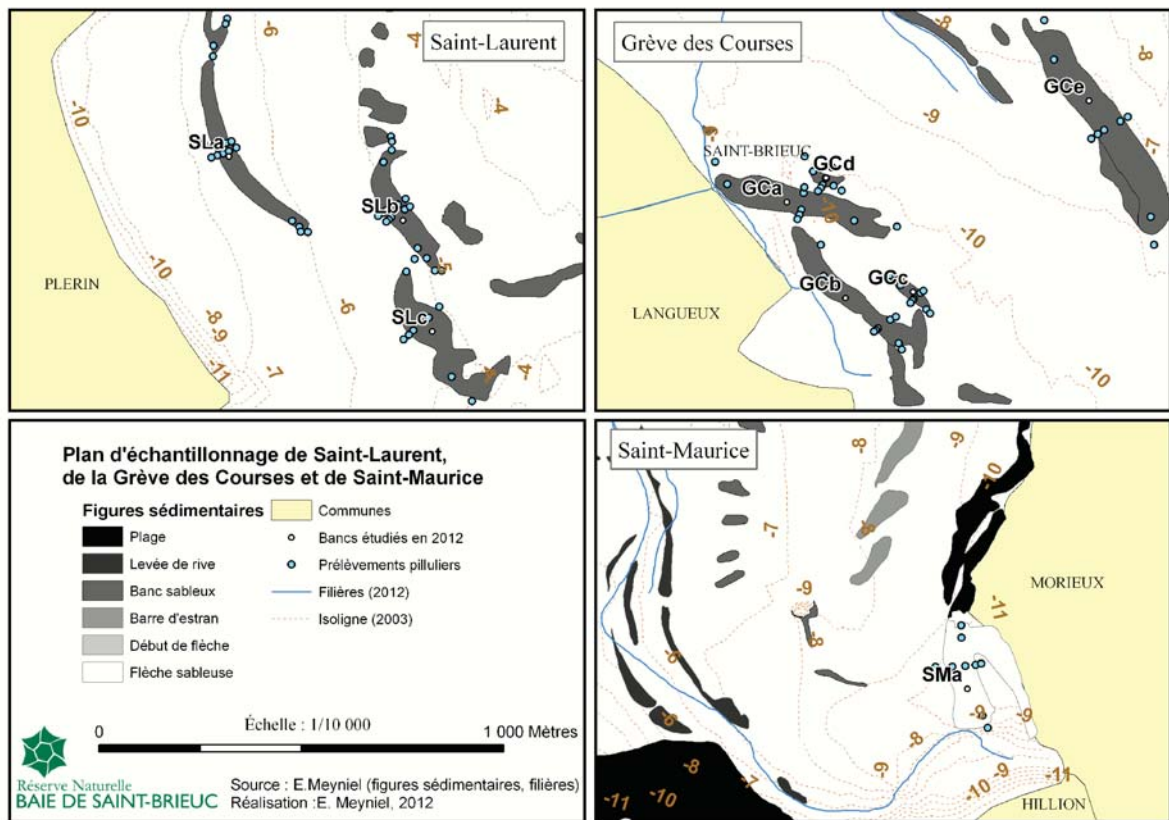


FIGURE 2.1: Plan d'échantillonnage de Saint-Laurent, de la Grève des Courses et de Saint-Maurice

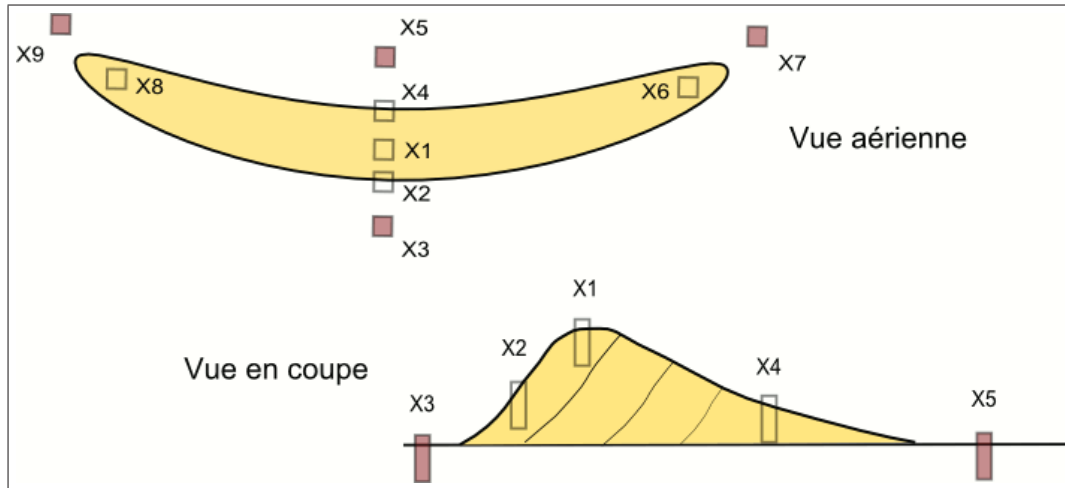


FIGURE 2.2: Protocole de prélèvement des sédiments sur les bancs sableux

2.4 Prélèvements des boîtes de Reineck

Les boîtes de Reineck sont des carottiers-boîtes qui servent à réaliser une carotte des trente premiers centimètres de sédiments. Cette carotte permet d'observer la structuration du sédiment et sa mise en place. Cette méthode descriptive est complémentaire à l'analyse granulométrique (méthode quantitative).

Le banc "GCb" de la Grève des Courses, le banc "SLa" de Saint-Laurent de la Mer et la flèche littorale "SMa" de Saint-Maurice ont été choisis pour les coupes par carottier-boîtes de Reineck. Quatre boîtes ont été prélevées sur chaque banc et sur la flèche littorale (Fig. 2.3). Les stations ont été localisées par GPS.

2.5 Analyse granulométrique des sédiments

Les méthodes utilisées sont celles du tamisage : le tamisage à sec et le tamisage sous eau pour les sédiments les plus fins, d'une granulométrie inférieure à $40 \mu m$ (Tab. 2.2 & 2.1). Les refus de tamis ont été pesés puis les résultats ont été analysés grâce au logiciel R [22] via le package G2Sd [12]. Ce package fournit les statistiques granulométriques d'un sédiment, les mesures retenues pour cette étude sont :

La moyenne géométrique qui a la particularité d'être moins affectée par les valeurs extrêmes que la moyenne arithmétique. La médiane, quant à elle, ne peut être utilisée que dans des sédiments bien triés et unimodaux.

L'asymétrie, par le coefficient de *Skewness*. Lorsque le coefficient est nul ($-0.1 < Sk < 0.1$) la distribution des fractions fines et grossières autour de la moyenne est symé-

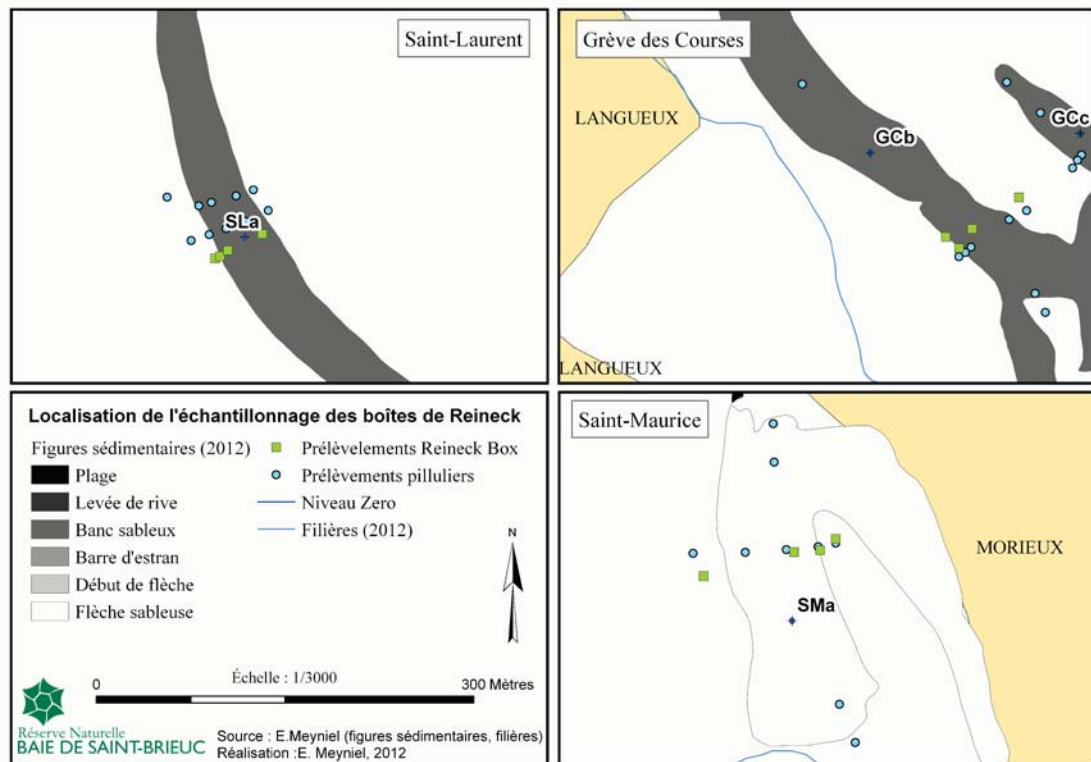


FIGURE 2.3: Plan d'échantillonnage du prélèvement des boîtes de Reineck

trique. Un coefficient positif indique que la fraction grossière est plus importante, donc mieux classée que la fraction fine. La médiane et le mode se situent alors à gauche de la moyenne. C'est l'inverse pour un coefficient négatif.

L'aplatissement, par le coefficient d'acuité de *Kurtosis*. La distribution peut être mesokurtique ($0.90 < K < 1.1$), leptokurtique ($1.11 < K < 1.50$) ou platykurtique ($0.67 < K < 0.90$). Un indice bas indique des valeurs étalées autour de la moyenne, traduit par une courbe aplatie.

Des comparaisons de moyennes sont testées par analyses de variances. Les objectifs sont de déterminer :

- A) Si les moyennes géométriques des grains entre les bancs sont semblables ;
- B) Si les moyennes géométriques des versants sont semblables ;
- C) Si les moyennes géométriques des environnements sédimentaires sont différentes de celles des bancs.

La normalité et l'homoscédasticité sont respectivement testées par les tests de Shapiro et de Bartlett (ou Levene). Lorsque ces conditions sont réunies, le test d'ANOVA est calculé pour comparer les variables granulométriques. Dans le cas contraire, un test de Kruskal-Wallis est calculé.

En termes mathématiques, pour savoir si les moyennes géométriques sont semblables entre les bancs, on émet une hypothèse H_0 où les k moyennes géométriques $M\alpha$ sont identiques entre les bancs. Les tests permettent de vérifier si la fluctuation d'échantillonnage suffit à expliquer les différences entre les moyennes géométriques ou non. Dans ce dernier cas, un test de comparaison multiple ("post-hoc"), comme le test HSD de Tukley (HSD : "honestly significant difference"), est calculé pour déterminer l'échantillon qui contribue à cette différence.

TABLE 2.1: *Définitions granulométriques selon Migniot (non publié)*

Rudites	Blocs	$> 20 \text{ cm}$
	Galets	$2 \text{ à } 20 \text{ cm}$
	Graviers	$> 0.2 \text{ à } 2 \text{ cm}$
Arénites	Sable très grossier	$1 \text{ à } 2 \text{ mm}$
	Sable grossier	$0.5 \text{ à } 1 \text{ mm}$
	Sable moyen	$0.25 \text{ à } 0.5 \text{ mm}$
	Sable fin	$125 \text{ à } 250 \text{ }\mu\text{m}$
	Sable très fin	$63 \text{ à } 125 \text{ }\mu\text{m}$
Lutites ou Pélites	Silts	$4 \text{ à } 63 \text{ }\mu\text{m}$
	Précolloïdes	$0.12 \text{ à } 4 \text{ }\mu\text{m}$
	Colloïdes	$< 0.12 \text{ }\mu\text{m}$

TABLE 2.2: *Définitions granulométriques selon Bonnot-Courtois et Fournier (non publié)*

Taille	Dénomination
$> 20 \text{ mm}$	Galets
$5 \text{ à } 20 \text{ mm}$	Graviers
$2 \text{ à } 5 \text{ mm}$	Granules
$1 \text{ à } 2 \text{ mm}$	Sable grossier
$0.5 \text{ à } 1 \text{ mm}$	Sable moyen
$200 \text{ à } 500 \text{ microns}$	Sable fin
$100 \text{ à } 200 \text{ microns}$	Sablon grossier
$63 \text{ à } 100 \text{ microns}$	Sablon fin
$40 \text{ à } 63 \text{ microns}$	Silt
$2 \text{ à } 40 \text{ microns}$	Vases
$< 2 \text{ microns}$	Argiles

Chapitre 3

Résultats

3.1 Cartographie des figures sédimentaires

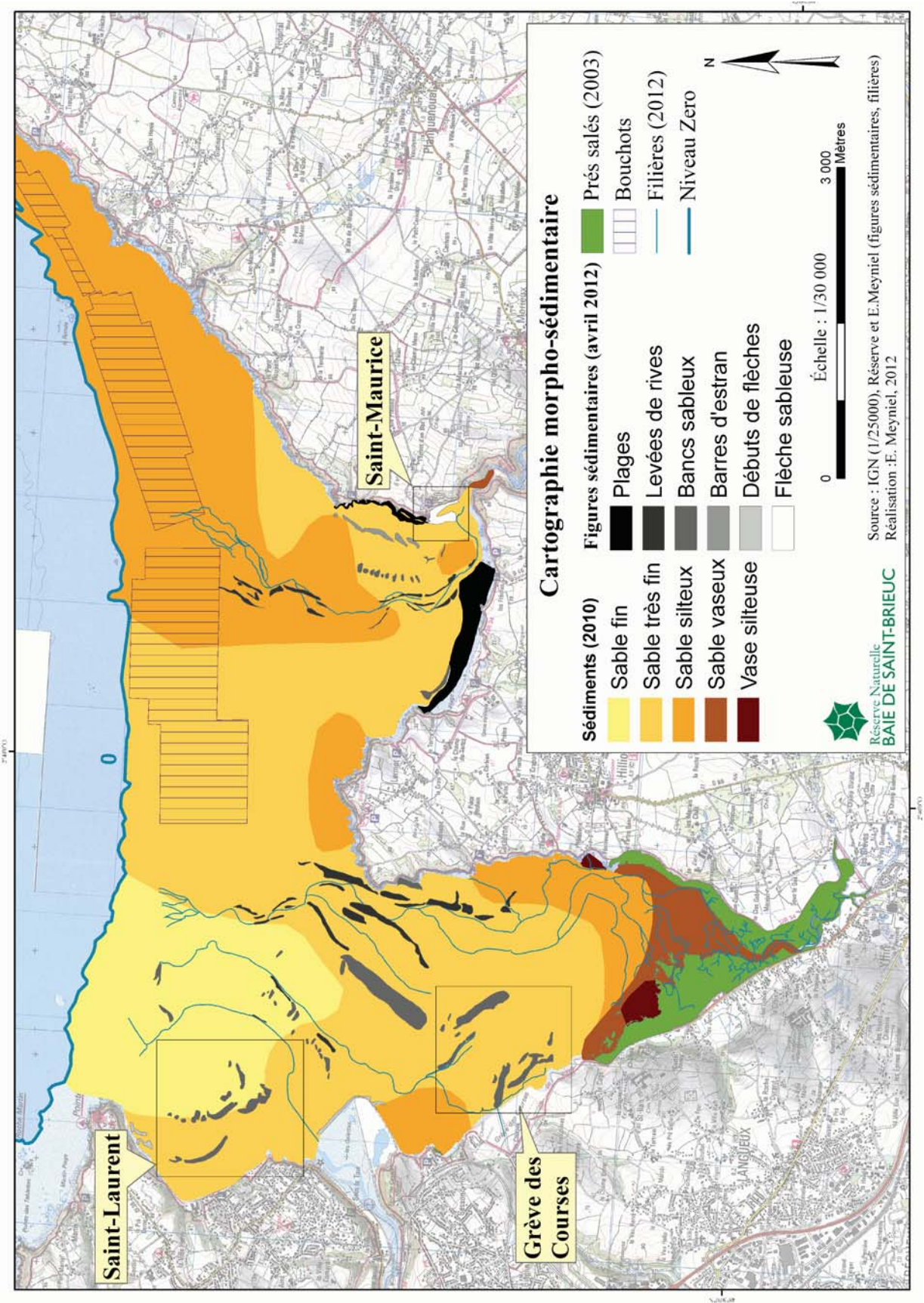


FIGURE 3.1: Carte morpho-sédimentaire du fond de baie de Saint-Brieuc

La présence de bancs sableux à Saint-Laurent et à la Grève des Courses, décrits et cartographiés par Bouvier (1993) puis par Bonnot (2002), est à nouveau observée en 2012 (Fig. 3.1). Des barres d'estran ont également été répertoriées au nord-est de Saint-Maurice. La flèche littorale, formée en 2010 sur le secteur de Saint-Maurice, est également visible sur cette carte. Sa pointe est dirigée vers le sud et sa progression est stoppée par l'estuaire du Gouessant.

De nombreux petits chenaux sont présents dans la zone de prés salés, notamment au niveau de l'Anse d'Yffiniac. Ce chevelu vient se jeter dans le chenal principal, prolongement de l'Urne. Ce chenal, à la manière d'un système fluvial, est composé d'un lit principal qui creuse l'estran dans une zone à méandres. Ce chenal unique se sépare ensuite en plusieurs chenaux, dans un système en tresse, avant de se rejoindre pour ne former à nouveau qu'un. Cette alternance se répète jusqu'à l'embouchure où le chenal se sépare en plusieurs bras à la manière d'un delta (Fig. 3.1). Les autres chenaux principaux, le Gouet (port du Légué) et le Gouessant (anse de Morieux) fonctionnent de manière identique. Ils se différencient de l'Urne par l'absence d'un chevelu en amont, différence qui s'explique par la présence d'un barrage en amont du Gouessant et par le port du Légué en amont du Gouët. Ces deux infrastructures canalisent les écoulements et empêchent la présence d'un système naturel en haut d'estran. Les levées de rives qui longent les chenaux tidaux sont facilement repérables sur la carte.

3.2 Analyses sédimentaires des bancs sableux

3.2.1 Granulométrie

Statistiques granulométriques des bancs sableux de Saint-Laurent de la Mer et de la Grève des Courses sur 55 échantillons sédimentaires (Tab. 3.1) :

Les bancs sableux sont composés de sables fins et moyens (moyennes géométriques : 180 à 372 μm) (Tab. 2.1). L'échantillon 4.2 (moyenne géométrique : 674 μm) est classé dans les sables grossiers. Cette valeur extrême est isolée du reste des moyennes géométriques. Les distributions sont unimodales. Les fractions grossières sont plus importantes, donc mieux classées ($Sk > 0.1$). Tous les échantillons prélevés sont dominés par des classes précises de sédiments, ils sont fortement leptokurtiques ($1.49 < K < 11.25$).

Les granulométries des bancs ne sont pas semblables (Kruskal-Wallis, $p < 0.001$). Malgré cela, les moyennes géométriques des bancs sont relativement homogènes entre 200 et 300 μm (Fig. 3.3 - A). Le test HSD de Tukey (Fig. 3.2) montre que le banc "GCd" explique la différence de granulométrie entre les bancs.

