



Laboratoire GCGM  
Géologie de l'Ingénieur & Environnement  
INSA Rennes



Comité Opérationnel des Elus  
et Usagés de la Rance

# Prélèvements et analyses des sédiments déposés dans le piège de Lyvet, Estuaire de la Rance

2011



Août 2011

Alain JIGOREL

Jean Yves BROSSAULT



Le piège de Lyvet a été créé en 1996 puis agrandi en 2000/2001 pour favoriser le piégeage d'une partie des apports sédimentaires de la Rance, essentiellement d'origine marine. Depuis sa mise en service, il a parfaitement fonctionné et son remplissage s'est effectué en 3 ans, c'est-à-dire dans un temps sensiblement inférieur aux prévisions les plus optimistes.

Les conditions matérielles étant aujourd'hui remplies pour permettre l'extraction et la gestion des sédiments, l'association CŒUR Emeraude a demandé à l'Equipe Géologie de l'Ingénieur et de l'Environnement de l'INSA de Rennes de réaliser des prélèvements dans le piège, pour constituer un échantillon représentatif à transmettre au Laboratoire Départemental d'Analyses des Côtes d'Armor chargé de faire les analyses physico-chimiques requises en vue d'une valorisation agricole des matériaux. Le laboratoire avait par ailleurs pour mission de déterminer les caractéristiques physiques des sédiments des dépôts afin de connaître l'évolution dans le temps du fonctionnement du piège. Le présent rapport porte exclusivement sur l'étude réalisée par l'INSA de Rennes. Il précise les variations latérales et verticales des dépôts en relation avec le fonctionnement du piège. Les informations nécessaires pour définir un protocole d'extraction permettant de fournir un matériau homogène sont apportées.

### 1- Prélèvements des échantillons dans le piège.

Les prélèvements ont été faits le 22 juin 2011. Le niveau d'eau étant très favorable, toutes les opérations ont été réalisées dans de bonnes conditions.

Les 4 carottages ont été implantés comme indiqué sur le plan joint (figure 1). Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'un carottier russe (figure 2). Dans chaque carottage, trois échantillons d'une hauteur unitaire de 50 cm ont été respectivement prélevés au  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , et  $\frac{3}{4}$  de la hauteur des dépôts. Parallèlement, les épaisseurs des sédiments ont été mesurées avec précision par enfoncement d'une perche graduée jusqu'au substratum.

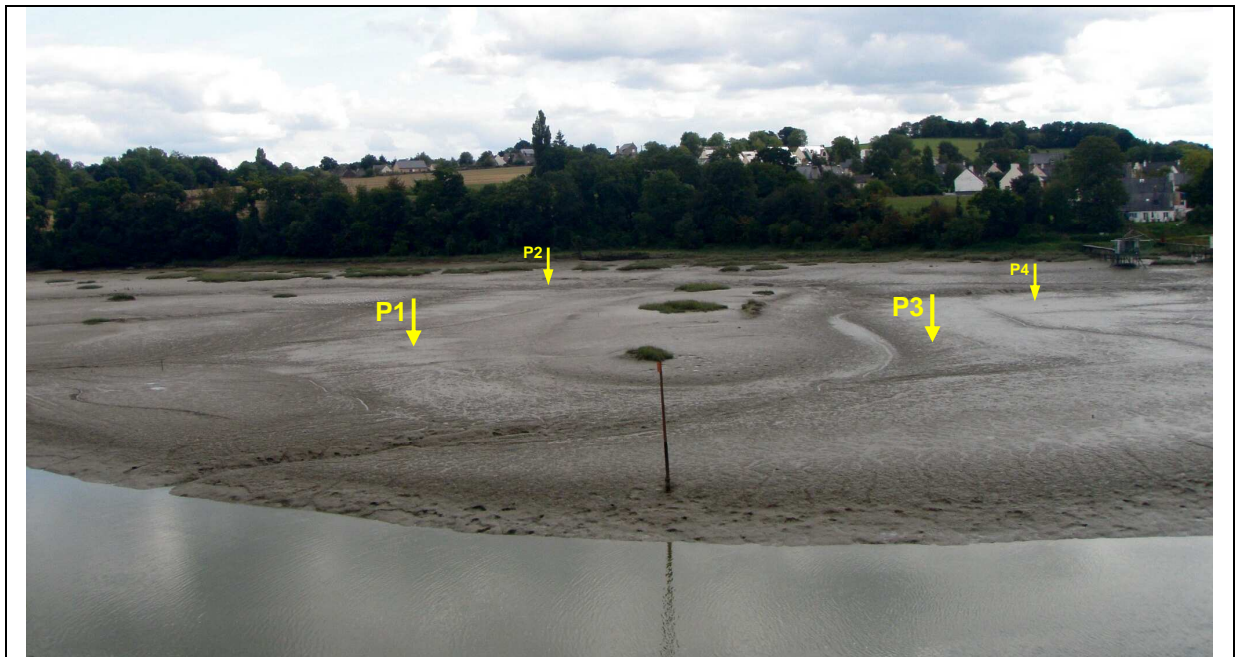


Figure 1 : Situation des prélèvements réalisés au carottier russe.