TABLE 3.1: *Statistiques granulométriques des échantillons prélevés sur les bancs sableux*

Bancs	Échantillons	Moyennes géométriques	Coefficient d'asymétrie de Skewness	Coefficient d'acuité de Kurtosis
SLa	1.1	372,22	0,34	1,69
	1.2	359,53	0,33	1,82
	1.4	287,84	2	2
	1.6	306,56	0,67	2,7
	1.8	227,1	1,37	4,7
SLa	11.1	296,53	0,84	2,53
	11.2	284,24	0,66	2,92
	11.4	291,89	0,75	2,32
	11.6	272,36	1,01	3,35
	11.8	352,92	0,4	2,06
SLb	2.1	332,51	0,65	2,25
	2.2	250,36	1,05	3,49
	2.4	266,71	0,95	3
	2.6	269,73	0,9	2,62
	2.8	258,75	1,16	3,06
SLb	10.1	314,91	0,7	2,23
	10.2	239,25	1,09	3,46
	10.4	317,66	0,55	1,85
	10.6	226,91	1,57	4,54
	10.8	247,89	1,08	3,69
SLc	9.1	254,44	1,27	3,87
	9.2	213,22	-0,11	7,13
	9.4	244,93	1,24	3,66
	9.6	244,71	1,25	3,17
	9.8	279,07	0,22	4,34
G Ca	7.1	270,16	1,04	2,74
	7.2	189,35	-0,28	1,49
	7.4	196,38	1,9	6,97
	7.6	204,21	2,06	7,64
	7.8	240,57	1,29	3,35
G Cb	3.1	320,9	0,65	1,91
	3.2	363,98	0,99	3,03
	3.4	248,55	1,24	3,23
	3.6	248,98	1,21	3,04
	3.8	192,26	1,51	7,7
G Cb	4.1	314,91	0,7	2
	4.2	674,69	-0,83	2,38
	4.4	300,02	0,72	1,99
	4.6	270,23	1,07	2,75
	4.8	242,75	1,32	3,42
G Cc	5.1	224,05	1,65	4,83
	5.2	215,63	1,73	5,27
	5.4	201,1	1,98	6,34
	5.6	217,11	1,76	5,3
	5.8	194,35	2,38	6,65
G Cd	6.1	193,23	2,26	8,58
	6.2	183,8	2,28	10,58
	6.4	175,75	2,11	11,25
	6.6	196,83	2,17	7,76
	6.8	183,11	14,38	10,96
G Ce	8.1	302,32	0,82	2,35
	8.2	259,93	1,12	3,2
	8.4	242,86	1,1	3,16
	8.6	191,71	2,36	8,2
	8.8	261,48	1,03	2,68

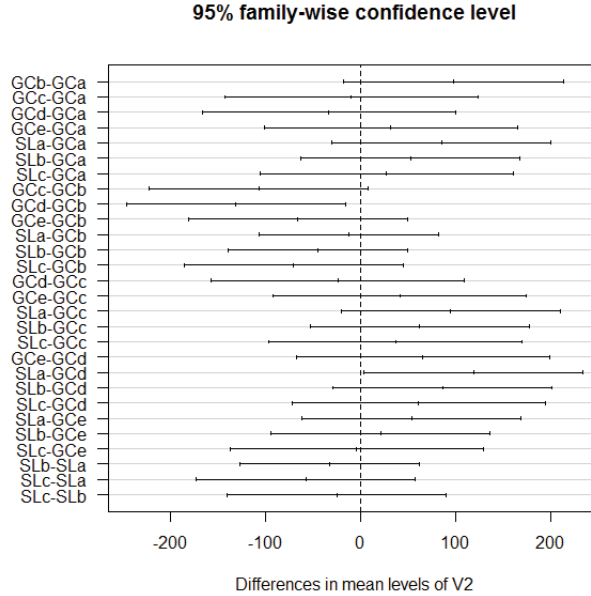


FIGURE 3.2: Comparaison multiple des bancs par la méthode de Tukey

3.2.2 Comparaison des versants internes et externes

Statistiques granulométriques des versants externes et internes sur 22 échantillons sédimentaires (Tab. 3.2) :

Les versants internes sont composés de sables fins, moyens et grossiers (moyennes géométriques : 183 à 674 μm). Les versants externes sont composés de sables fins et moyens (moyennes géométriques : 175 à 317 μm). Les distributions sont unimodales et bimodales (sur les versants externes en particulier). Les fractions grossières sont plus importantes, donc mieux classées que les fractions fines ($Sk > 0$). Trois échantillons prélevés sur des versants internes¹ ont des fractions fines mieux classées que les fractions grossières ($Sk < 0$). Une classe précise de sédiments domine dans chaque échantillon analysé, les sédiments sont fortement leptokurtiques ($1.49 < K < 11.25$)

Les sédiments qui composent les versants internes et externes ne sont pas différents (Kruskal-Wallis, $p - value > 0.05$). Cependant, les versants internes sont moins bien triés et les granulométries des bancs plus dispersées autour de la moyenne (Fig. 3.3 - B).

1. 4.2, 7.2 et 9.2

TABLE 3.2: *Statistiques granulométriques des échantillons prélevés sur les différents versants des bancs sableux*

Bancs	Échantillons	Moyennes géométriques	Coefficient d'asymétrie de Skewness	Coefficient d'acuité de Kurtosis
SLa	1.2	359,53	0,33	1,82
	1.4	287,84	2	2
SLa	11.2	284,24	0,66	2,92
	11.4	291,89	0,75	2,32
SLb	2.2	250,36	1,05	3,49
	2.4	266,71	0,95	3
SLb	10.2	239,25	1,09	3,46
	10.4	317,66	0,55	1,85
SLc	9.2	213,22	-0,11	7,13
	9.4	244,93	1,24	3,66
GCa	7.2	189,35	-0,28	1,49
	7.4	196,38	1,9	6,97
GCb	3.2	363,98	0,99	3,03
	3.4	248,55	1,24	3,23
GCb	4.2	674,69	-0,83	2,38
	4.4	300,02	0,72	1,99
GCC	5.2	215,63	1,73	5,27
	5.4	201,1	1,98	6,34
GCCd	6.2	183,8	2,28	10,58
	6.4	175,75	2,11	11,25
GCCe	8.2	259,93	1,12	3,2
	8.4	242,86	1,1	3,16

3.2.3 Comparaison avec les environnements sédimentaires

On compare ici les sédiments prélevés sur les bancs sableux (Tab. 3.1) aux sédiments des 44 échantillons prélevés sur les environnements sédimentaires proches (Tab. 3.3).

Les bancs sableux sont composés de sables fins et moyens (3.2.1). Les environnements sédimentaires sont composés de sables fins et moyens (moyennes géométriques : 140 à 337 μm). Sur les quarante-quatre échantillons, trois sont composés de sable moyen (moyennes géométriques $>$ à 250 μm). Les fractions grossières sont plus importantes, donc mieux classées que les fractions fines ($Sk > 0$). Sept échantillons ont des fractions fines mieux classées que les fractions grossières ($Sk < 0$). Les sédiments des environnements sédimentaires, encore plus que ceux des bancs sableux, sont fortement leptokurtiques ($1.89 < K < 38.81$).

Les granulométries des bancs et des environnements sédimentaires ne sont pas semblables (Kruskal-Wallis, $p < 0.01$). Les sédiments qui composent les bancs sont plus grossiers et hétérogènes que les sédiments des environnements sédimentaires (Fig. 3.3 - C).

TABLE 3.3: *Statistiques granulométriques des échantillons prélevés dans les environnements sédimentaires*

Bancs	Échantillons	Moyennes géométriques	Coefficient d'asymétrie de Skewness	Coefficient d'acuité de Kurtosis
SLa	1.3	208,81	1,53	4,77
	1.5	173,02	2,2	7,98
	1.7	218,25	1,09	4,32
	1.9	224,87	1,3	4,45
SLa	11.3	185,58	2,15	8,66
	11.5	140,72	0,55	12,25
	11.7	259,86	0,92	3,67
	11.9	139,76	-1,4	15,89
SLb	2.3	337,73	0,29	1,89
	2.5	196,15	1,72	6,18
	2.7	240,72	1,24	3,54
	2.9	174,7	2,09	11,3
SLb	10.3	244,1	0,13	4,55
	10.5	158,97	-0,71	15,77
	10.7	182,88	2,03	9,4
	10.9	214,4	0,45	5,81
SLc	9.3	212,09	-0,02	6,82
	9.5	171,91	1,42	11,91
	9.7	172,83	0,44	14,26
	9.9	193,7	0,58	9,07
G Ca	7.3	152,02	-3,72	39,47
	7.5	156,11	1,88	20,21
	7.7	176,33	2,07	12,46
	7.9	172,58	0,9	13,04
G Cb	3.3	168,06	-0,05	28,92
	3.5	251,84	1,19	3,08
	3.7	185,07	2,53	10,38
	3.9	173,9	0,46	11,96
G Cb	4.3	154,44	-3,25	38,81
	4.5	180,31	2,52	12,05
	4.7	178,35	2,32	13,56
	4.9	151,68	-0,04	18,8
G Cc	5.3	183,51	2,2	11,02
	5.5	171,09	2,68	13,36
	5.7	164,36	2,37	17,82
	5.9	165,75	2,61	16,9
G Cd	6.3	176,42	2,16	13,45
	6.5	151,4	0,78	16,74
	6.7	169,1	2,32	2,34
	6.9	159,41	1,35	18,52
G Ce	8.3	173,84	2,24	11,12
	8.5	183,73	1,72	7,34
	8.7	156,56	2,5	19,58
	8.9	165,78	2,88	14,21

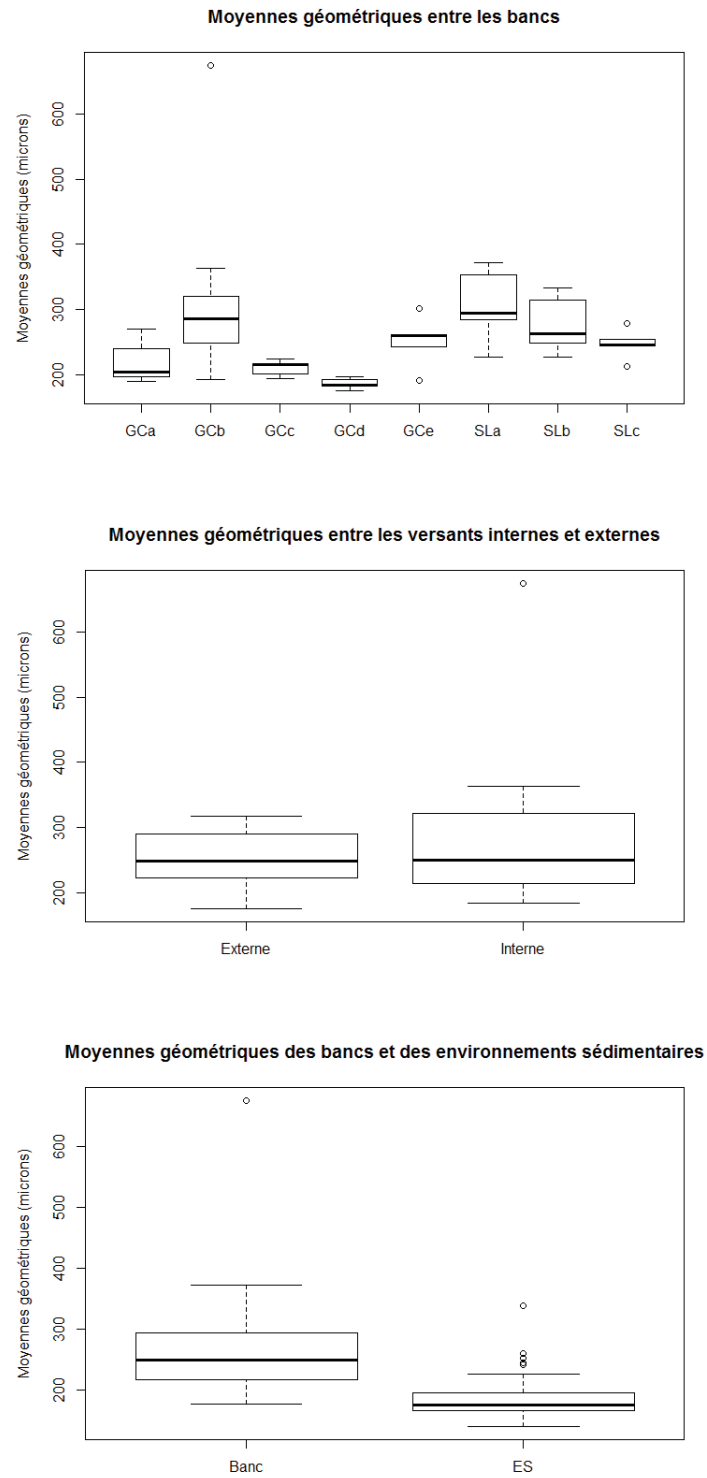


FIGURE 3.3: Comparaison des moyennes géométriques ; Boîtes à moustaches

3.2.4 Lecture des coupes par carottier-boîtes de Reineck

Le banc "GCb" de la Grève des Courses :

Versant interne (Annexe B.1)

Les couches de sable fin (1 et 2) à la base de la carotte correspondent à un enregistrement du faciès sédimentaire d'estran. Les bioclasts et fragments coquilliers grossiers en surface (3) correspondent aux sédiments actuels, en surface du versant interne. Ces bioclasts se sont déposés de manière gravitaire depuis la crête du banc.

Versant interne (2) (Annexe B.4) :

Le sable fin et fortement coquillier (1) enregistre un dépôt lors d'une avalanche de sédiments. Des bioclasts entiers et des fragments coquilliers (2) se sont déposés en surface du sable lors de cette avalanche. Ils ont été recouverts par un nouveau dépôt (3) de gros bioclasts en surface, témoins des derniers dépôts.

Cette carotte (versant interne 2) a été prélevée plus haut sur le versant que la précédente. Cela explique les deux strates de bioclasts entiers contre une seule pour la carotte précédente (versant interne).

Ligne de crête (Annexe B.1) :

Le sable fin (1) à la base de la carotte est recouvert par une strate de fragments coquilliers fins et grossiers (2). Du sable coquillier et parsemé de bioclasts entiers (3) témoigne d'un dépôt important de sable dans un temps bref. Il est recouvert par du sable fortement coquillier avec de nombreux bioclasts entiers (4) sur les cinq premiers centimètres en surface. Cette strate correspond aux derniers dépôts en surface du banc.

Versant externe (Annexe B.2) :

Le sable fin (1) correspond au dépôt le plus ancien. Il s'agit d'un enregistrement du faciès sédimentaire de l'estran. Des sédiments se sont déposés et sont marqués par des lamines planes et continues (2) qui correspondent à des dépôts dans une zone abritée en arrière du banc (ou à des dépôts événementiels comme des dépôts fluviaux après crues). Une couche de sable fin avec des traces de bioturbation (3) s'est déposée progressivement. Elle est utilisée par la faune benthique d'où la trace de bioturbation. Le dépôt de bioclasts (4) correspond à l'enregistrement de la position du versant interne. Ces bioclasts sont déposés de façon régulière, la disposition s'explique par la pression exercée par les dépôts plus récents. Le sable fin en surface (5) est un enregistrement du dernier dépôt sédimentaire qui correspond à un ensablement après le passage du banc.

Banc de Saint-Laurent de la Mer (SLa) :

Estran sableux au Sud du banc (Annexe B.12) :

Le sable fin (1) composé de quelques bioclasts est un enregistrement du faciès sédimentaire d'estran. Les débris coquilliers (2) qui recouvrent ce sable ont été mis en place lors

d'une avalanche sur le versant interne du banc (peut-être la même origine que sur la crête du banc GCb et sur le versant externe du banc Sla). Certains fragments coquilliers ont été emportés au-delà du pied du versant, par étalement. La couche la plus récente, composée de sable fin faiblement coquillier (3), témoigne d'un processus d'ensablement actuel.

Versant interne (Annexe B.11) :

Les dépôts de sable fin et de bioclasts (1) sont des enregistrements du faciès sédimentaire de l'estran avant d'être recouvert par le banc. Un dépôt de sable, riche en bioclasts entiers et débris coquilliers (2), correspond à un ancien niveau du versant interne aujourd'hui recouvert. La strate de fragments coquilliers (4) a la même origine que celle du banc GCb et du versant externe du banc Sla. Les derniers dépôts (5) correspondent aux sédiments qui recouvrent actuellement le versant interne du banc.

Crête du banc GCb (Annexe B.10) :

Le sable fin (1) à la base de la carotte est marqué par des laminations planes et continues qui témoignent de l'action des vagues à la surface. Les vagues forment des rides (*ripples*), généralement symétriques en surface. Ce sable est recouvert par une couche de sable fin avec des bioclasts et des débris coquilliers (2) qui correspond à un dépôt de sédiments sur le versant interne. La strate de sable avec débris coquilliers fins (3) est un enregistrement des derniers dépôts sédimentaires sur la crête du banc.

Versant externe (Annexe B.9) :

Le sable avec bioclasts entiers (1) est un enregistrement du faciès sédimentaire d'estran avant le passage du banc. Il a été recouvert par une strate de débris coquilliers (2), mise en place sur l'estran au sud du banc ou lors de projection de débris lors d'une avalanche. La couche de sable avec bioclasts et débris coquilliers entiers (3) est un enregistrement d'une sédimentation d'estran. Le sable fortement coquillier (4) correspond aux sédiments déposés actuellement à la surface du versant externe.

TABLE 3.4: *Statistiques granulométriques des échantillons prélevés sur la flèche littorale de Saint-Maurice*

Prélèvements	Échantillons	Moyennes géométriques	Coefficients d'asymétrie de Skewness	Coefficients d'acuité de Kurtosis
Flèche	12.1	191,62	1,58	8,14
Versant Ouest	12.2	255	1,29	3,91
Estran Ouest	12.3	184,75	2,82	12,13
Versant Est	12.4	196,2	1,98	9,98
Vasière Ouest	12.5	68,78	-1,04	2,64
Pointe flèche	12.6	261,78	1,05	2,84
Vasière Sud	12.7	67,99	-1,17	3,39
Flèche	12.8	202,4	1,69	8,27
Accroche	12.9	204,21	1,44	7,03
Flèche (Nord)				

3.3 Analyses sédimentaires de la flèche littorale de Saint-Maurice

3.3.1 Granulométrie de la flèche sableuse

La flèche littorale de Saint-Maurice est composée de sable fin (moyennes géométriques : 184 à 255 μm). La distribution est unimodale. Les fractions grossières sont plus importantes, donc mieux classées que les fractions fines ($Sk > 0$). Tous les échantillons prélevés sont dominés par des classes précises de sédiments, ils sont fortement leptokurtiques ($2.84 < K < 8.27$).

L'environnement proche est composé de sable très fin (moyennes géométriques : 68 μm) à l'Est et au Sud. Les deux échantillons concernés ont des fractions fines mieux classées que les fractions grossières ($Sk < 0$). L'estran à l'ouest est composé de sable fin (moyenne géométrique : 184 μm). Tous les échantillons prélevés sont dominés par des classes précises de sédiments, ils sont fortement leptokurtique ($2.64 < K < 12.13$).

3.3.2 Lecture des coupes par carottier-boîte de Reineck

Vasière (Annexe B.8) :

1- Ces sables fins témoignent du dépôt sédimentaire sur la plage de Saint-Maurice avant l'apparition de la flèche. Une couche de sables vaseux (2) a été mise en place depuis la formation de la flèche.

Versant est de la flèche (Annexe B.6) :

1- Couche de sable avec quelques débris coquilliers.

Flèche (Annexe B.5) :

1- Couche de sable avec quelques débris coquilliers.

Estran à l'ouest de la flèche (Annexe B.7) :

1- On observe une superposition de lamines continues obliques et de nombreux débris coquilliers dans la carotte prélevée. Cette stratification est dite en arête de poisson (*herringbone crossbedding*).

3.4 Dynamique des bancs sableux

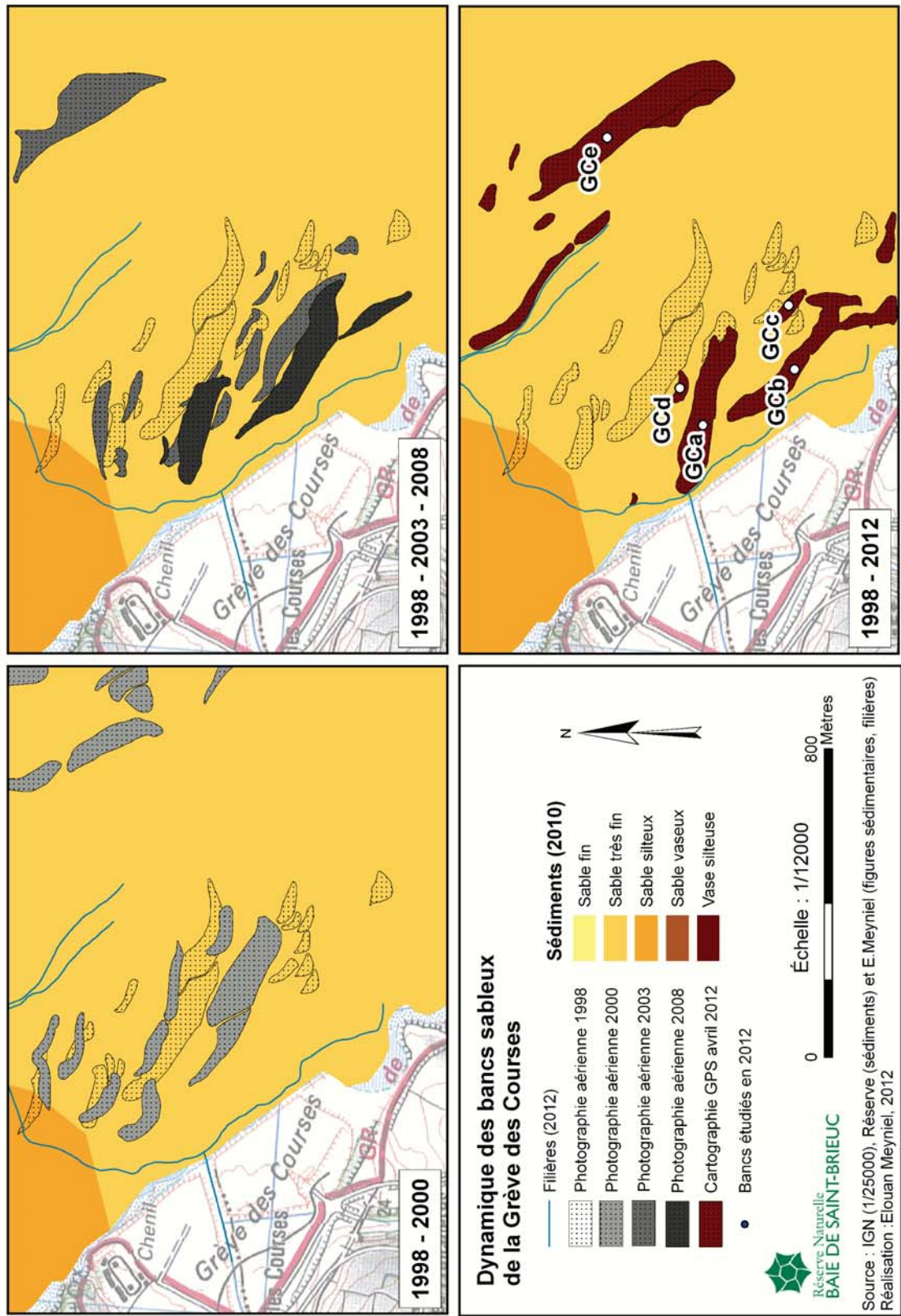


FIGURE 3.4: Cartographie dynamique des bancs sableux ; Grève des Courses

LES BANCS DE HAUT D'ESTRAN "GCa" ET "GCB" (GRÈVE DES COURSES) :

Ces bancs ont un relief marqué avec des hauteurs supérieures au mètre entre la ligne de crête et le pied du versant. Les longueurs des bancs "GCa" et "GCB" sont, respectivement, de 440 et 430 mètres. Les largeurs sont de 55 et 33 mètres. Les versants externes sont orientés nord et nord-est et leurs pentes sont faibles. Les versants internes sont orientés sud et sud-ouest et les pentes sont fortes. Le sédiment est composé de sables fins et moyens (3.2.1), fortement coquilliers sur les premiers centimètres (coques (*Cerastoderma sp.*), bucardes (*Acanthocardia echinata*) etc).

L'étude des photographies entre 1998 et 2012 montre que la zone de présence des bancs s'est déplacée de plusieurs centaines de mètres vers le sud-ouest. Il est difficile de repérer le même banc entre deux photographies. Entre ces bancs et la côte, une zone abritée s'est formée entre 2000 et 2012.

Entre les mois d'avril et juillet 2012, le banc "GCa" s'est déplacé de 9 mètres vers le sud-ouest (Fig. 3.5) et le banc "GCB" de 4 mètres dans la même direction. Ces informations confirment le déplacement rapide (plusieurs dizaines de mètres par an) vers la côte.

La végétation était absente sur les photographies de 2000 et 2003. La première photographie qui montre un début de végétalisation date de 2008. En 2012, la végétation est développée sur presque l'ensemble de la zone abritée. Les espèces présentes sont celles caractéristiques de la haute-slikke : Spartines (*Spartina sp.*), Statice (*Limonium sp.*), Salicornes annuelles et vivaces (*Salicornia sp.* et *Sarcocornia perennis*), Soudes (*Suaeda maritima*), etc. Une filière passe dans la zone lagunaire formée en arrière de ces bancs, l'eau s'écoule vers le nord et rejoint un fleuve côtier sur la partie ouest du banc "GCa".

LES PETITS BANCS SABLEUX "GCC" ET "GCD" :

Ces bancs sont composés de sables fins à moyens, moins coquilliers que les précédents. Ils sont également beaucoup plus aplanis que les premiers, et la hauteur entre la ligne de crête et le pied du versant est de un demi-mètre environ. La longueur de ces deux bancs est respectivement de 140 et 77 mètres et leurs largeurs de 33 et 28 mètres. Les versants internes sont orientés respectivement sud-ouest et sud-sud-ouest.

Entre les mois d'avril et juillet 2012, ils se sont déplacés de 8 mètres chacun, le banc "GCC" vers le sud-ouest et le banc "GCD" vers le sud-sud-ouest (Fig. 3.5). Leurs vitesses de déplacement sont comparables à celles des bancs "GCa" et "GCB" qui les précèdent.

LE BANC DE MOYEN ESTRAN "GCE" :

Ce banc est composé, comme les autres, de sables fins et moyens. Le sédiment est mal trié, notamment sur le versant interne. Ce banc atteint une hauteur proche du mètre entre la crête et le pied du versant. Sa longueur maximale est de 616 mètres et sa largeur

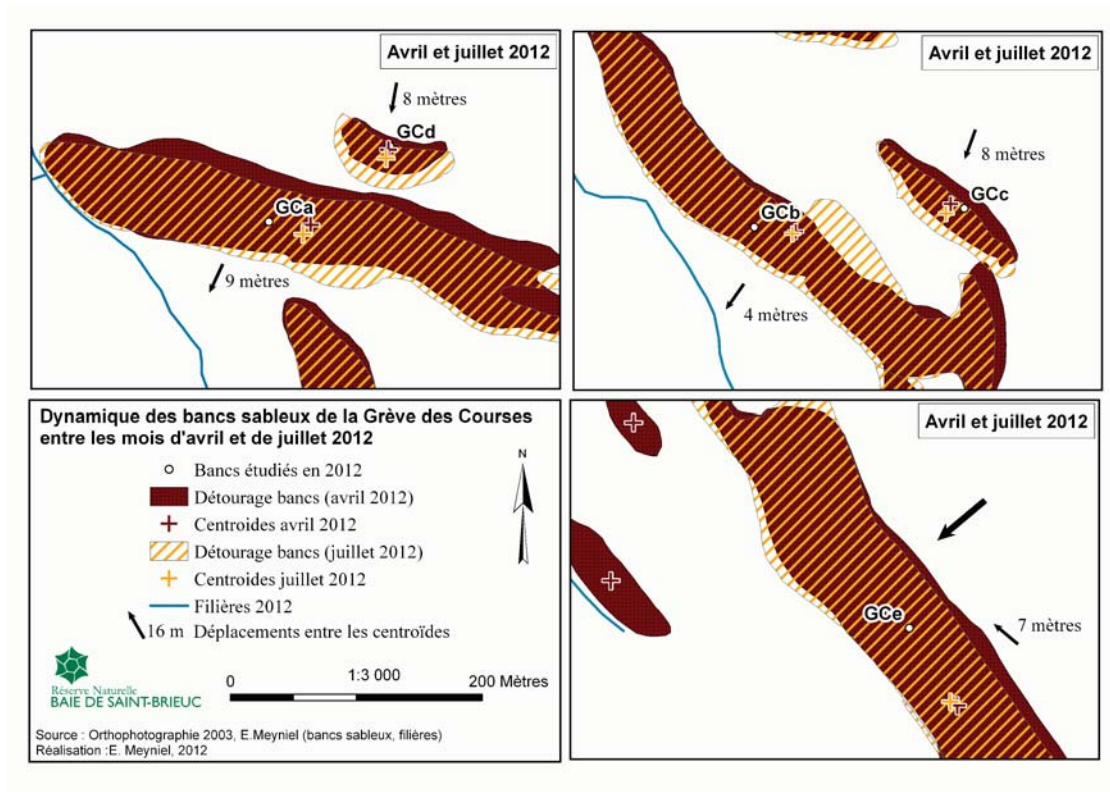


FIGURE 3.5: Cartographie dynamique des bancs sableux entre avril et juillet 2012 ; Grève des Courses

de 79 mètres.

Entre 2003 et 2012, ce banc s'est déplacé de 150 mètres vers le sud-ouest à une vitesse moyenne de 16 mètres par an (Fig. 3.4).

Entre les mois d'avril et juillet 2012, il s'est déplacé de 7 mètres vers le nord-ouest (Fig. 3.5). On voit sur la carte une avancée vers le sud-ouest au nord du banc.

LES BANCS SABLEUX "SLA", "SLB" ET "SLC" (SAINT-LAURENT DE LA MER) :

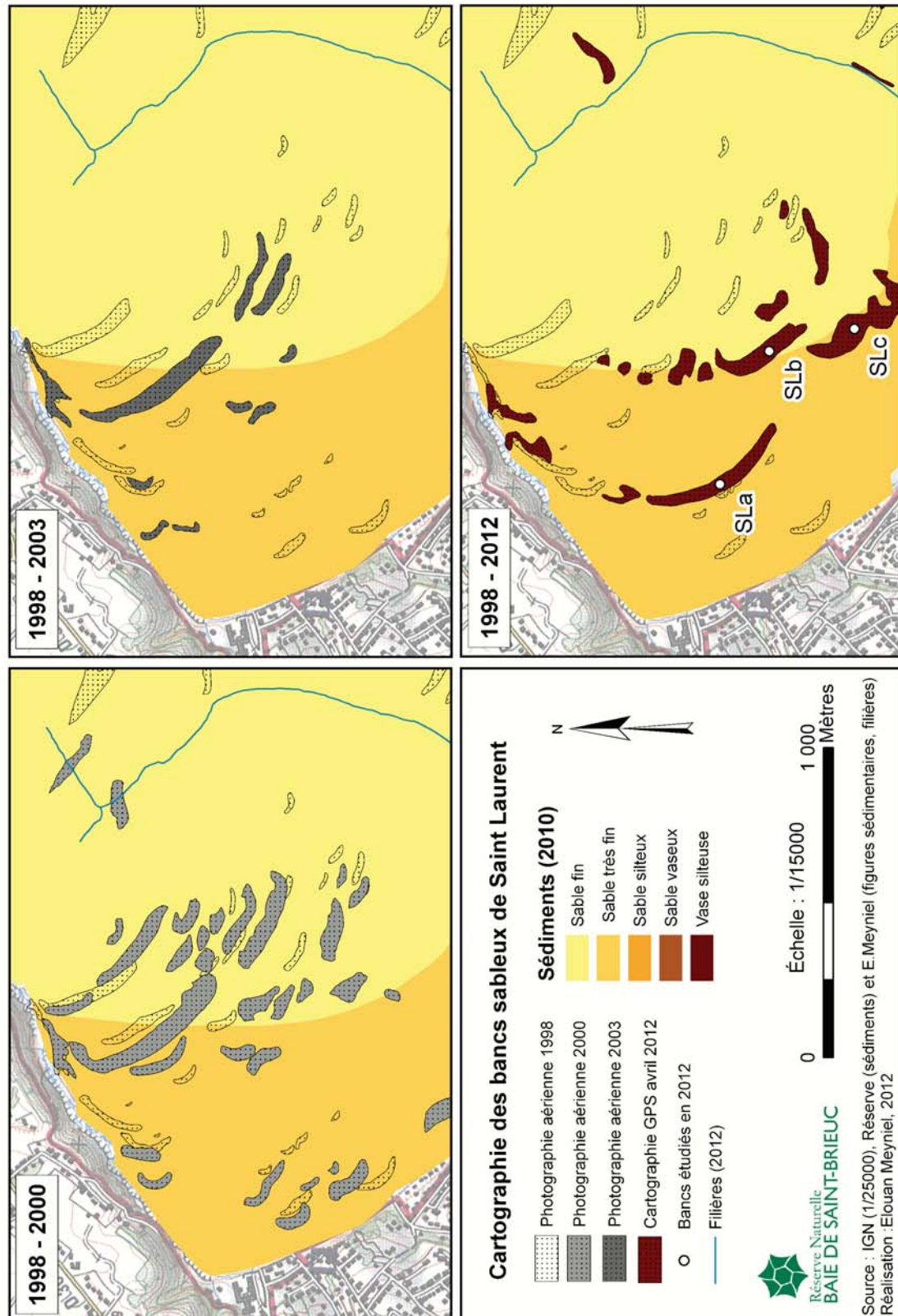


FIGURE 3.6: Cartographie dynamique des bancs sableux ; Saint-Laurent de la Mer

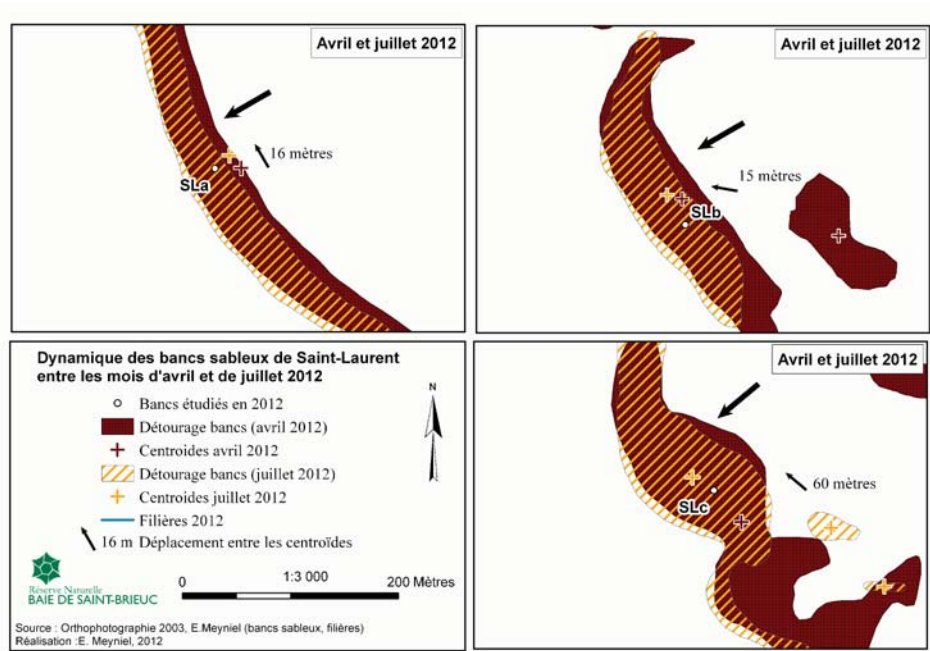


FIGURE 3.7: Cartographie dynamique des bancs sableux entre avril et juillet 2012 ; Saint-Laurent de la Mer

La hauteur du banc "SLa" est supérieure à un demi-mètre pour une longueur de 470 mètres. Ce banc se distingue des deux autres par une pente marquée sur le versant interne. Ce banc est composé de sables fins et moyens et des fragments coquilliers sont surtout présents au pied du versant interne (au sud-ouest, vers la plage) et dans une moindre mesure au pied du versant externe. Contrairement aux bancs de la Grève des Courses, il n'est pas recouvert de débris coquilliers sur les premiers centimètres du versant interne. C'est le seul banc que l'on peut suivre sur les cartographies de 1998 à 2012. Le banc "SLa" se déplace vers le sud-ouest et a parcouru 800 mètres entre 1998 et 2012, soit une vitesse moyenne de 53 mètres par an.

Entre les mois d'avril et juillet 2012, il s'est déplacé de 16 mètres vers le nord-ouest. On observe également un déplacement vers le sud-ouest sur les cartographies (Fig. 3.7).

Les bancs "SLb" et "SLc" ne peuvent pas être suivis entre les différentes campagnes photographiques. On ne peut pas reconnaître ces figures d'une photographie à l'autre. Ces bancs ont une hauteur inférieure à 0.5 mètre entre le pied du versant et la ligne de crête. Ils ont, respectivement, des longueurs de 315 et 374 mètres pour des largeurs comprises entre 64 et 89 mètres.

Entre avril et juillet 2012, le banc "SLb" s'est déplacé de 15 mètres vers l'ouest nord-ouest. Le banc "SLc" s'est lui déplacé de 60 mètres vers le nord-ouest.

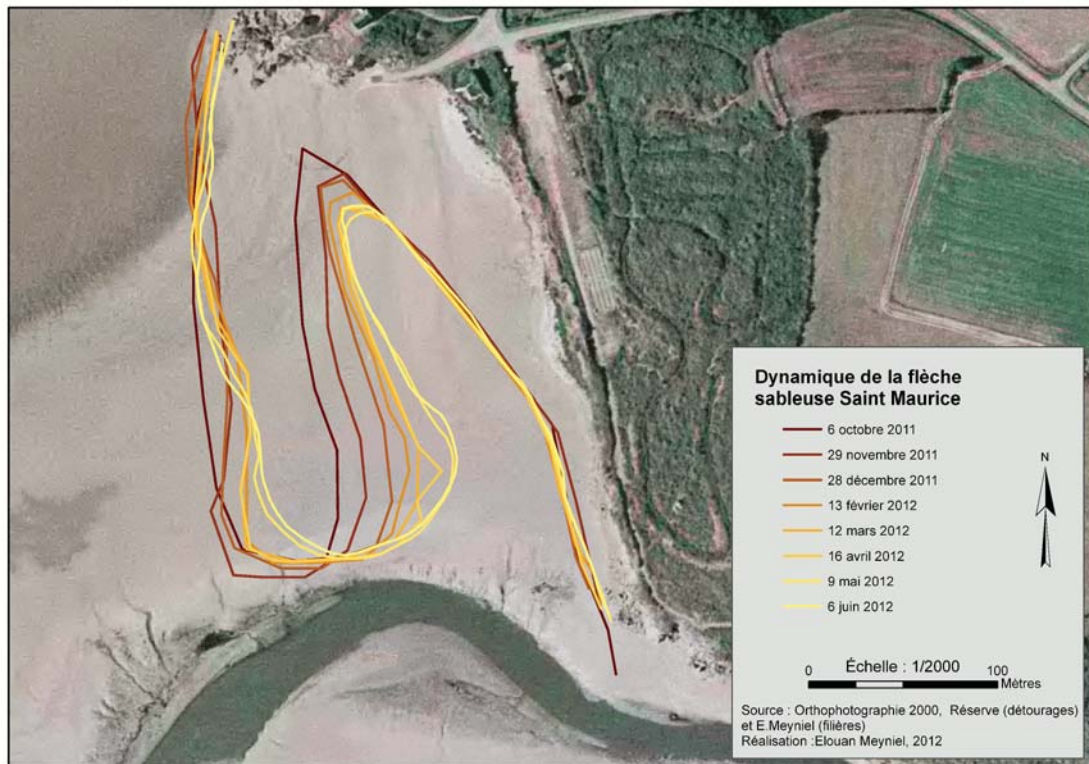


FIGURE 3.8: Cartographie dynamique de la flèche sableuse ; Saint-Maurice

3.5 Dynamique de la flèche littorale de Saint-Maurice

La cartographie mensuelle de la flèche de Saint-Maurice a débuté en octobre 2011, sa longueur est de 261 mètres et sa largeur atteint 65 mètres à cette période. Sa largeur est comprise entre 75 et 105 mètres en juin 2012 (Fig. 3.9). Sur cette période de huit mois, elle s'est déplacée de 60 mètres vers l'est (en direction de la plage de Saint-Maurice). Elle s'approche de la plage en comblant progressivement la zone abritée qui les sépare.