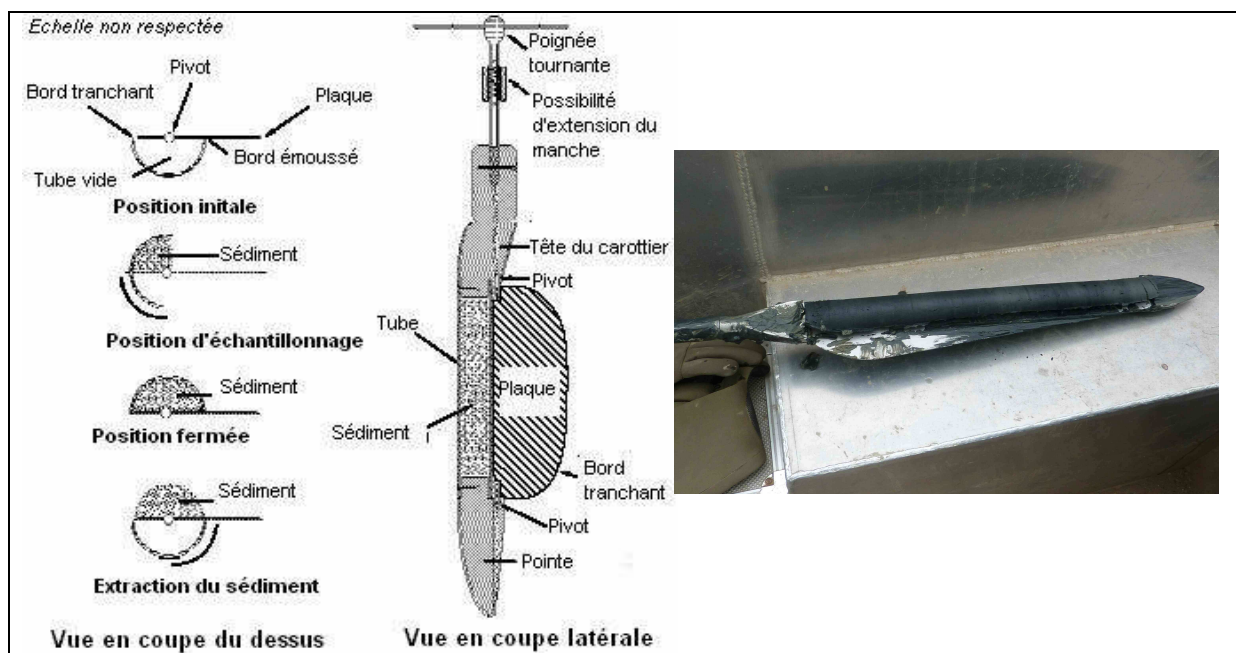


Figure 2 : Schéma de fonctionnement du carottier de type russe (EPA, 1999) et vue du carottage P1-3

Sur chaque échantillon premier les caractéristiques suivantes ont été déterminées :

- la teneur en eau. Elle est exprimée par rapport au poids sec. Le matériau ayant une teneur en carbonates élevée, le matériau a été séché à 60 °C jusqu'à poids constant.
- les masses volumiques sèche et humide. La masse volumique sèche (MVS) ou masse volumique apparente du sédiment sec, donne la masse de sédiment sec par mètre cube (ex : 0,6 T/m<sup>3</sup>). La masse volumique humide (MVH) ou masse volumique du sédiment humide donne la masse de sédiment humide par mètre cube in situ ( ex : 1,3 T/m<sup>3</sup>).
- la granulométrie.

L'analyse granulométrique à été réalisée à l'aide d'un granulomètre Laser Cilas 1180. après destruction de la matière organique à l'aide de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et des carbonates par une attaque acide (HCl 0,1 N).

La classification granulométrique utilisée en sédimentologie est la suivante :

	Argiles	: < 2 µm
	Limons	: 2 - 20 µm
Sables	Sables fins	: 20 - 200 µm
	Sables grossiers	: 0.2 - 2 mm
	Graviers	: 2 - 20 mm
	Cailloux	: 20 - 200 mm

Les résultats des analyses granulométriques sont présentés dans des tableaux de synthèse et sous forme graphique (distribution pondérale par classe granulométrique)

Les différents dépôts peuvent être caractérisés par le calcul des indices de Trask:

- la dispersion:  $S_0 = (Q_3/Q_1)$
- l'asymétrie :  $S_k = Q_1Q_3/Q_2^2$

$Q_1$  et  $Q_3$  sont les quartiles (25 et 75 % de la distribution), tandis que  $Q_2$  correspond au grain médian.

Les limites suivantes sont retenues :

- $S_0 < 2,5$                       Sédiment très bien classé.
- $2,5 < S_0 < 3,5$                 Sédiment normalement classé.
- $3,5 < S_0 < 4,5$                 Sédiment assez bien classé.
- $5,5 < S_0$                          Sédiment mal classé

De plus, quand  $S_k > 1$  : le classement est maximal du côté fin.

$S_k < 1$  le classement est maximal du côté grossier.

Les matériaux étant destinés à une valorisation agricole nous avons porté en annexe les résultats des analyses granulométriques présentés selon la classification utilisée en agronomie.

Classification granulométrique en agronomie.

	Argiles	: < 2 $\mu\text{m}$
Limos	Limos fins	: 2 - 20 $\mu\text{m}$
	Limos grossiers	: 20 - 50 $\mu\text{m}$
Sables	Sables fins	: 50 - 200 $\mu\text{m}$
	Sables grossiers	: 200 - 2000 $\mu\text{m}$

La classification utilisée en agronomie se distingue de celle en usage en sédimentologie uniquement par la classe 20-50  $\mu\text{m}$ , qui correspond aux limons grossiers.

### 3- Caractéristiques des sédiments.

Les principales caractéristiques des sédiments sont présentées dans le tableau 1.

#### *Granulométrie.*

Tous les échantillons premiers ont des caractéristiques granulométriques identiques à l'exception des prélèvements P3. Les prélèvements P1, P2 et P4 ont une texture fine à dominante limoneuse (60 %) et argileuse (20 %) associée à une fraction sableuse fine (20 %). Les sédiments du prélèvement P3 ont une fraction sableuse fine nettement dominante (50 à 70 %) associée à une fraction limoneuse comprise entre 25 et 40 % et une fraction argileuse inférieure à 10 %.