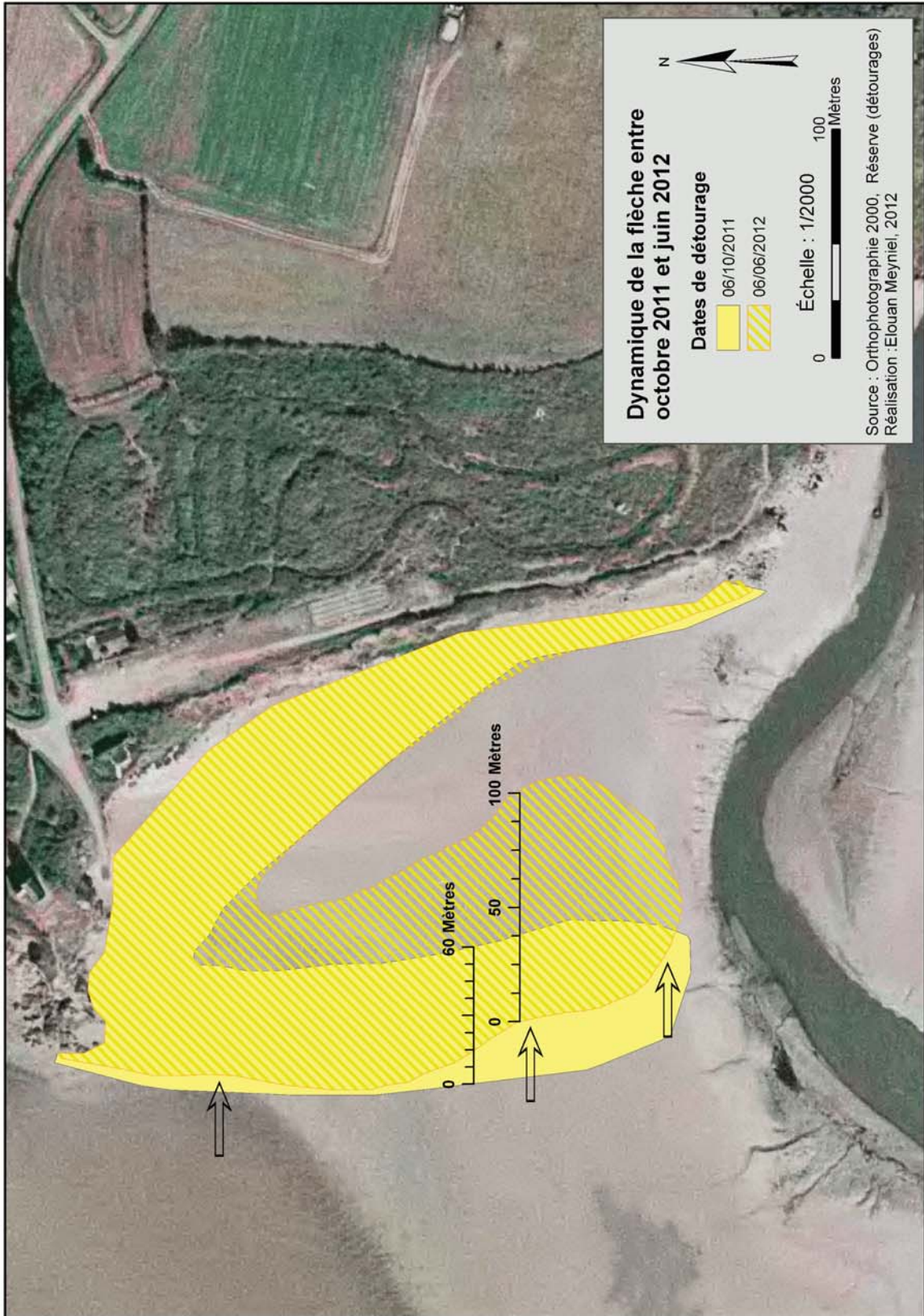


FIGURE 3.9: Évolution de la flèche entre octobre 2011 et juin 2012; Saint-Maurice

Chapitre 4

Discussion

Cette étude a permis, en premier lieu, d'actualiser la cartographie des bancs sableux, des barres d'estran, des levées de rives et de la flèche littorale de Saint-Maurice. Les chenaux tidaux, qui influencent directement ou indirectement la présence de ces figures sédimentaires, ont également été cartographiés.

Les bancs sableux sont composés de sables fins et moyens. Les versants internes, ceux qui avancent sur l'estran, ont une pente forte et sont composés de sédiments plus grossiers, fortement coquilliers en surface. Le passage de ces bancs est marqué par la présence de cette couche bioclastique, visible sur les carottes en arrière du banc (versant externe et estran). La granulométrie du matériel sédimentaire à proximité des bancs est caractérisée par un sédiment fin, mieux trié que sur les bancs. La flèche sableuse de Saint-Maurice est composée de sable fin et bien trié. Les effets de la construction de cette flèche sont visibles sur la zone abritée qui la sépare de la plage. Une couche de sable très fin (moyenne géométrique = $68\mu m$) s'est progressivement déposée sur une épaisseur de 16 cm (Annexe B.8).

Les bancs sableux se déplacent vers la côte à des vitesses différentes selon le site et la hauteur sur l'estran. Les bancs sableux de Saint-Laurent se sont déplacés de 15, 16 et 60 mètres entre les mois d'avril et de juillet. Ceux de la Grève des Courses se sont déplacés vers le sud-ouest et ont parcouru entre 4 et 9¹ mètres sur la même période. Les bancs se rapprochent donc de la côte à des vitesses différentes, les bancs de Saint-Laurent sont situés à des niveaux hypsométriques plus faibles que les bancs de la Grève des Courses (Fig. 2.1). L'action des vagues, lors des périodes d'immersions, est donc plus longue et répétée à Saint-Laurent de la Mer. Le seul banc que l'on peut suivre sur les photographies aériennes (banc "SLa"), a parcouru 800 mètres vers le sud-ouest entre 1998 et 2012, s'approchant de la côte à une vitesse moyenne de 53 mètres par an.

La flèche littorale de Saint-Maurice s'est déplacée de 60 mètres entre les mois d'octobre 2011 et juin 2012. Elle se déplace vers la plage de Saint-Maurice à une vitesse

1. 4, 7, 8, 8 et 9 mètres

moyenne de 7.50 mètres par mois.

Le nombre de prélèvements sédimentaires (108) ne pouvait pas être augmenté en raison de la durée de l'étude. Le temps a été insuffisant pour répliquer les prélèvements sur tous les bancs, seuls les bancs de Saint-Laurent (SLa) et de la Grève des Courses (GCb) ont été dupliqués. Les valeurs granulométriques observées à deux reprises sur ces bancs sont différentes mais proches. Les statistiques granulométriques des prélèvements effectués sur les versants internes, composés de sédiments mal triés, peuvent varier. Cependant, les valeurs observées sont cohérentes, seul un échantillon semble avoir des valeurs aberrantes (4.2) mais il s'agit de sédiments coquilliers, donc aux granulométries fortement variables. Concernant les analyses sédimentologiques, il serait intéressant d'étudier la calcimétrie, ce qui permettrait d'approfondir l'analyse.

L'utilisation d'un GPS, précis à trois mètres, est suffisant à l'échelle du fond de baie pour des cartographies à grande échelle. Il devient limité pour calculer des déplacements sur des petites distances ou pour cartographier précisément les contours des figures sédimentaires. Pour le suivi du déplacement de certaines figures et pour établir leurs profils, un GPS différentiel aurait été un plus.

Le calcul du déplacement des bancs par la méthode des "centroïdes" (point médian d'un polygone) est critiquable. Si le détournage au pied du versant interne, qui forme une limite nette avec l'estran, est fiable, celui du versant interne est parfois sujet à interprétation. Pour le suivi à long terme du déplacement des bancs, le suivi du déplacement du pied de versant interne est plus fiable et précis. La limite de cette méthode est qu'elle exclu le calcul des surfaces.

Le déplacement des bancs sableux vers l'estran s'accompagne de l'augmentation de la pente du versant interne (face à la côte). Plusieurs études expliquent ce phénomène de dissymétrie lié à la diminution de l'énergie des agents de transports [16] [20]. Les bioclasts sont alors transportés préférentiellement et chutent de manière gravitaire depuis la crête vers le versant abrité. Il est possible que les bancs sableux s'adosent aux plages et criques. Ce phénomène a été décrit par plusieurs auteurs [4] [1]. Les bancs de la Grève des Courses, en formant une zone abritée près de la côte, ont favorisé la végétalisation des hauts de plages. La végétation halophile, composée de *Salicornes* annuelles et vivaces (*Salicornia sp.* et *Sarcocornia perennis*) et de Soudes (*Suaeda maritima*), peut poursuivre son développement pour rejoindre les prés salés au Nord-Ouest d'Yffiniac. Les travaux menés sur la Réserve montrent une extension des prés salés au nord-ouest d'Yffiniac, ils confortent cette hypothèse. Les bancs de la Grève des Courses, en continuant à migrer vers la côte, seront de moins en moins remaniés par les vagues. Une crique en arc de cercle pourrait se fermer et favoriser la création d'une zone lagunaire en arrière. Si les conditions météorologiques favorisent un engraissement sur plusieurs années, il est possible qu'une végétation se développe sur ces bancs. Ces bancs végétalisés existent dans la baie du Mont Saint-Michel [5]. Au contraire, et c'est plus probable, la moindre tempête associée à une pleine mer de vive-eau entraînerait un aplatissement de

ces bancs [21] et un étalement des sédiments qui couvrirait la végétation de vasière en place.

La distance qui sépare la flèche et la plage est de 50 mètres. Si le déplacement se poursuit à la vitesse actuelle, la flèche pourrait s'adosser à la plage et l'engraisser en six ou sept mois, courant janvier ou février 2013. Plusieurs hypothèses sont envisageables :

La première serait une évolution progressive vers le haut de plage, à l'est, jusqu'à l'atteindre et l'engraisser. Une végétation de laisse de mer [3] est formée en haut plage à Saint-Maurice. Elle est composée, entre autres, de cakilliers (*Cakile maritima*), de matricaires (*Matricaria maritima*), de soudes (*Salsola sp.*), de bettes (*Beta vulgaris*) et d'arroches (*Atriplex sp.*). Si l'engraissement se confirme, la végétation pourrait poursuivre son développement et entraîner, à terme, la formation progressive d'une dune mobile [3]. Dans ce sens, du chiendent (*Elymus farctus*) s'est également développé, attestant d'une certaine stabilité. La banque de graine disponible sur le site de Bon Abri pourrait accélérer le phénomène.

La seconde hypothèse envisageable serait la destruction de cette accumulation sableuse lors d'une période de démaigrissement forte. Une tempête de nord-ouest associée à une pleine mer entraînerait une disparition ou un fort démaigrissement sur cette portion de côte exposée. Les sédiments seraient alors chassés et déposés sur l'estran à l'ouest de la flèche. La progression vers le sud est bloquée par l'estuaire du Gouessant.

Chapitre 5

Conclusion

L'étude s'est concentrée sur les analyses sédimentaires et le déplacement des bancs sableux de Saint-Laurent de la Mer et de la Grève des Courses et sur la flèche de Saint-Maurice. Ce travail est un outil supplémentaire dans la compréhension du site en termes morpho-sédimentaires. Le détournage mensuel de la flèche de Saint-Maurice doit être poursuivi. La dynamique des bancs pourra être suivie dans les années à venir, le projet de port toujours en eau au Légué, si il est mené à terme, aura forcément des conséquences sur la dynamique sédimentaire. Une cartographie des bancs de manière annuelle, ou ponctuellement après un coup de vent, est à envisager sur les bancs du haut d'estran à la Grève des Courses. Ces bancs favorisent le développement d'une végétation. Au mois de juillet, les observations d'un couple de petit gravelot (*Charadrius dubius*) au comportement reproducteur est également à suivre sur ces bancs. La stabilisation en haut d'estran pourrait favoriser ce genre de comportement et offrir un deuxième site de reproduction dans la Réserve pour cette espèce.

Bibliographie

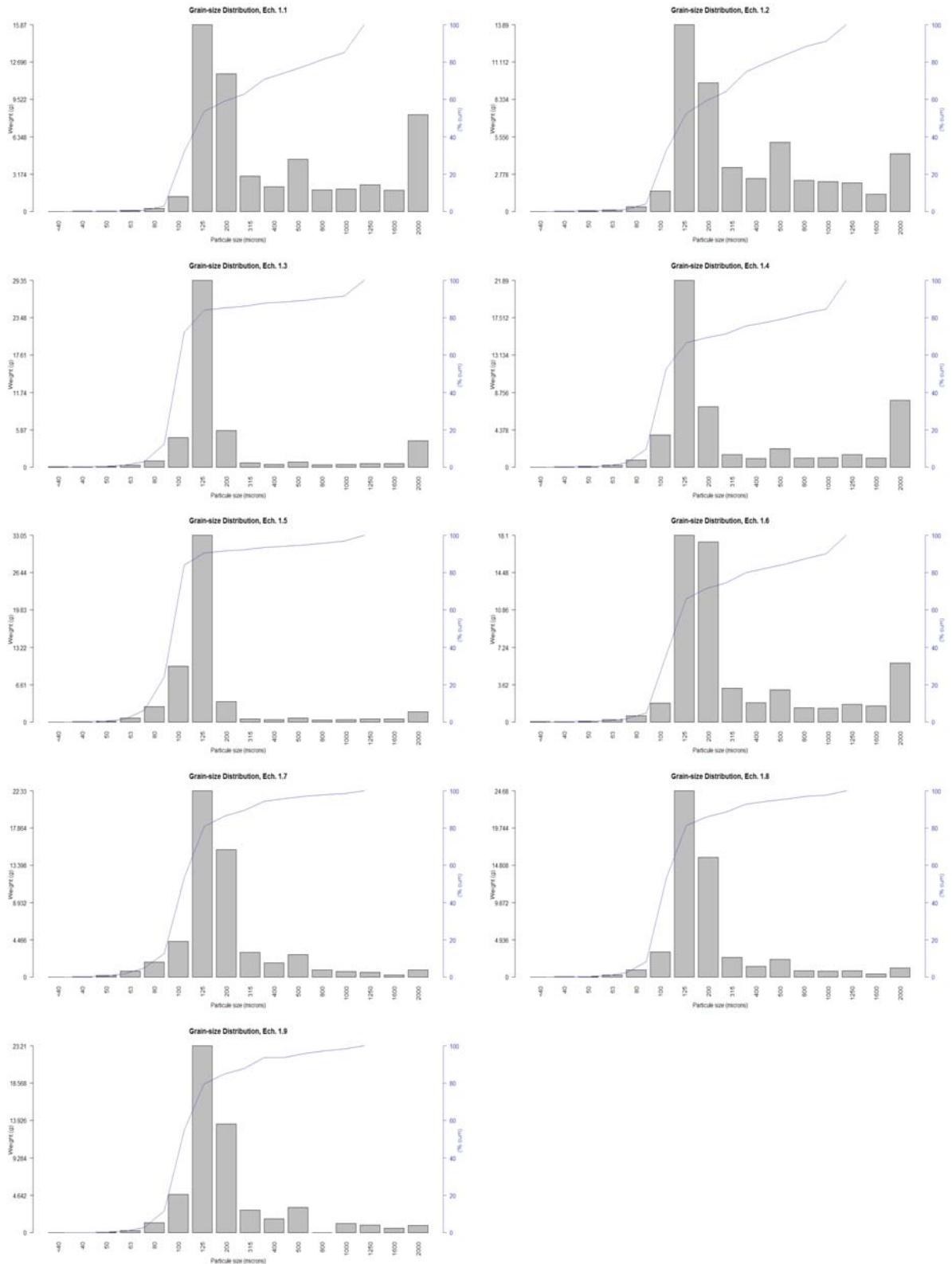
- [1] E.J. Anthony, S. Vanhee, and M.H. Ruz. Short-term beach–dune sand budgets on the north sea coast of France : Sand supply from shoreface to dunes, and the role of wind and fetch. *Geomorphology*, 81(3) :316–329, 2006.
- [2] C. Augris, D. Hamon, J.P. Mazé, C. Bonnot-Courtois, P. Garreau, P. Guénnoc, A. Guénolé, and E. Houlgatte. Atlas thématique de l’environnement marin en baie de Saint-Brieuc (Côtes-d’Armor). *Éditions IFREMER*, page 76, 1996.
- [3] Roland J. & Lacoste J.-P. (coord.) Bensettiti F., Bioret F. « *Cahiers d’habitats* » *Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d’intérêt communautaire. Tome 2 - Habitats côtiers*. MEDD/MAAPAR/MNHN., 2004.
- [4] C. Bonnot-Courtois and A. Dreau. Cartographie morphosédimentaire de l’estran en baie de Saint-Brieuc. anse d’Yffiniac et de Morieux. *Laboratoire de Géomorphologie et Environnement littoral, Association R.I.V.A.G.E.S.*, page 25, 2002.
- [5] C. Bonnot-Courtois, J. Fournier, and A. Dréau. Recent morphodynamics of shell banks in the western part of the Bay of Mont-Saint-Michel (France). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 10(1) :65–79, 2004.
- [6] C. Bousquet-Bressolier and C. Bonnot-Courtois. Géomorphologie et vulnérabilité des rivages de la baie de Saint-Brieuc. *Norvis*, 179(1) :495–506, 1998.
- [7] F. Bouttes. Morieux (22) plage de Saint-Maurice. Éléments de compréhension de la morphodynamique du site. Technical report, CETMEF, 2011.
- [8] F. Bouttes. Morieux(22) - cordon de Saint-Maurice, morphodynamique du site. Technical report, CETMEF, 2011.
- [9] J. Deloffre, R. Lafite, P. Lesueur, S. Lesourd, R. Verney, and L. Guézennec. Sedimentary processes on an intertidal mudflat in the upper macrotidal Seine estuary, France. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64(4) :710 – 720, 2005.
- [10] F. Desmazes. *Caractérisation des barres sableuses d’une plage de la côte aquitaine : exemple de la plage du Truc Vert*. PhD thesis, 2005.
- [11] C.W. Finkl. Coastal classification : systematic approaches to consider in the development of a comprehensive scheme. *Journal of Coastal Research*, pages 166–213, 2004.
- [12] J. Fournier, R. Gallon, et al. G2Sd grain-size statistics and description of sediment. Technical report, CNRS, 2012.

- [13] A. Guilcher. *Morphologie littorale et sous-marine*. 216 p., 8 pll., 40 fig. Paris, 1954.
- [14] A. Héquette and D. Aernouts. The influence of nearshore sand bank dynamics on shoreline evolution in a macrotidal coastal environment, Calais, northern France. *Continental Shelf Research*, 30(12) :1349–1361, 2010.
- [15] A. Héquette, MH Ruz, A. Maspataud, V. Sipka, et al. Effects of nearshore sand bank and associated channel on beach hydrodynamics : implications for beach and shoreline evolution. *Journal of Coastal Research*, 56 :59–63, 2009.
- [16] T.J. Hsu, S. Elgar, and RT Guza. Wave-induced sediment transport and onshore sandbar migration. *Coastal Engineering*, 53(10) :817–824, 2006.
- [17] A. Kroon and G. Masselink. Morphodynamics of intertidal bar morphology on a macrotidal beach under low-energy wave conditions, North Lincolnshire, England. *Marine Geology*, 190(3-4) :591–608, 2002.
- [18] S. Kwiecien. Étude qualitative et quantitative des communautés biosédimentaires du fond de baie de Saint-Brieuc : Prélèvements - analyse - cartographie. Master's thesis, Université Lille 1, 2011.
- [19] V. Lafon, D. De Melo Apoluceno, H. Dupuis, D. Michel, H. Howa, and J.M. Froidefond. Morphodynamics of nearshore rhythmic sandbars in a mixed-energy environment (sw france) : I. mapping beach changes using visible satellite imagery. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 61(2) :289 – 299, 2004.
- [20] G. Masselink, A. Kroon, and RGD Davidson-Arnott. Morphodynamics of intertidal bars in wave-dominated coastal settings - a review. *Geomorphology*, 73(1) :33–49, 2006.
- [21] M.E. Mulrennan. Ridge and runnel beach morphodynamics : an example from the central east coast of ireland. *Journal of Coastal Research*, pages 906–918, 1992.
- [22] E. Paradis. R pour les débutants, 2002.
- [23] A. Ponsero, J. Allain, and E. Roubichou. Plan de gestion de la réserve naturelle de la baie de Saint-Brieuc - 2008-2013 - Diagnostic - vol.a. Technical report, Réserve Naturelle de la Baie de Saint-Brieuc, 2008.
- [24] H-E. Reineck and I-B. Singh. *Depositional Sedimentary Environments*. Springer-Verlag, 1973.
- [25] A. Sturbois and A. Ponsero. Synthèse ornithologique de la baie de Saint-Brieuc, phénologie et évolution des effectifs sur la période 1970-2010. Technical report, Réserve Naturelle de la Baie de Saint-Brieuc, 2011.
- [26] L.D Wright and A.D Short. Morphodynamic variability of surf zones and beaches : A synthesis. *Marine Geology*, 56(1 à 4) :93 – 118, 1984.