Les points représentatifs des 9 échantillons forment deux familles sur le diagramme de texture (figure 3). Ces caractéristiques granulométriques contrastées résultent du mode de fonctionnement du piège. Le point P3 a toujours connu une sédimentation quantitativement moins importante comme le montrent les données de la

CAROTTAGES LYVET 2011

Echantillon	%	Argile 0 - 2 µm	Limons 2 - 20 µm	Sables fins 20 - 200 µm	Grain médian en µm	% W	MVS T/m <sup>3</sup>	MVH T/m <sup>3</sup>	Teneur en CaCO <sub>3</sub> en %	S0	Sk
P1-1 (0.8-1.3)	Partiels	18.8	63.0	18.2	8.3	124	0.6	1.3	19.4	2.4	0.7
	Cumulés	18.8	81.8	100							
P1-2 (1.0 - 1.5)	Partiels	19.0	62.6	18.4	8.4	122	0.6	1.4	18.8	2.4	0.7
	Cumulés	19.0	81.6	100							
P1-3 (2.0-2.5)	Partiels	17.5	60.5	22.0	9.4	102	0.7	1.4	19.3	2.4	0.7
	Cumulés	17.5	78.0	100							
P2-1 (0.5-1.0)	Partiels	18.8	64.0	17.2	8.2	129	0.6	1.3	20.6	2.3	0.7
	Cumulés	18.8	82.8	100							
P2-2 (1.3-1.8)	Partiels	17.5	57.2	25.3	7.8	118	0.6	1.4	20.4	2.5	0.7
	Cumulés	17.5	74.7	100							
P2-3 (2.1-2.6)	Partiels	18.1	61.9	20.0	8.7	121	0.6	1.4	19.0	2.4	0.7
	Cumulés	18.1	80.0	100							
P3-1 (0.8-1.3)	Partiels	9.6	37.6	52.8	22.1	69	0.9	1.6	30.5	2.6	0.6
	Cumulés	9.6	47.2	100							
P3-2 (1.4-1.9)	Partiels	8.9	34.9	56.2	24.6	47	1.2	1.7	30.8	2.4	0.6
	Cumulés	8.9	43.8	100							
P3-3 (1.9-2.4)	Partiels	5.7	25.8	68.5	33.5	49	1.1	1.7	31.8	2.0	0.7
	Cumulés	5.7	31.5	100							
P4-1 (1.1-1.6)	Partiels	18.3	61.7	20.0	8.8	127	0.6	1.4	22.3	2.4	0.7
	Cumulés	18.3	80.0	100							
P4-2 (2.0-2.5)	Partiels	18.3	58.6	23.1	9.2	109	0.7	1.4	20.8	2.5	0.7
	Cumulés	18.3	76.9	100							
P4-3 (3.2-3.7)	Partiels	18.4	58.2	23.4	9.0	101	0.7	1.4	20.3	2.5	0.7
	Cumulés	18.4	76.6	100							

Tableau 1 : Principales caractéristiques des sédiments du piège de Lyvet.

période 2001-2004. Cela résulte de la dynamique interne au piège : son remplissage et sa vidange se font selon un mouvement circulaire autour de l'îlot central. L'ouverture d'une criche dans le talus bordant le chenal principal (Rance) a sans doute aussi modifié la dynamique sédimentaire. Les courants induits par cette brèche lors du flot puis du jusant limitent fortement le dépôt des fines. La présence d'une ouverture dans le talus situé du côté Rance est bien visible sur la figure 1. Il en résulte une teneur en fines plus faible au point P3 situé face à la brèche. Cette ouverture dans le talus a dû se faire relativement tôt car les analyses granulométriques réalisées sur les prélèvements effectués dans le piège pendant les périodes juin 2001 – mai 2004 avaient déjà mis en évidence un gradient granulométrique des sédiments déposés dans le piège. Le fait d'avoir dans le cas présent deux pôles granulométriques bien différenciés, alors que le suivi 2001-2004 avait mis en évidence un gradient granulométrique continu, s'explique par la maille plus grande de l'échantillonnage 2001. L'échantillonnage réalisé en 2011 (4 sondages) est insuffisant pour mettre en évidence un éventuel gradient granulométrique

Le grain médian (D50) des dépôts varie de 8 à 34  $\mu\text{m}$ . Les échantillons prélevés aux points P1, P2 et P4 ont un grain médian pratiquement identique voisin de 9  $\mu\text{m}$  tandis que les grains médians des échantillons P3 sont plus élevés, compris entre 22 et 34  $\mu\text{m}$ . Ces derniers présentent un gradient vertical décroissant. Les dépôts apportés au début du remplissage du piège étaient nettement plus grossiers (D50 = 34  $\mu\text{m}$ ) que ceux de la partie supérieure (22  $\mu\text{m}$ ). Cette évolution de la granulométrie montre que la capacité de transport des sédiments dans le piège a progressivement diminué au fur et à mesure de son remplissage.

L'indice  $S_0$  de Trask (dispersion) fluctue de 2 à 2,6 et témoigne d'un très bon classement. Celui-ci résulte d'une mise en place des sédiments par des courants tractifs. De ce fait les valeurs de  $S_K$  inférieure à 1 (asymétrie) montre que le classement se fait préférentiellement du côté grossier. Les conditions hydrodynamiques ont peu varié dans le piège car les valeurs de  $S_K$  sont pratiquement constantes.

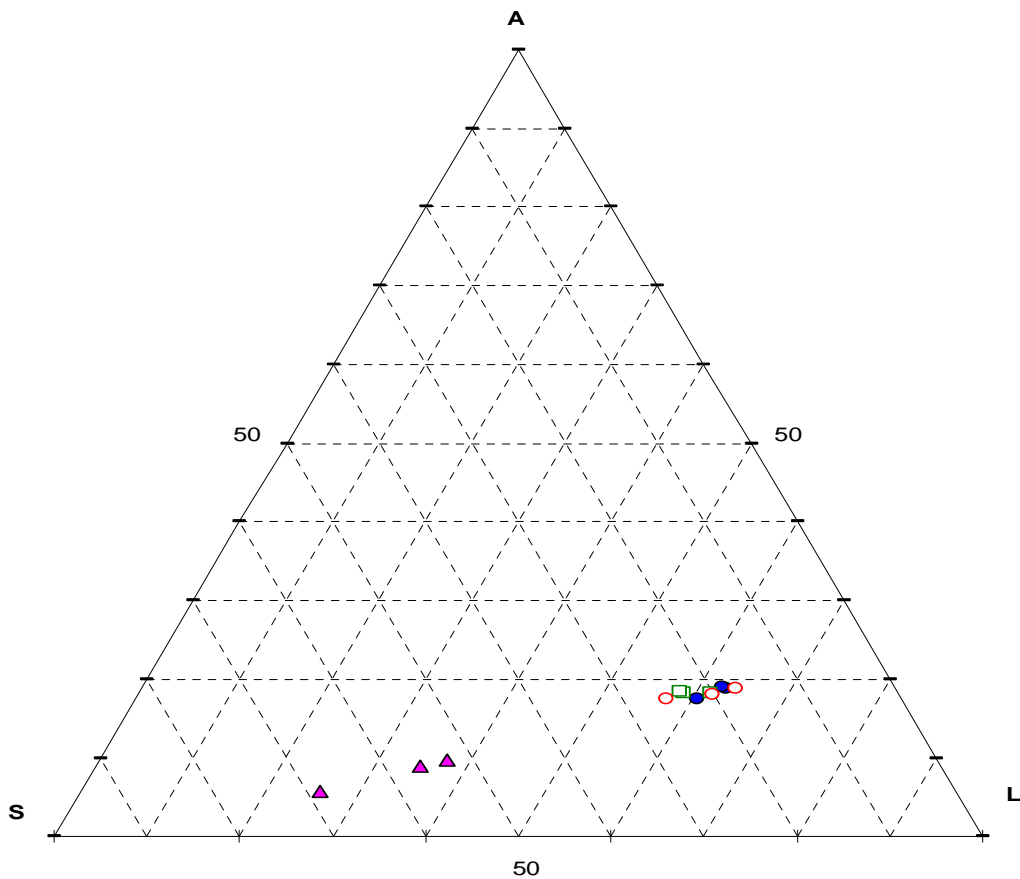
Les distributions granulométriques de tous les échantillons sont présentées en annexe. L'allure des courbes est en parfait accord avec les résultats présentés sur le diagramme triangulaire de texture (figure 3). Il convient de distinguer deux familles de distributions :

- une famille à distribution unimodale (P3),
- une famille à distribution plurimodale (P1-P2-P4).

Les 3 échantillons du point P3 présentent des courbes unimodales qui s'emboîtent. Le processus de mise en place des sédiments est identique (courants tractifs) mais la granulométrie des dépôts évolue dans le temps. On observe un gradient granulométrique décroissant du fond vers la surface.

Les échantillons des points P1, P2 et P4 ont tous des distributions granulométriques plurimodales. Chaque courbe a un mode principal et 3 modes secondaires

Ces différents modes reflètent les variations hydrodynamiques du milieu. Il est vraisemblable que le mode principal corresponde aux phases d'apport par le flot pendant les « marées » de forte amplitude. Les modes secondaires sont sans doute liées à l'amplitude relative du marnage et à la présence de chenaux.



● ( P1)      ○ ( P2)      ▲ ( P3)      □ ( P4)

A : Argile ( $< 2 \mu\text{m}$ )

L : Limons ( $2 - 20 \mu\text{m}$ )

SF : Sables fins ( $20 - 200 \mu\text{m}$ )

Figure 3 : Caractéristiques granulométriques des sédiments prélevés par carottage dans le piège de Lyvet (2011).