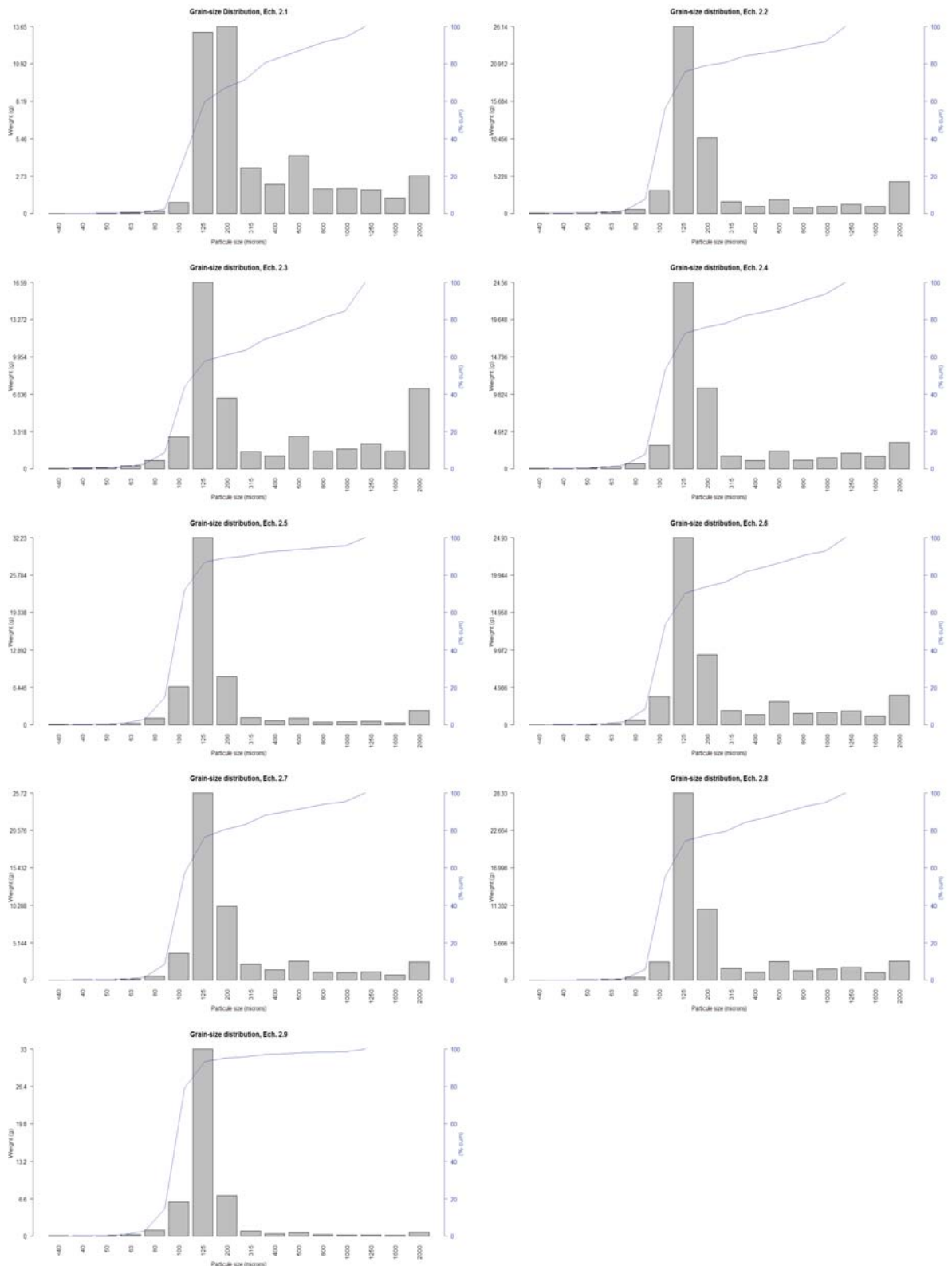
Annexe A

Histogrammes et courbes granulométriques

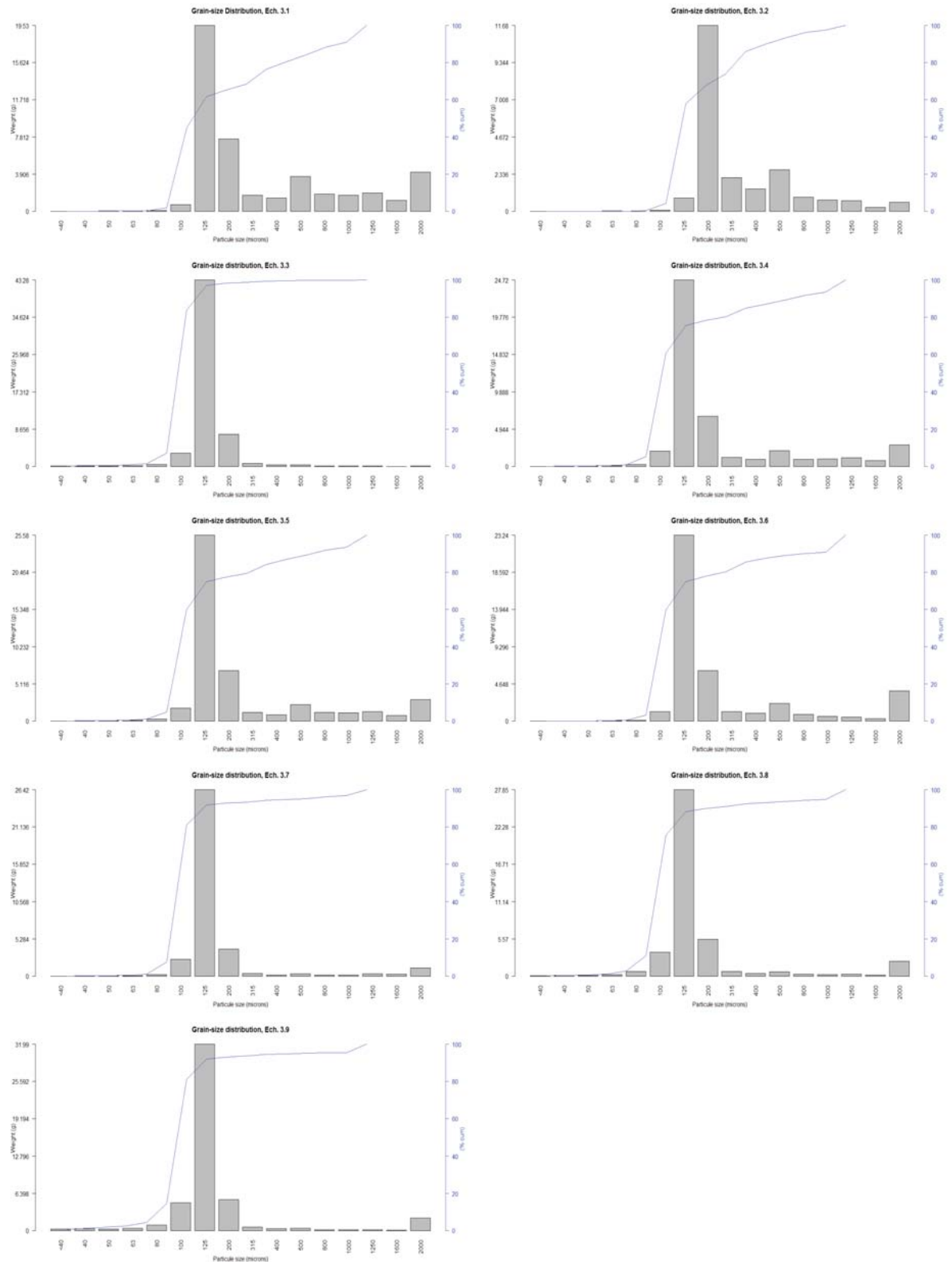
A.1 Banc "SLa" ; échantillons 1.1 à 1.9



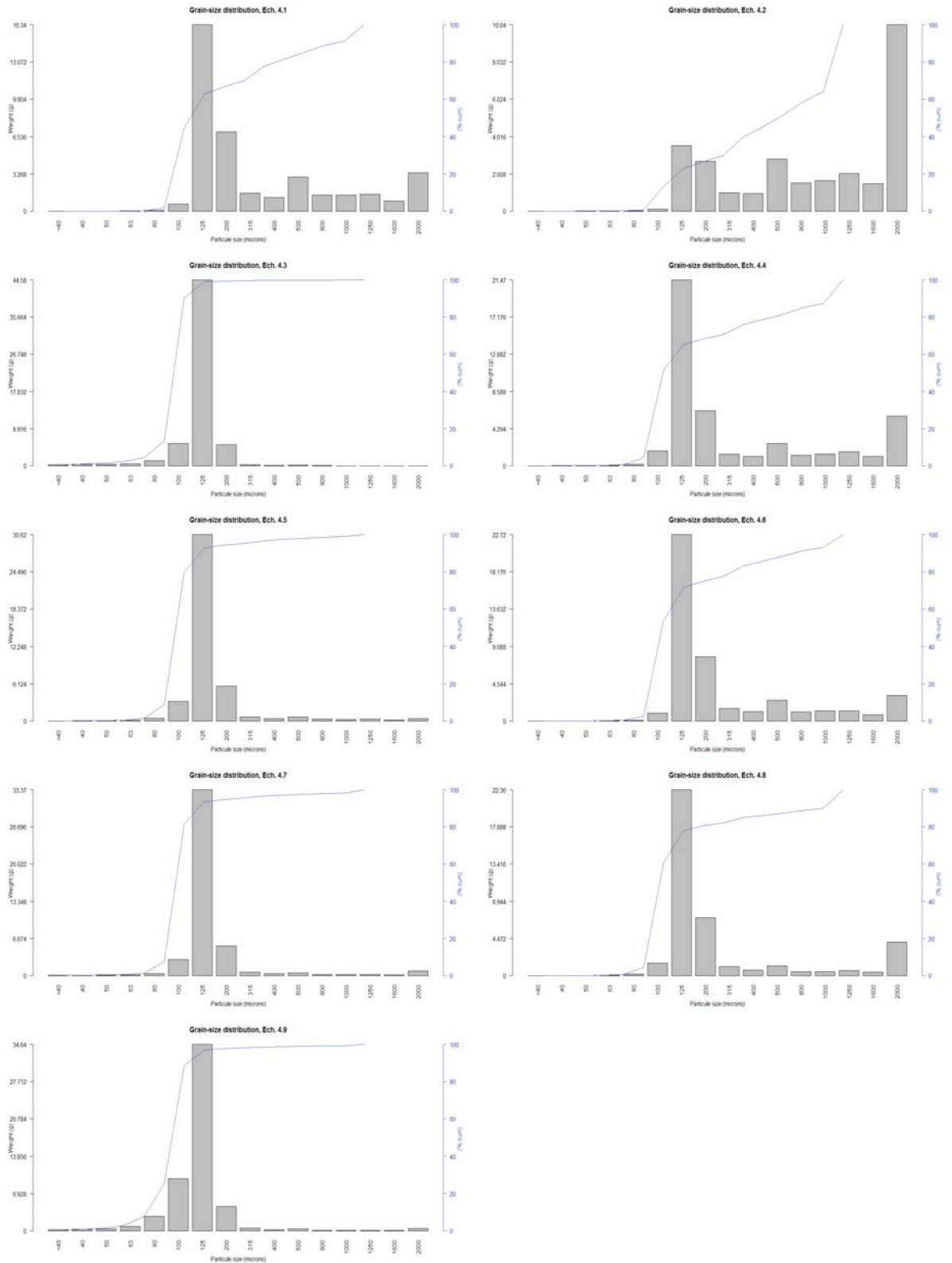
A.2 Banc "SLb" ; échantillons 2.1 à 2.9



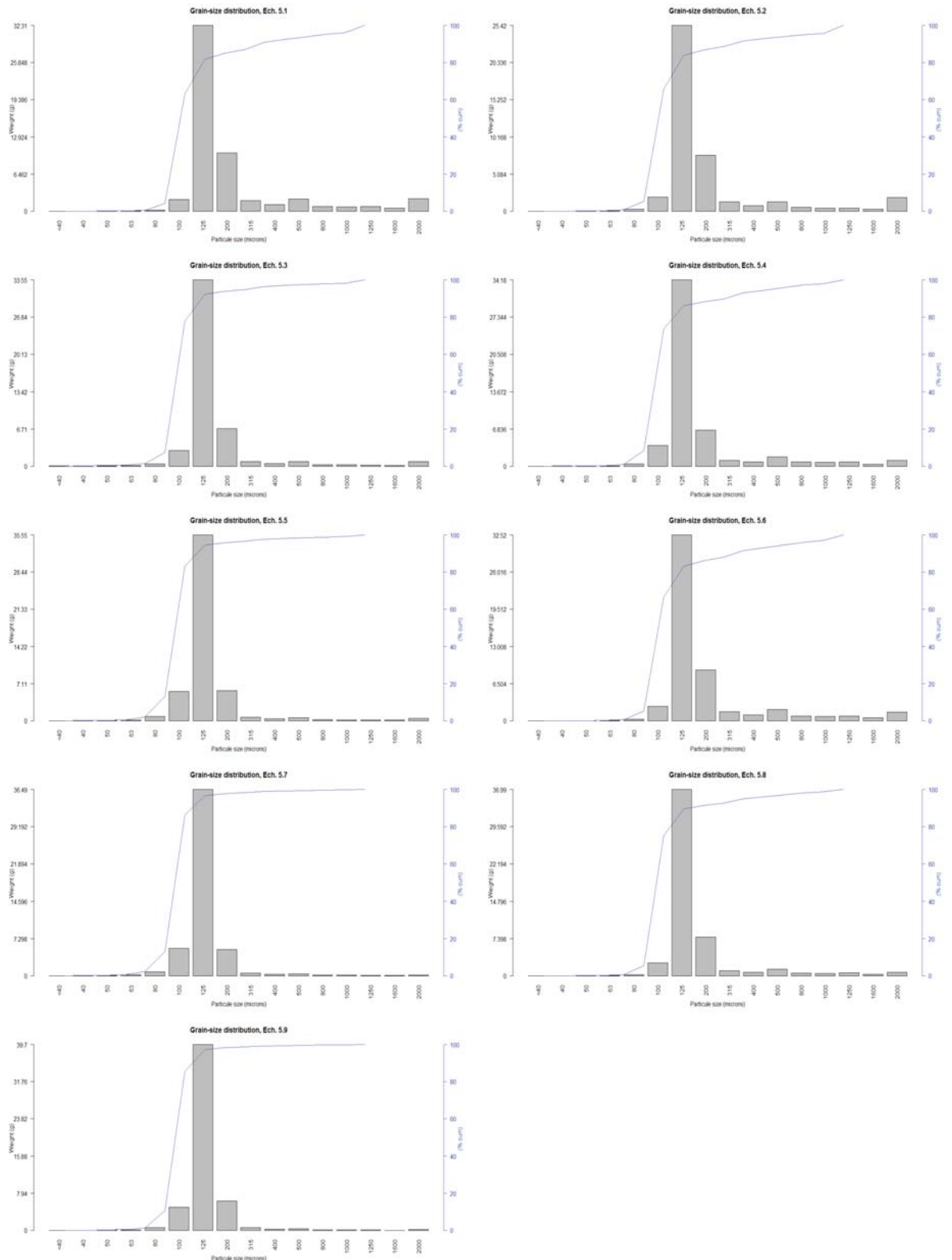
A.3 Banc "Gcb"; échantillons 3.1 à 3.9



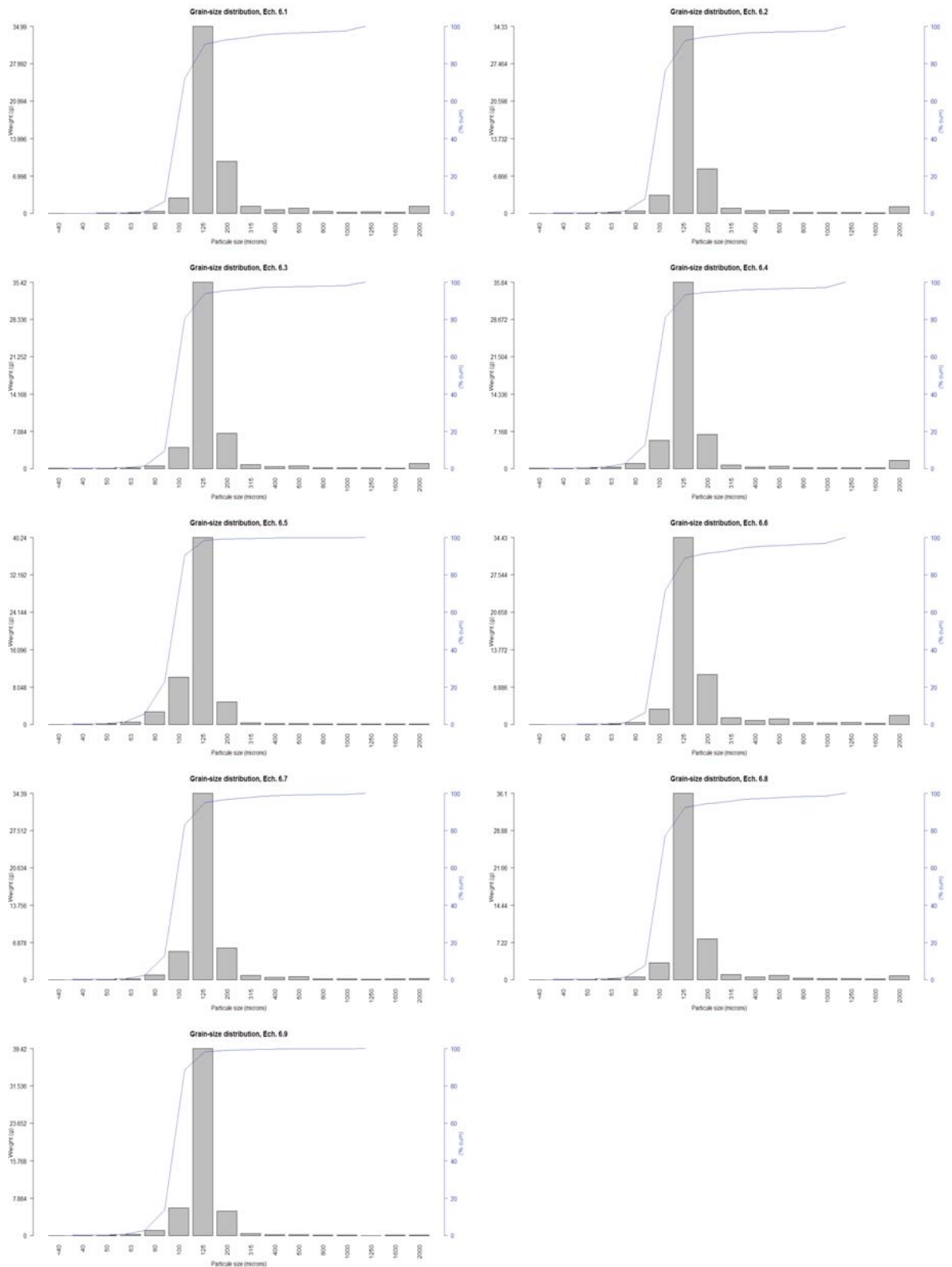
A.4 Banc "GCb"; échantillons 4.1 à 4.9



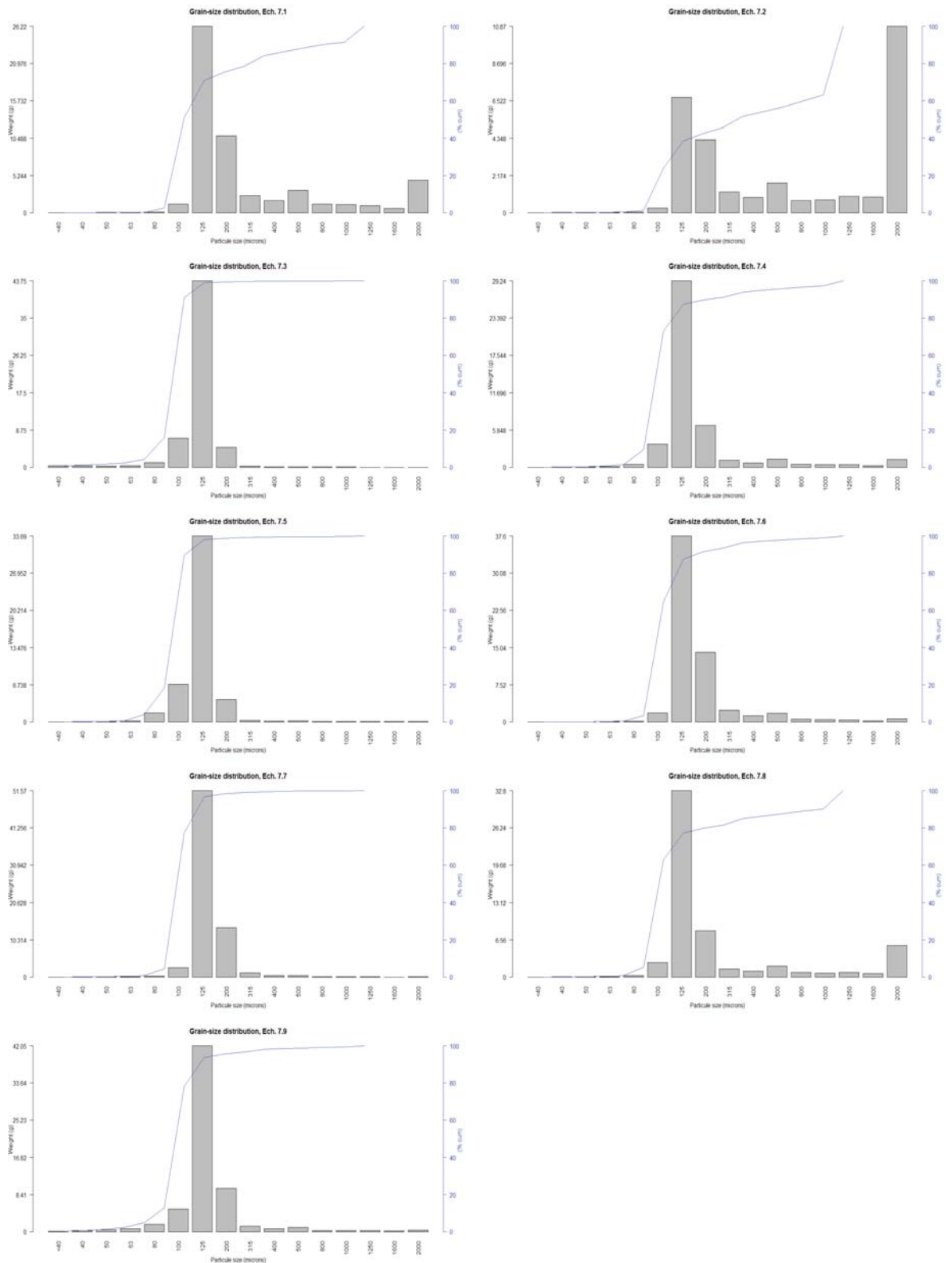