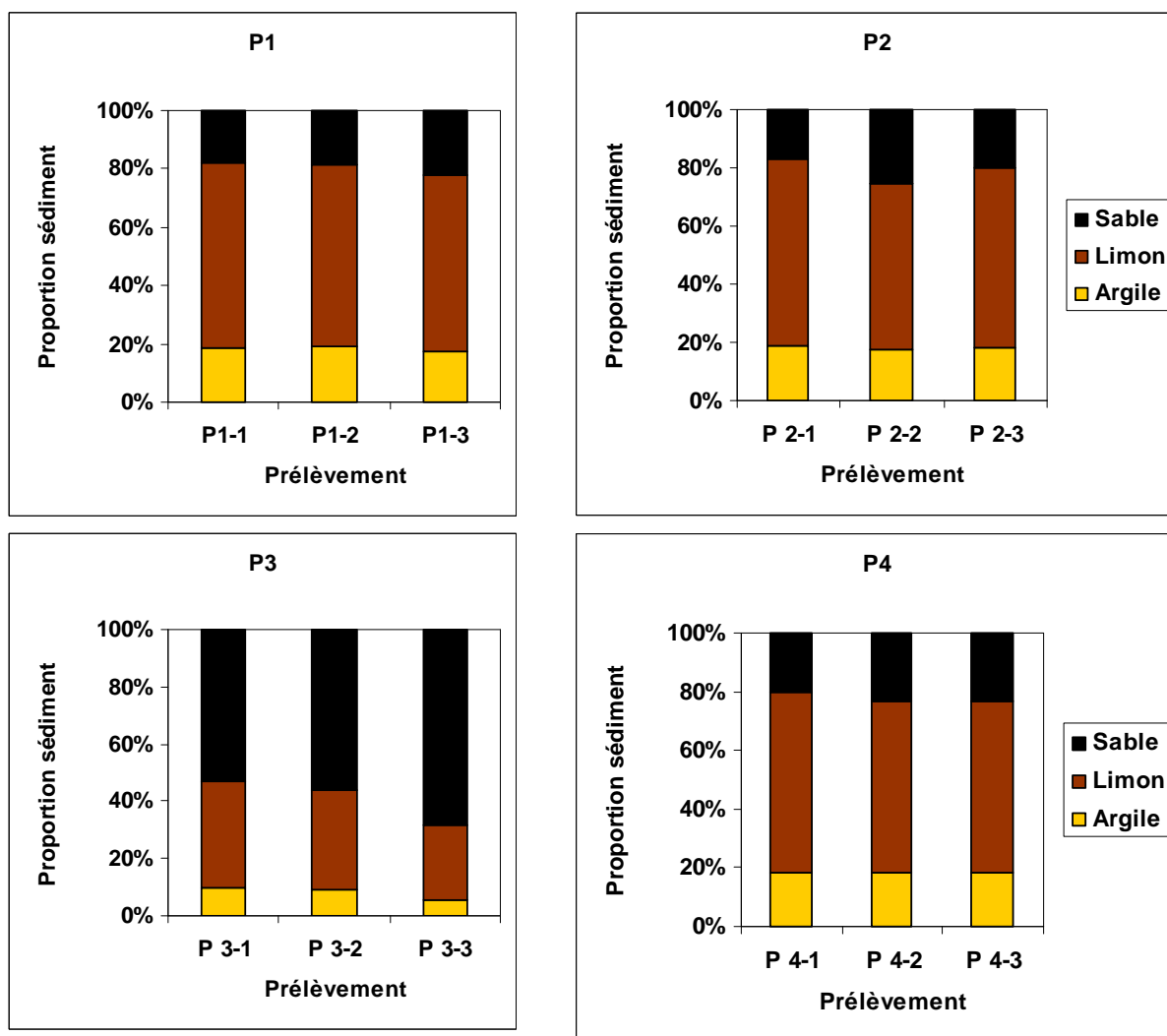


Figure 4 : Distribution granulométrique des différents prélèvements effectués dans le piège de Lyvet.

#### *Teneur en carbonates.*

Les teneurs en carbonates varient en relation avec la granulométrie des dépôts. Les valeurs les plus faibles comprises entre 18 et 22 % sont mesurées dans les sédiments les plus fins (points P1-P2-P4). Les sédiments plus grossiers du prélèvement P3 ont des teneurs voisines de 31 %. Il apparaît donc que la minéralogie peut varier de manière significative avec la granulométrie des dépôts.

#### **4- Epaisseurs et volume des sédiments dans le piège.**

Les résultats des mesures des épaisseurs de sédiments dans les 4 carottages sont portés dans le tableau 1 ci-dessous.

Point de mesure	Epaisseur de vases en m	Hauteur d'eau en m
P1	2.13 m	0.70 m
P2	2.30 m	0.40 m
P3	1.73 m	0.60 m
P4	2.63 m	0.70 m
Valeur moyenne	2.20 m	

Les épaisseurs des dépôts varient de 1,70 m à 2,60 m. l'épaisseur maximale est mesurée au point P4 situé à proximité du chenal d'entrée du piège tandis que l'épaisseur la plus faible enregistrée au point P3. Ces variations d'épaisseurs qui atteignent 0,9 m résultent à la fois de la morphologie du substratum et de la présence de chenaux en surface. Les mesures effectuées lors de la création du piège avaient montré que les épaisseurs variaient en relation avec la morphologie du fond et la dynamique interne de sédimentation. Le chenal d'entrée du piège est établi à l'emplacement d'une petite dépression dans le substratum. L'épaisseur moyenne est aujourd'hui de 2,20 m.

Le volume de sédiments accumulés dans le piège avait été déterminé avec précision dans le cadre du suivi de fonctionnement du piège pendant la période initiale de 3 ans (juin 2001 – mai 2004). Le volume total avait été évalué à 64 000 m<sup>3</sup> et le piège était proche de son taux maximal de remplissage. Le rapport précisait que l'efficacité originelle du piège ne pouvait être rétablie que par un curage total.

L'estimation du volume total de sédiments dans le piège, faite à partir des 4 mesures réalisées en juin 2011, donne un volume voisin de 60 000 m<sup>3</sup>, soit légèrement inférieur au volume mesuré en 2004 (64 000 m<sup>3</sup>). Cette légère diminution dans le temps peut s'expliquer par la précision relative des mesures et/ou par une érosion du site. En 2004, les mesures avaient été effectuées selon 3 profils transversaux avec un point de mesure tous les 5 mètres soit 65 points au total alors que l'évaluation faite en 2011 est fondée sur 4 points de mesure ; le nombre de points de mesures (4) est notoirement insuffisant pour déterminer le volume total de sédiments avec précision. La maille doit tenir compte des variations de la morphologie du substratum et de la surface des dépôts.