A.5 Banc "GCc" ; échantillons 5.1 à 5.9



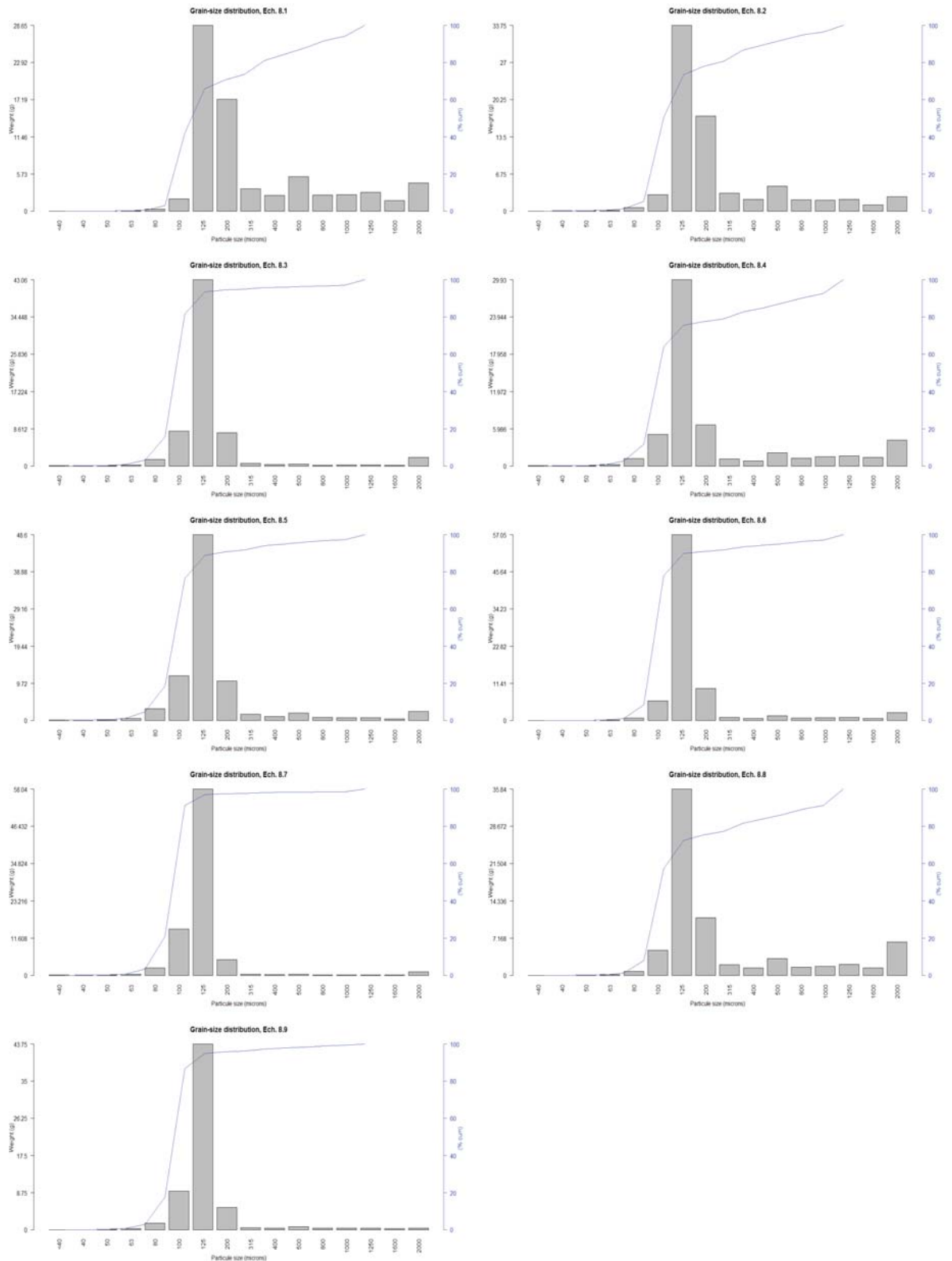
A.6 Banc "GCd" ; échantillons 6.1 à 6.9



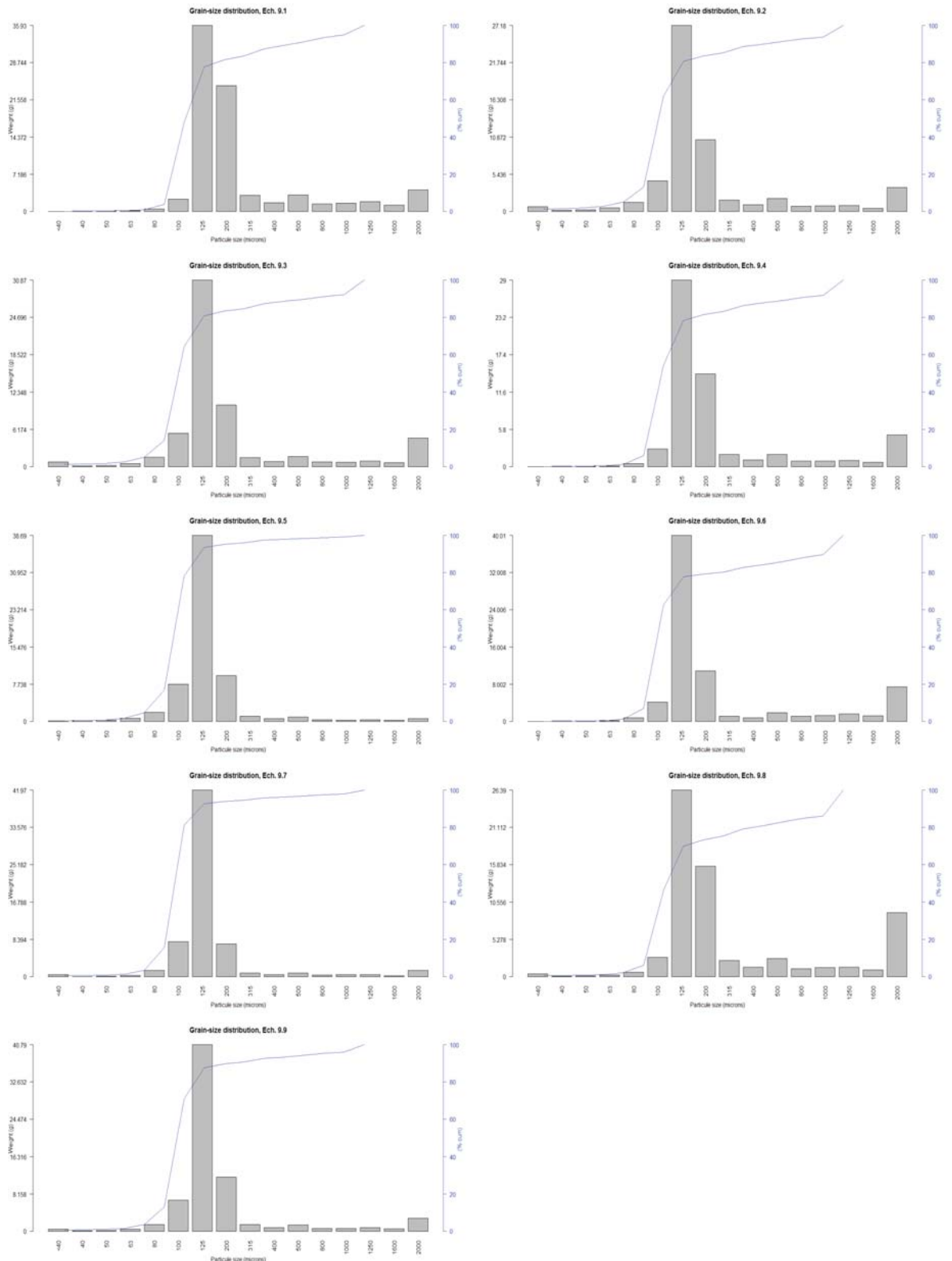
A.7 Banc "GCa"; échantillons 7.1 à 7.9



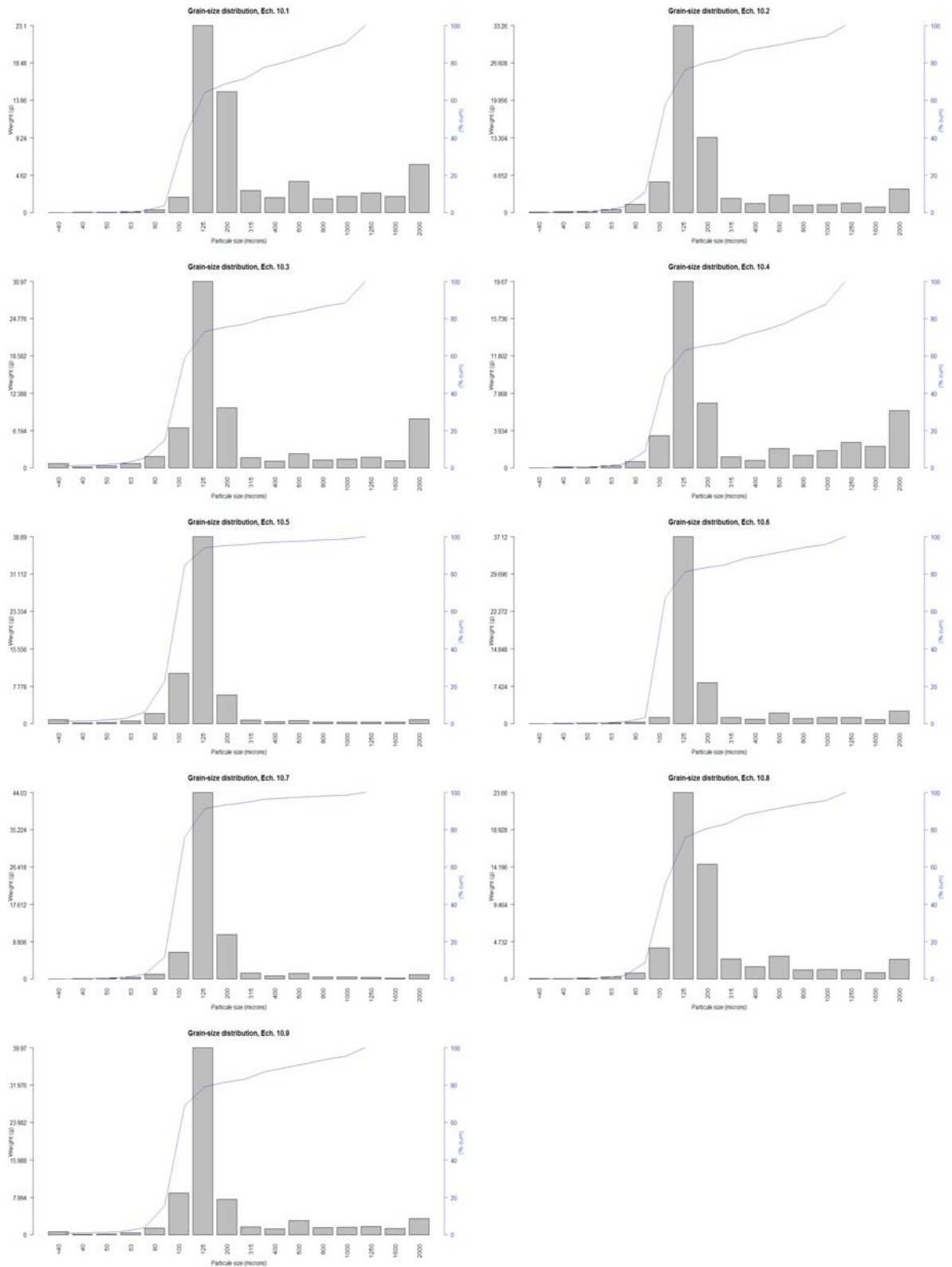
A.8 Banc "Gce" ; échantillons 8.1 à 8.9



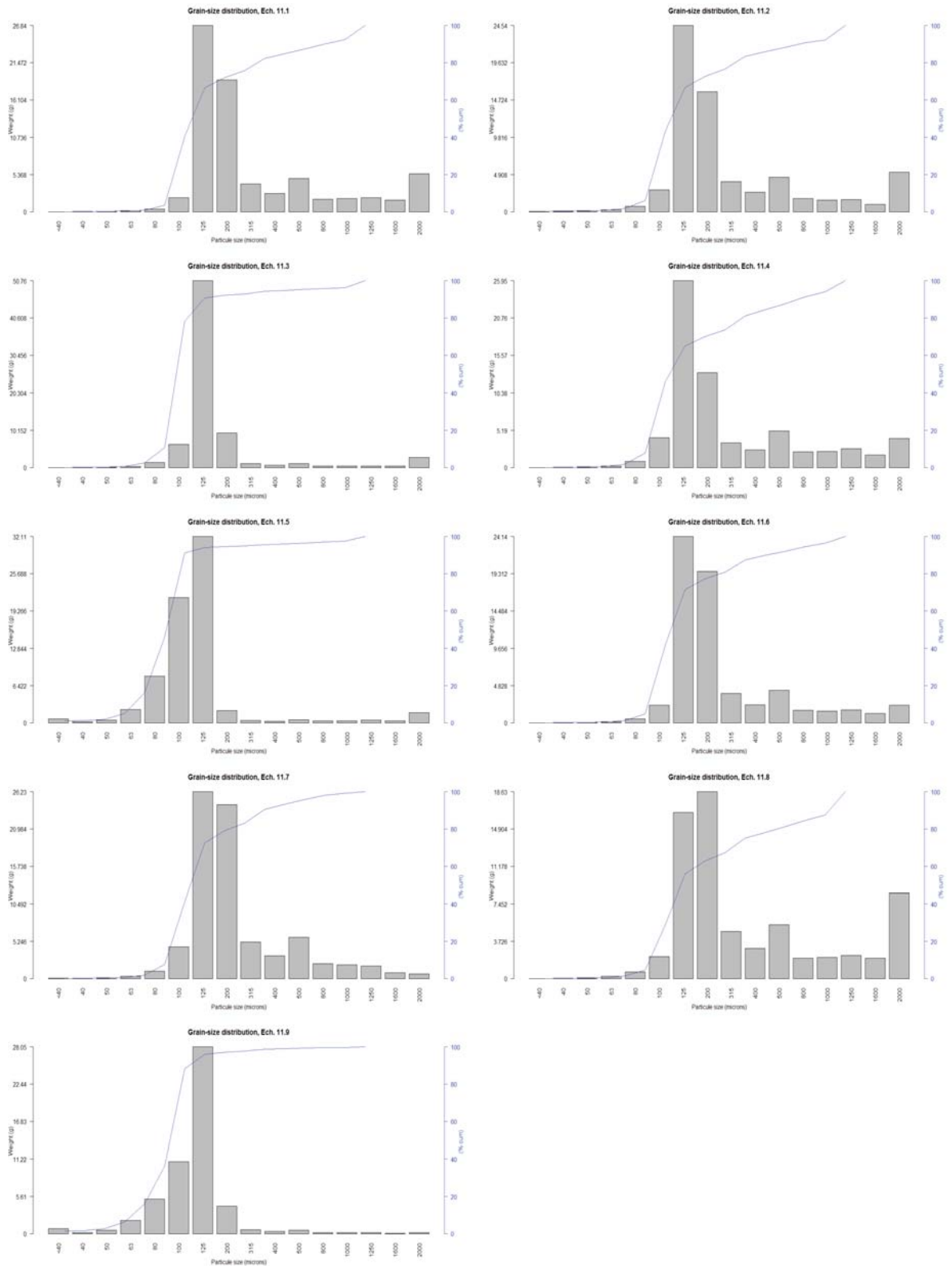
A.9 Banc "SLc" ; échantillons 9.1 à 9.9



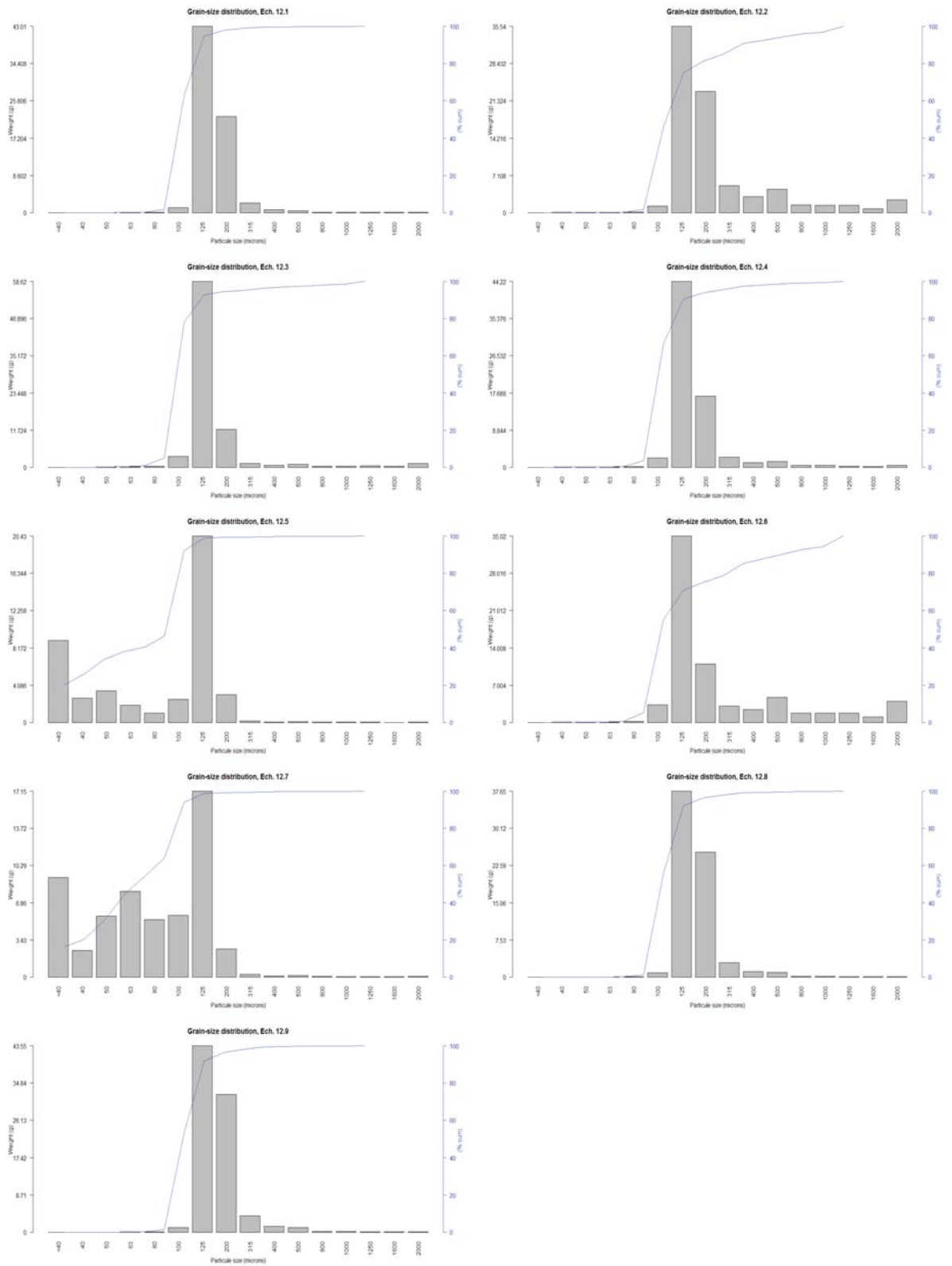
A.10 Banc "SLb" ; échantillons 10.1 à 10.9



A.11 Banc "SLa" ; échantillons 11.1 à 11.9



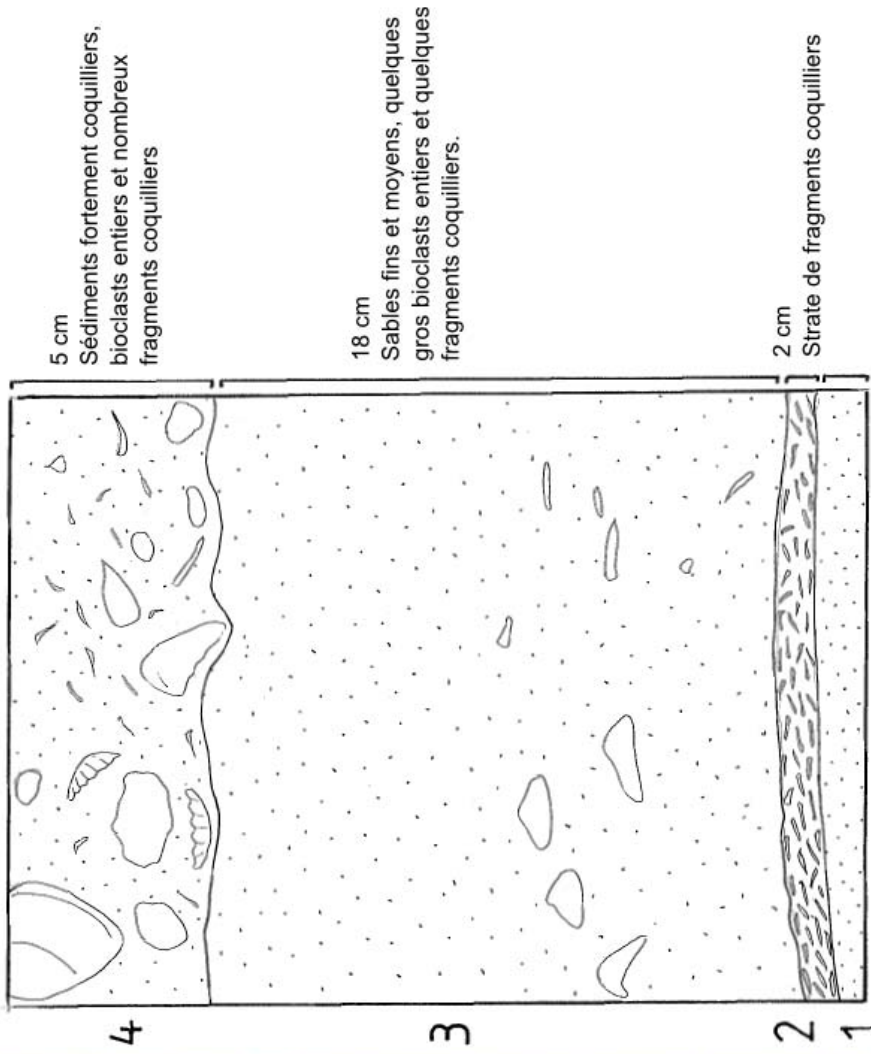
A.12 Flèche "SMa"; échantillons 12.1 à 12.9



Annexe B

Photographies et dessins des carottes prélevées

B.1 Sur la ligne de crête; Grève des Courses



5 cm

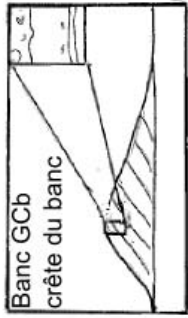
Sédiments fortement coquilliers, bioclasts entiers et nombreux fragments coquilliers

18 cm

Sables fins et moyens, quelques gros bioclasts entiers et quelques fragments coquilliers.

2 cm

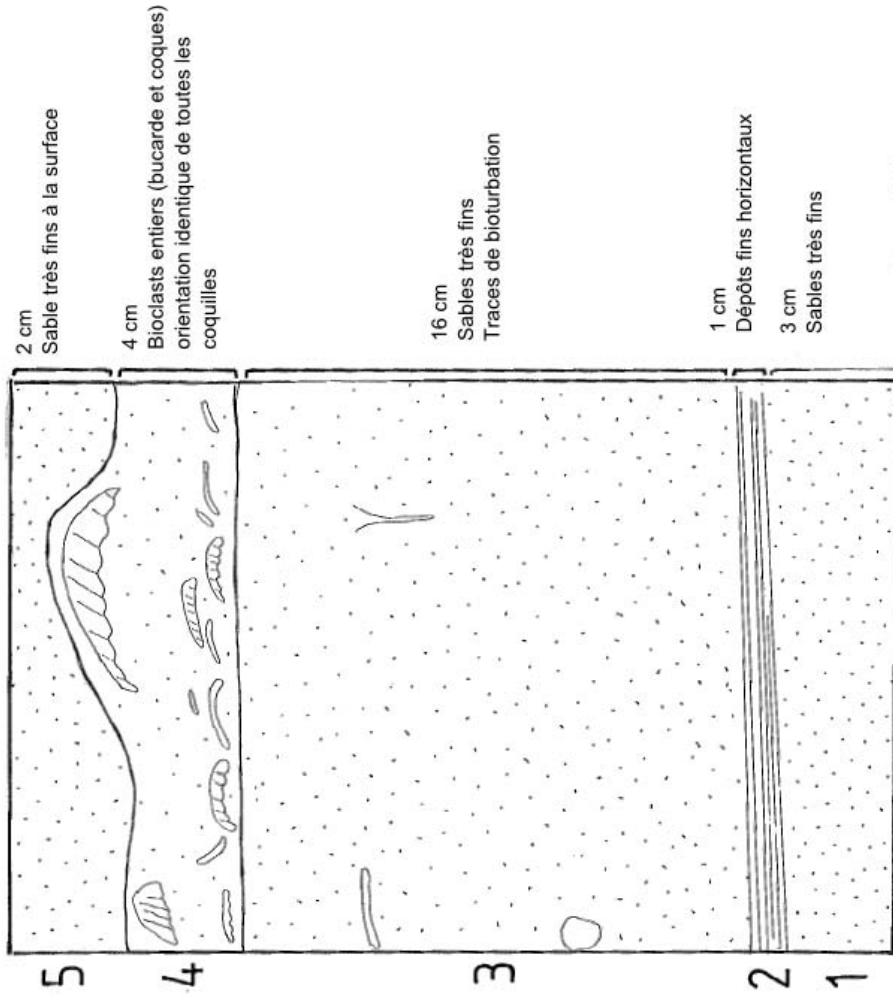
Strate de fragments coquilliers



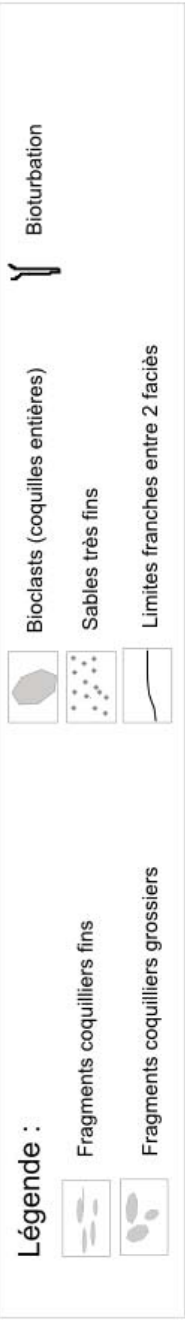
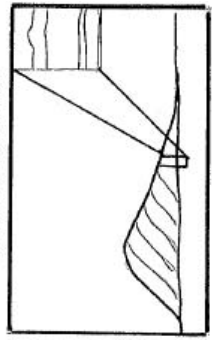
Légende :

		Bioclasts (coquilles entières)
		Sables fins et moyens
		Limites franches entre 2 faciès

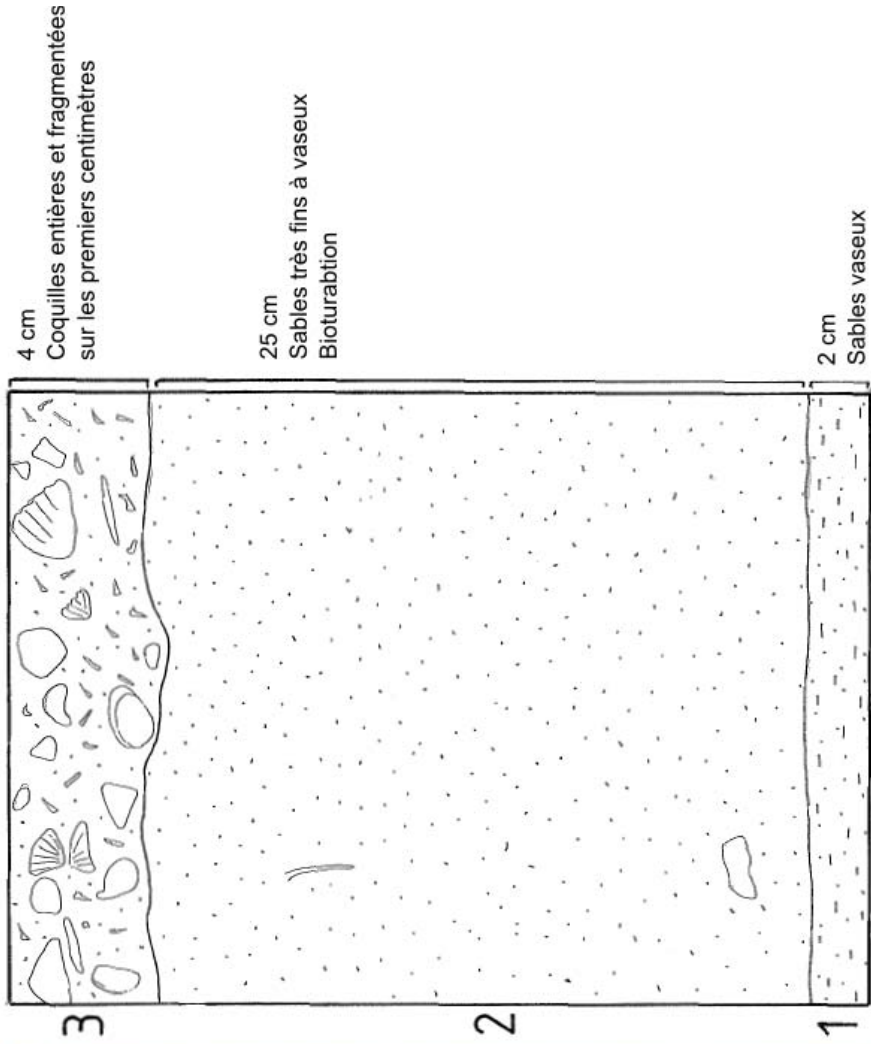
B.2 Versant externe; Grève des Courses



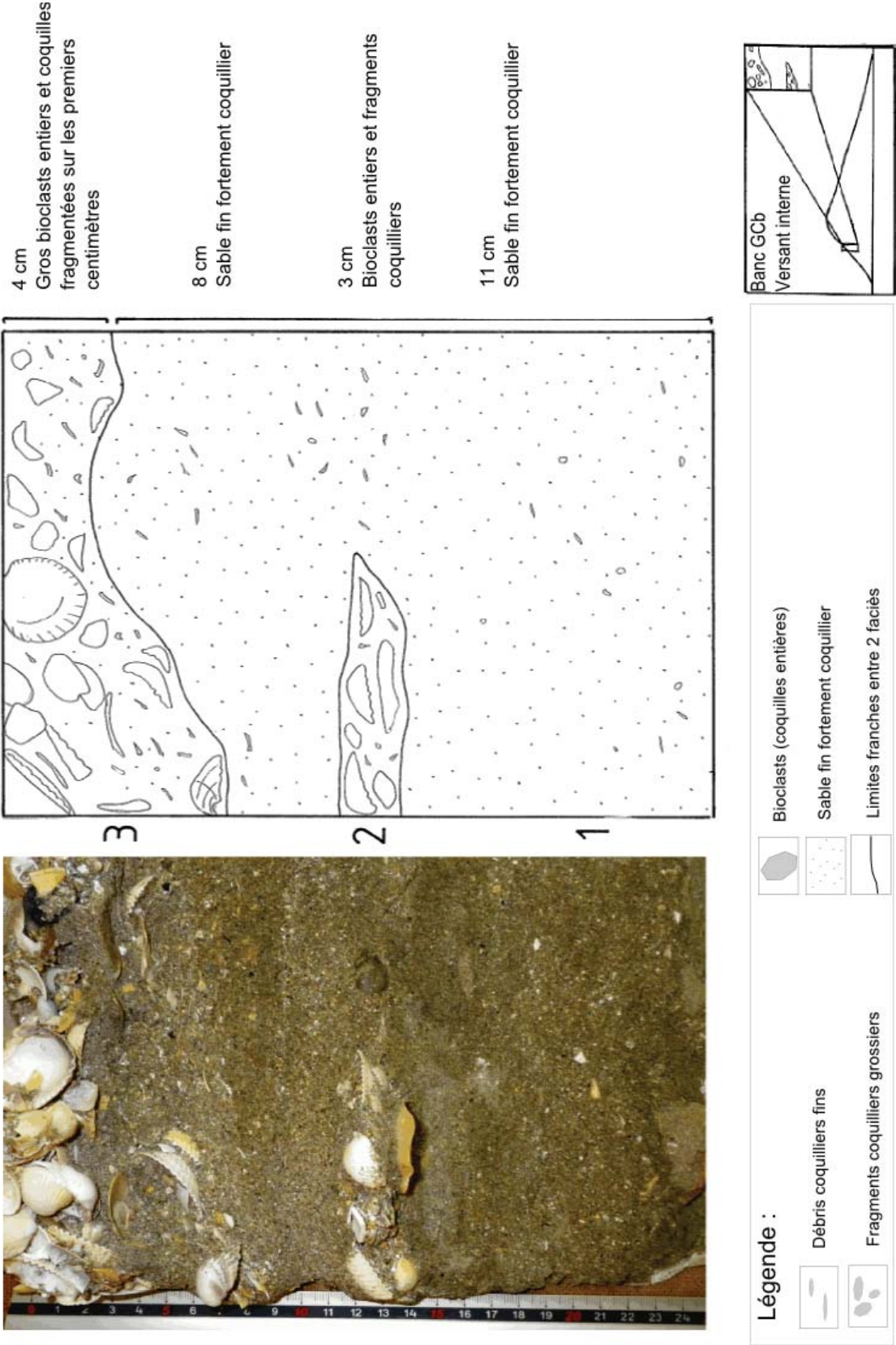
Banc GCh
Versant externe



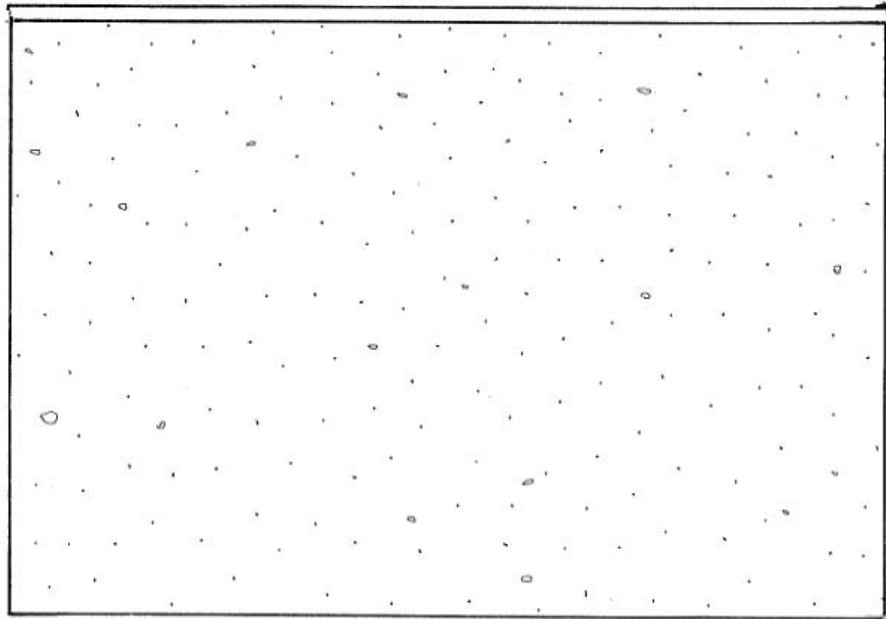
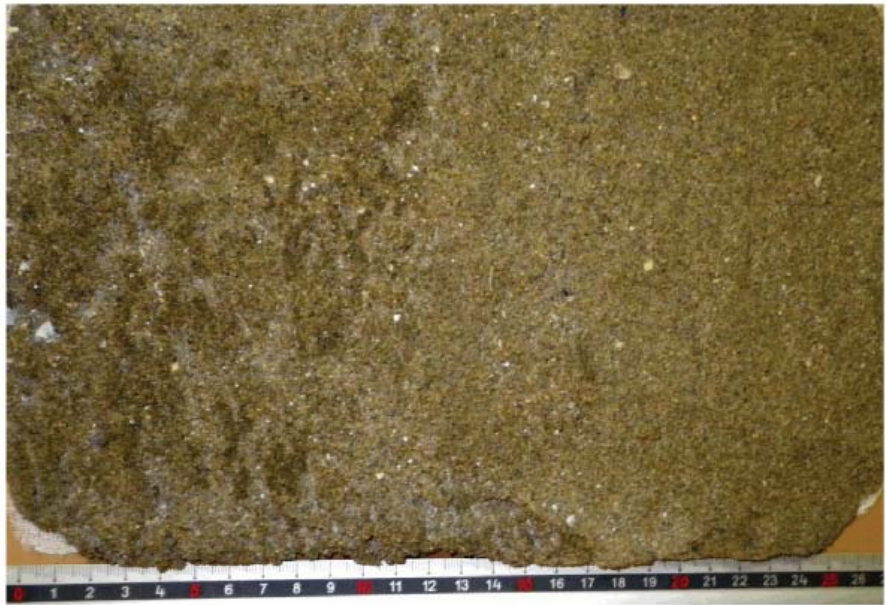
B.3 Versant interne (1); Grève des Courses



B.4 Versant interne (2) ; Grève des Courses



B.5 Flèche de Saint-Maurice



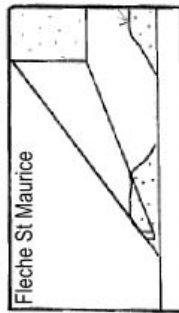
30 cm
Sables avec quelques
débris coquilliers

Légende :