Par ailleurs le suivi du remplissage du piège avait montré que les phases de sédimentation active n'avaient pas une intensité constante. Elles pouvaient être interrompues par des phases sans apports voire par de l'érosion. Il est possible que l'évolution du relief, l'érosion des bords latéraux du piège, l'ouverture d'une brèche du côté du chenal principal aient favorisé une érosion partielle des sédiments accumulés durant la phase initiale de remplissage (2001-2004). Le volume total de sédiments accumulés dans le piège est aujourd'hui voisin de 64 000 m<sup>3</sup>. Le taux de remplissage de la fosse est voisin de 80 % (le volume originel était de 80 000 m<sup>3</sup>). Ces données témoignent de la bonne efficacité du piège.

# ANNEXES

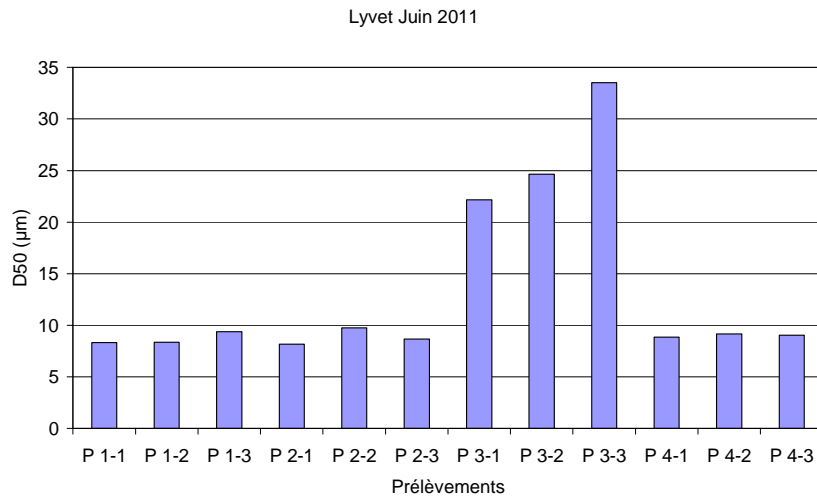


Figure 5 : Evolution du grain médian des échantillons.

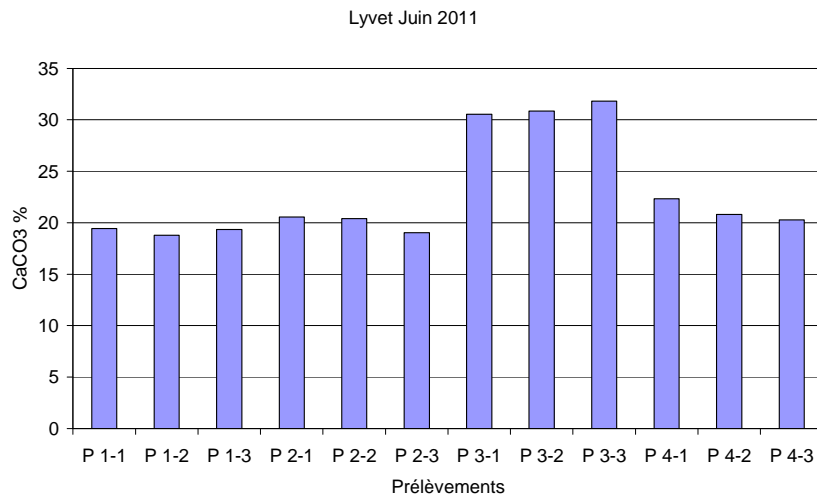


Figure 6 : Evolution des teneurs en carbonates des échantillons.

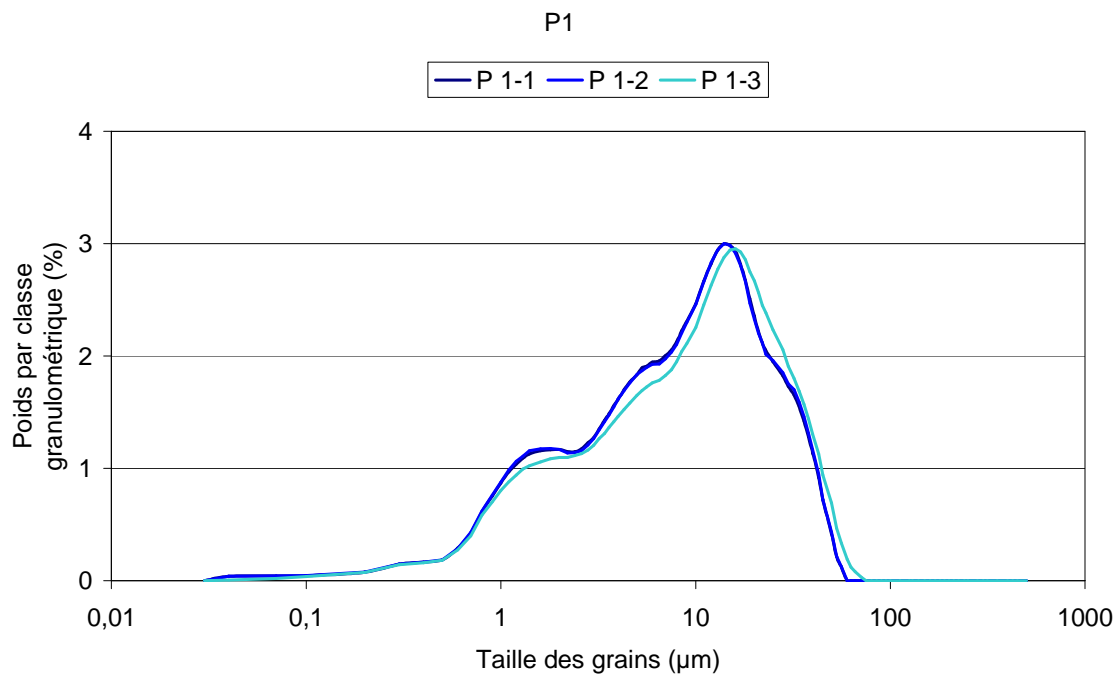


Figure 7 : Distribution granulométrique des sédiments du prélèvement P1.