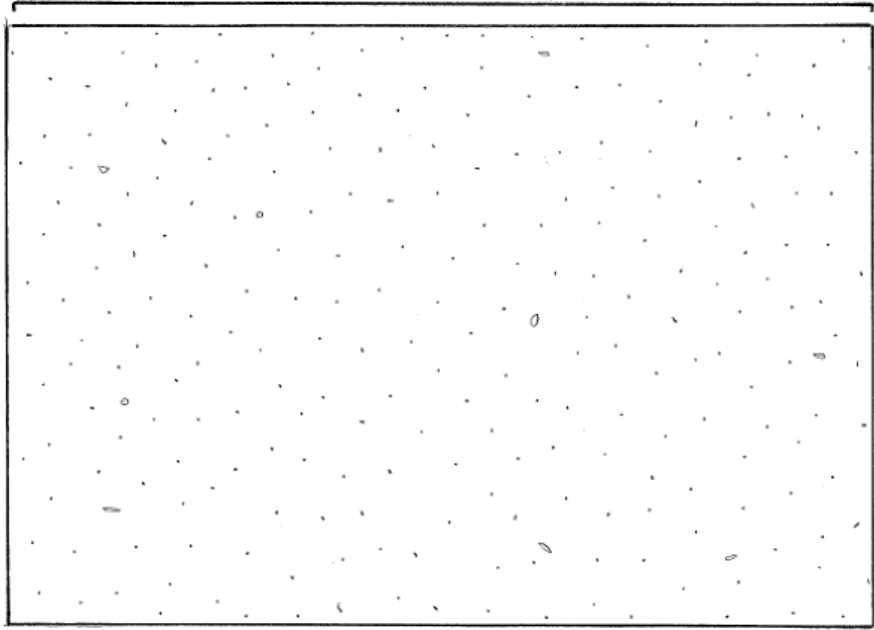


Débris coquilliers fins

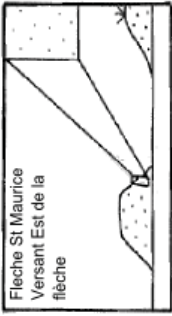
Sable fin



B.6 Versant Est ; Flèche de Saint-Maurice



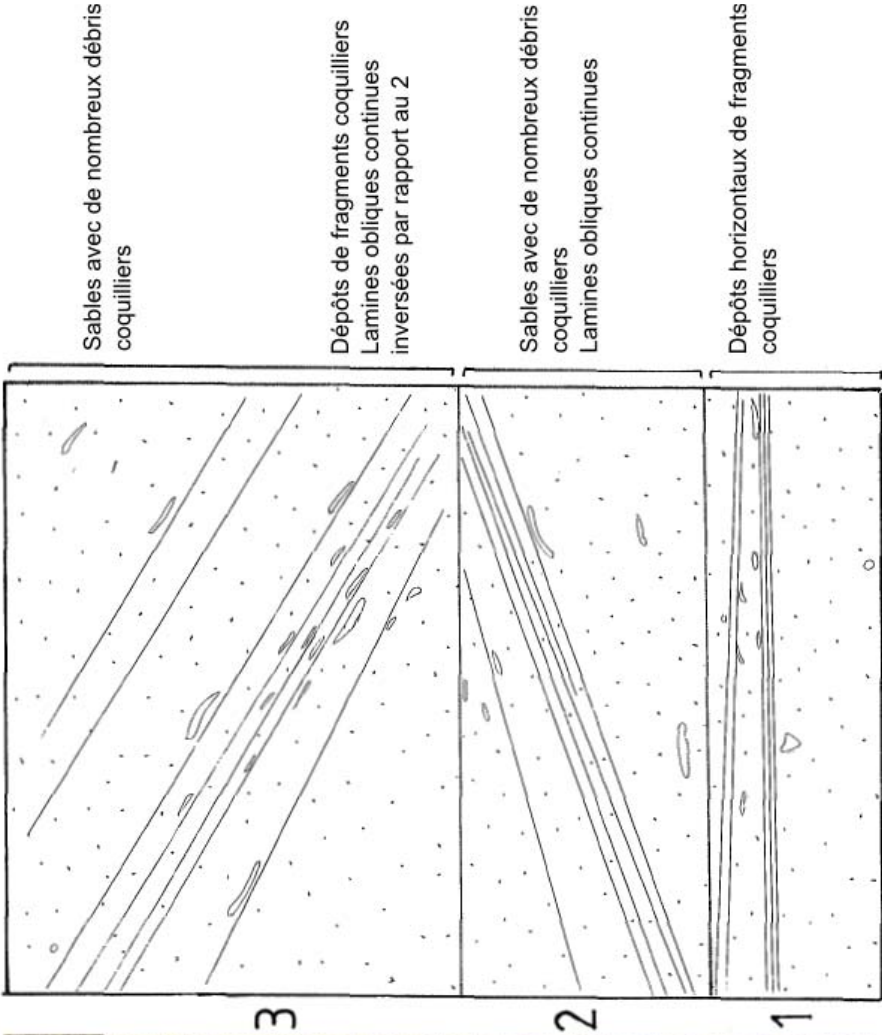
25 cm
Sable avec quelques débris
coquilliers



Légende :

	Débris coquilliers fins
	Sable fin

B.7 Estran ; Ouest de la Flèche



Sables avec de nombreux débris coquilliers

Dépôts de fragments coquilliers
Lamines obliques continues
inversées par rapport au 2

Sables avec de nombreux débris coquilliers
Lamines obliques continues

Dépôts horizontaux de fragments coquilliers

Légende :



Débris coquilliers fins



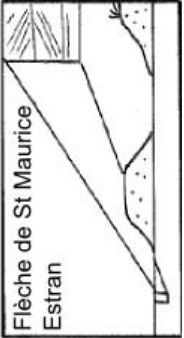
Fragments coquilliers grossiers



Sable fin fortement coquillier

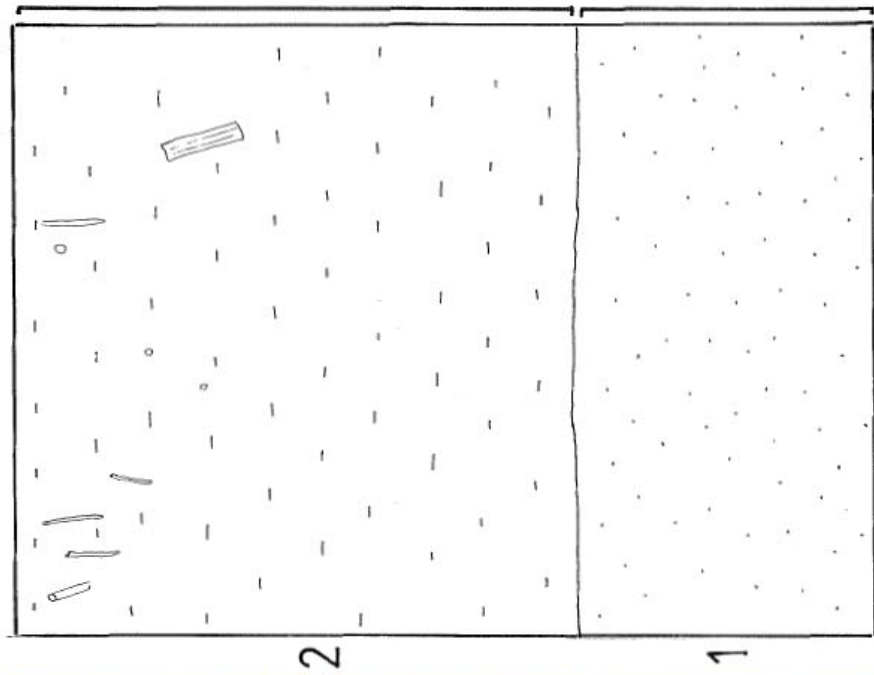


Dépôts laminaires



Flèche de St Maurice
Estran

B.8 Vasière; Est de la Flèche



16 cm
Vases avec de
nombreuses traces de bioturbation
et un débris de matière végétale

9 cm
Sables très fins et vases

Légende :



Sable



Vases



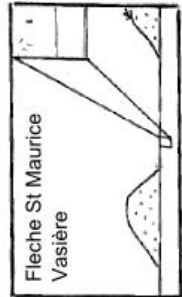
Limite franche entre 2 faciès sédimentaires



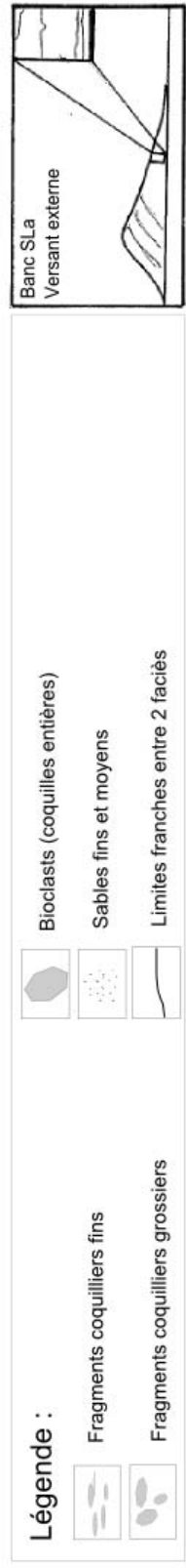
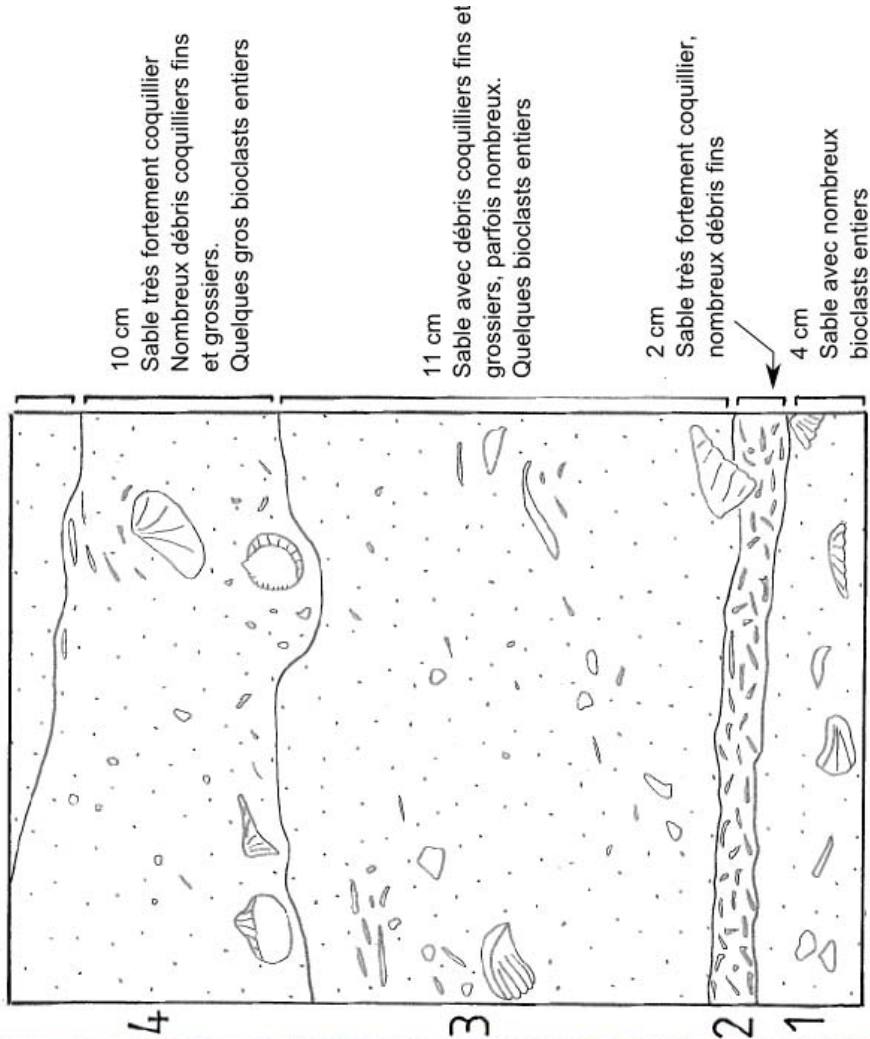
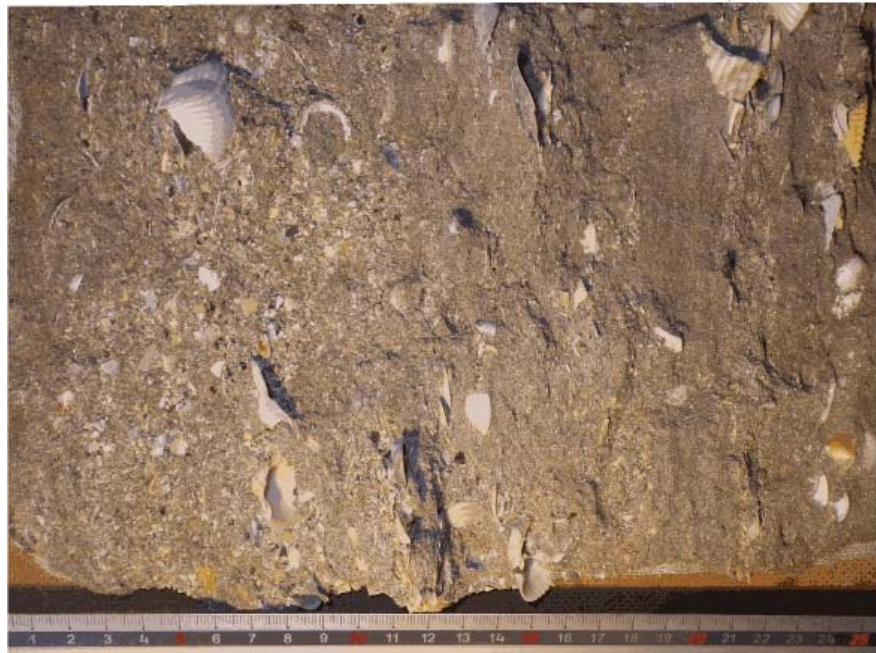
Bioturbation



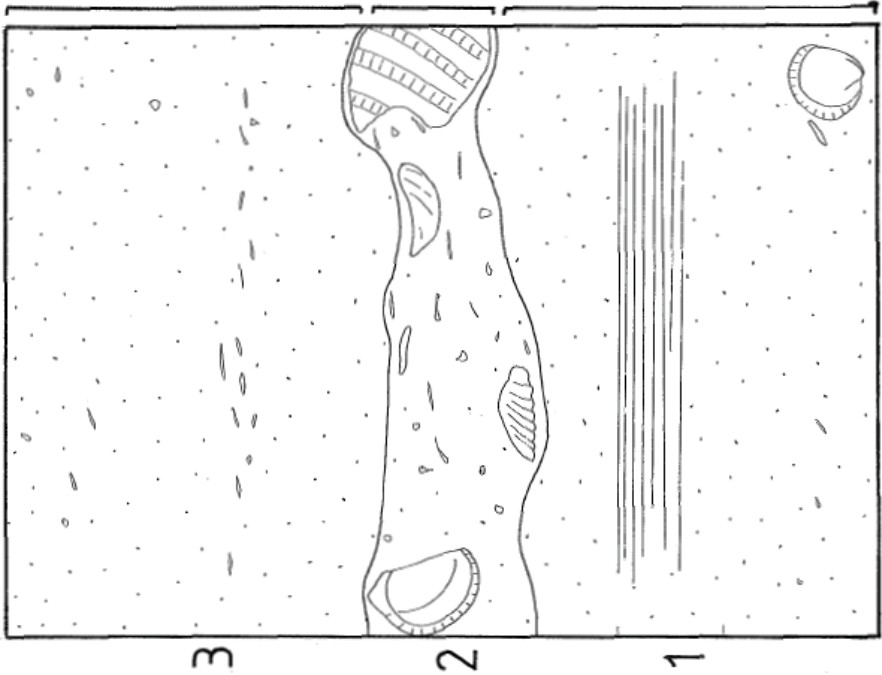
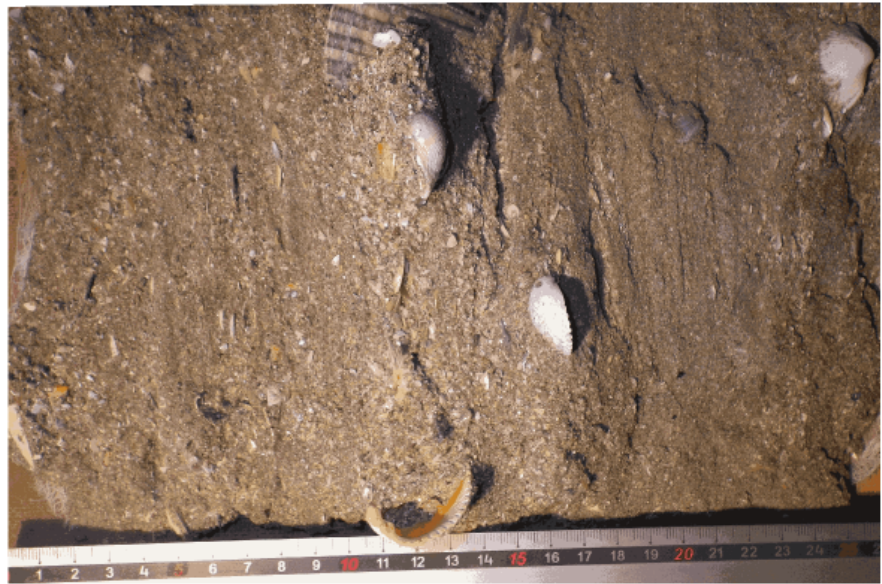
Débris de matière végétale



B.9 Versant externe; Banc de Saint-Laurent



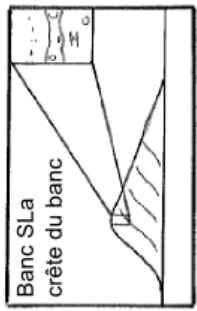
B.10 Crête du banc; Saint-Laurent



10 cm
Sable avec débris coquilliers fins

5 cm
Sable avec débris coquilliers fins,
débris coquilliers grossiers et
bioclasts entiers.

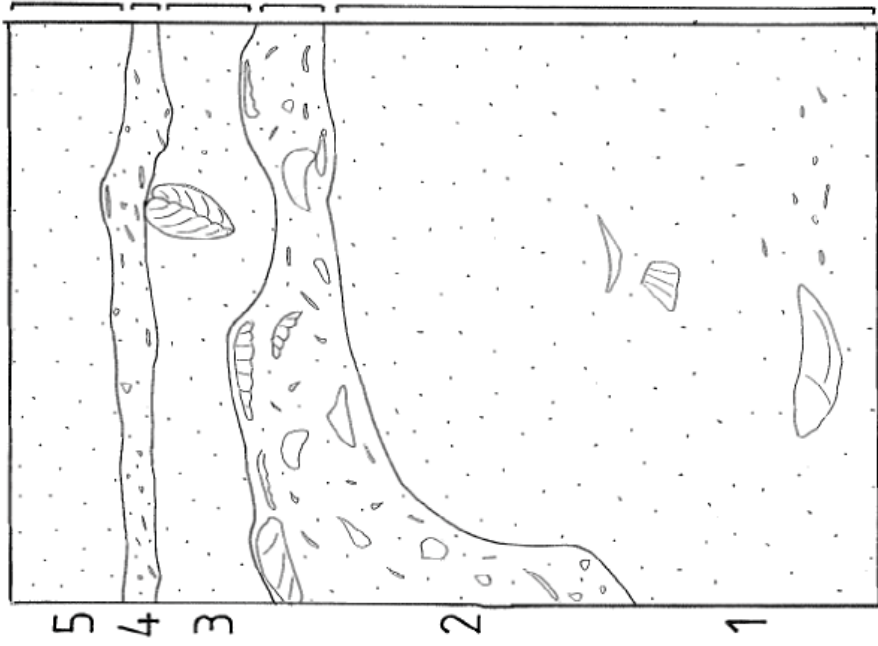
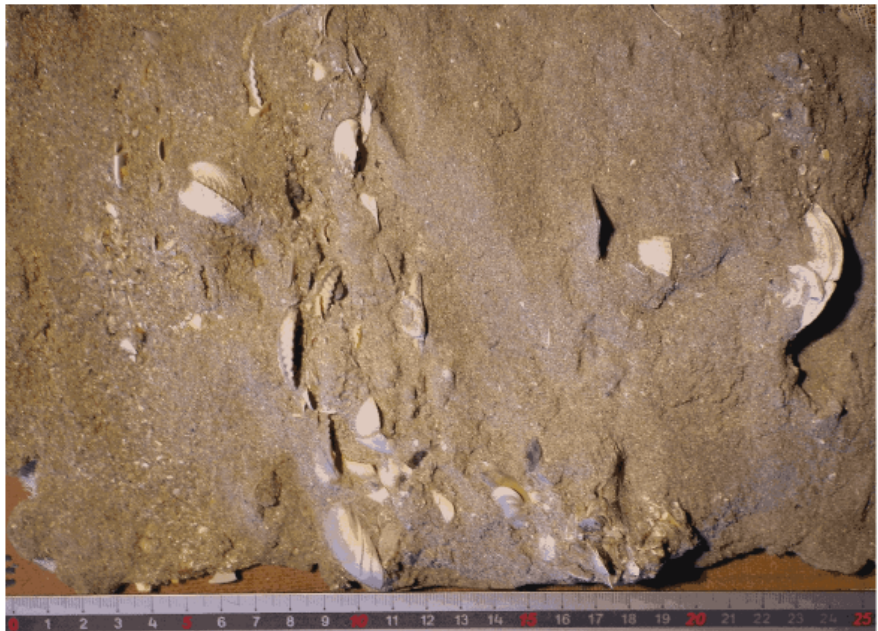
9 cm
Sable avec peu de débris coquilliers
Laminations parallèles sur plusieurs
centimètres



Légende :

	Fragmentes coquilliers fins		Bioclasts (coquilles entières)		Dépôts laminaires
	Fragmentes coquilliers grossiers		Sables fins et moyens		Limites franches entre 2 faciès

B.11 Versant interne; Saint Laurent



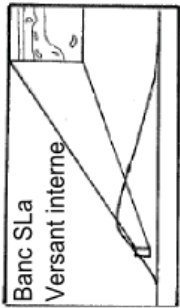
4 cm
Sable.

2 cm
Sable et débris coquilliers fins

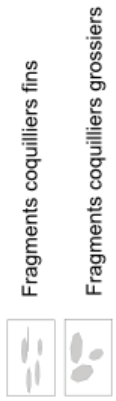
4 cm
Sable

Sable avec nombreux débris
coquilliers et gros bioclasts

Sable avec un ou deux bioclasts.



Légende :



B.12 Estran sableux; Sud du banc de Saint-Laurent