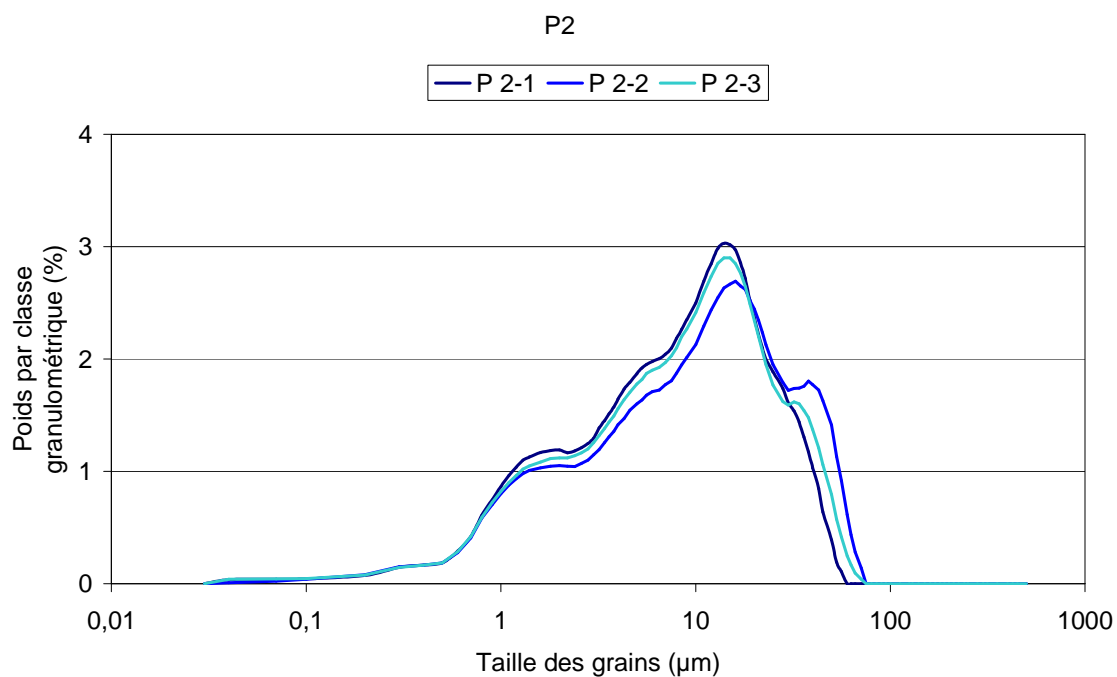


Figure 8 : Distribution granulométrique des sédiments du prélèvement P2

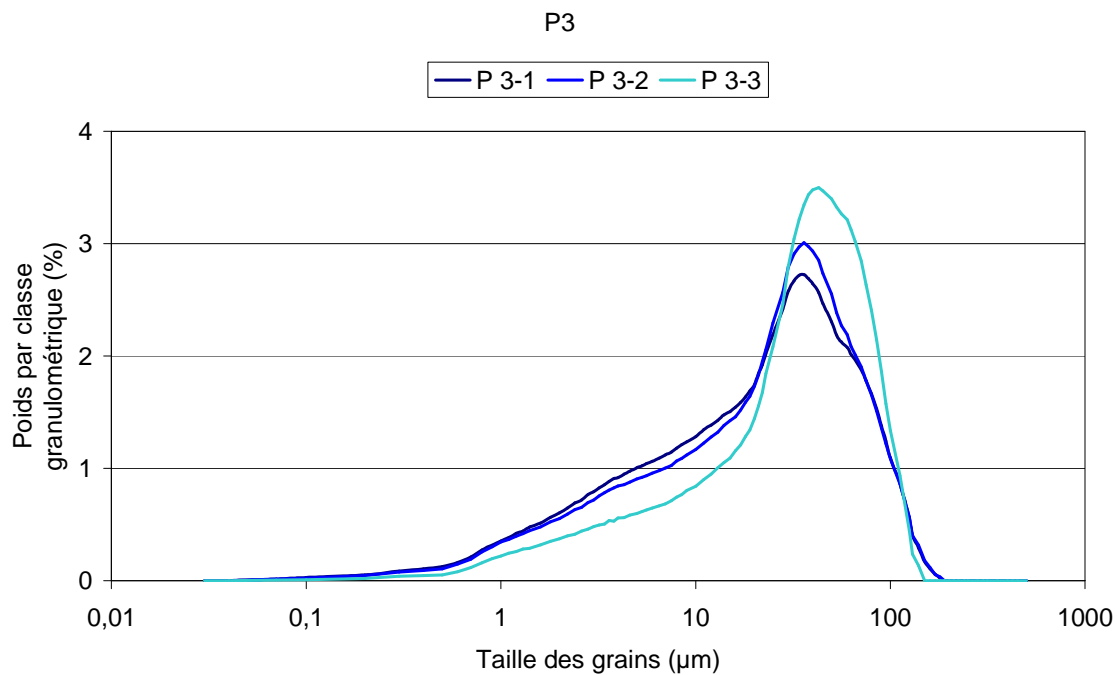


Figure 9 : Distribution granulométrique des sédiments du prélèvement P3.

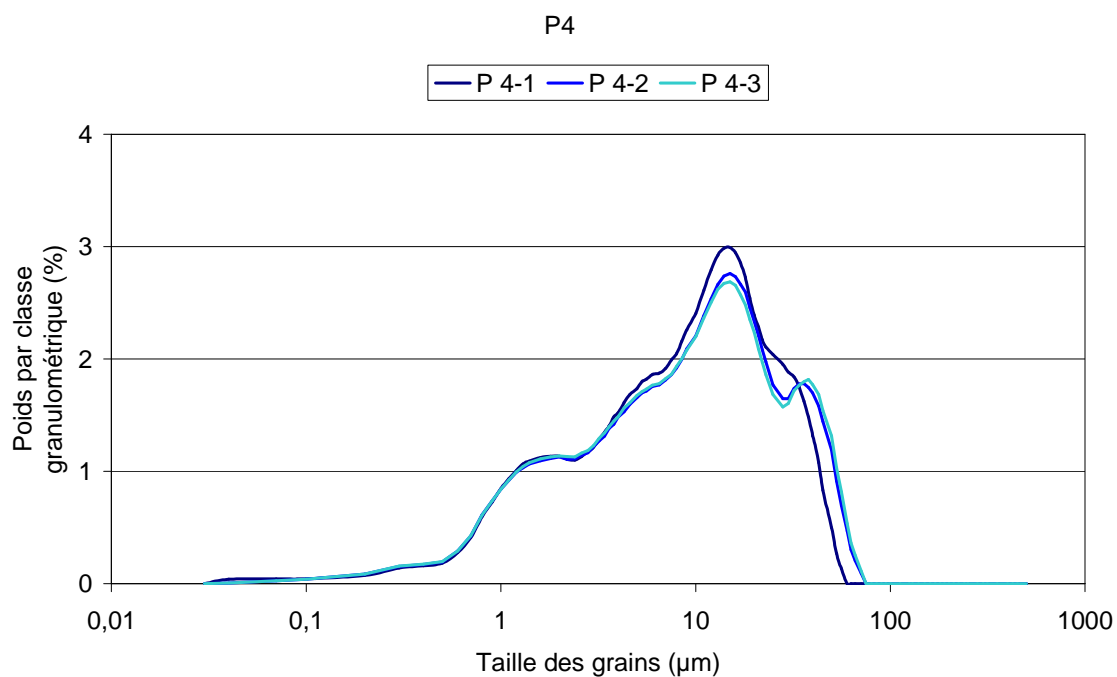


Figure 10 : Distribution granulométrique des sédiments du prélèvement P4.

CAROTTAGES LYVET 2011

Echantillon	%	Argile 0 - 2 µm	Limons 2 - 20 µm	Limons grossiers 20-50 µm	Sables fins 50 - 200 µm	Grain médian en µm	% W	MVS T/m <sup>3</sup>	MVH T/m <sup>3</sup>	Teneur en CaCO <sub>3</sub> en %	S0	Sk
P1-1 (0.8-1.3)	Partiels	18.8	63.0	17.9	0.3	8.3	124	0.6	1.3	19.4	2.4	0.7
	Cumulés	18.8	81.8	99.7	100							
P1-2 (1.0 - 1.5)	Partiels	19.0	62.6	18.1	0.3	8.4	122	0.6	1.4	18.8	2.4	0.7
	Cumulés	19.0	81.6	99.7	100							
P1-3 (2.0-2.5)	Partiels	17.5	60.5	21.0	1.0	9.4	102	0.7	1.4	19.3	2.4	0.7
	Cumulés	17.5	78.0	99.0	100							
P2-1 (0.5-1.0)	Partiels	18.8	64.0	17.0	0.2	8.2	129	0.6	1.3	20.6	2.3	0.7
	Cumulés	18.8	82.8	99.8	100							
P2-2 (1.3-1.8)	Partiels	17.5	57.2	22.5	2.8	7.8	118	0.6	1.4	20.4	2.5	0.7
	Cumulés	17.5	74.7	97.2	100							
P2-3 (2.1-2.6)	Partiels	18.1	61.9	18.8	1.2	8.7	121	0.6	1.4	19.0	2.4	0.7
	Cumulés	18.1	80.0	98.8	100							
P3-1 (0.8-1.3)	Partiels	9.6	37.6	32.1	20.7	22.1	69	0.9	1.6	30.5	2.6	0.6
	Cumulés	9.6	47.2	79.3	100							
P3-2 (1.4-1.9)	Partiels	8.9	34.9	34.8	21.4	24.6	47	1.2	1.7	30.8	2.4	0.6
	Cumulés	8.9	43.8	78.6	100							
P3-3 (1.9-2.4)	Partiels	5.7	25.8	39.1	29.4	33.5	49	1.1	1.7	31.8	2.0	0.7
	Cumulés	5.7	31.5	70.6	100							
P4-1 (1.1-1.6)	Partiels	18.3	61.7	19.7	0.3	8.8	127	0.6	1.4	22.3	2.4	0.7
	Cumulés	18.3	80.0	99.7	100							
P4-2 (2.0-2.5)	Partiels	18.3	58.6	21.0	2.1	9.2	109	0.7	1.4	20.8	2.5	0.7
	Cumulés	18.3	76.9	97.9	100							
P4-3 (3.2-3.7)	Partiels	18.4	58.2	21.0	2.4	9.0	101	0.7	1.4	20.3	2.5	0.7
	Cumulés	18.4	76.6	97.6	100							

Tableau 3 : Principales caractéristiques des sédiments du piège de Lyvet (classification agronomique).