



UPVD
Université de Perpignan Via Domitia



Atlas de l'évolution morphologique et du budget sédimentaire du littoral d'Occitanie 2011-2014/15

AXE 2 – Contrat d'étude PAUL



CEFREM 2019

**Atlas de l'évolution morphologique
et du budget sédimentaire
du littoral d'Occitanie
2011-2014/15**

AXE 2 – Contrat d'étude PAUL

*Nicolas Aleman
Olivier Raynal
Raphaël Certain
Nicolas Robin*

Citation :

Aleman, N., Raynal, O., Certain, R., Robin, N., 2019. Atlas de l'évolution morphologique et du budget sédimentaire du littoral d'Occitanie 2011-2014/15. Rapport axe 2 - PAUL, 64 p.

Table des matières

| | |
|---|----|
| PREAMBULE | 1 |
| 1. INTRODUCTION | 3 |
| 2. BUDGET SEDIMENTAIRE DU LITTORAL D'OCCITANIE ENTRE 2011-2014/15 | 4 |
| 2.1. Budget régional..... | 4 |
| 2.2. Budget par compartiments hydro-sédimentaires | 5 |
| 2.3. Budget par cellule hydro-sédimentaire..... | 5 |
| 3. ELEMENTS D'INTERPRETATION ET DISCUSSION..... | 11 |
| 3.1. Evolution du budget sédimentaire entre 2009-2011 et 2011-2014/15 : bascule d'une situation de gain sédimentaire à une érosion généralisée ? | 11 |
| 3.2. Pistes d'interprétation des variations du BS..... | 11 |
| 3.2.1. Facteurs naturels..... | 11 |
| 3.2.2. Limites des instruments de mesure et de la méthodologie..... | 18 |
| 4. CONCLUSION SUR LA VALIDITE DU BUDGET SEDIMENTAIRE 2009-2011- 2014/15..... | 26 |
| 5. ATLAS DU BUDGET SEDIMENTAIRE D'OCCITANIE (2011-2014/15)..... | 27 |

PREAMBULE

Ce rapport constitue l'axe 2 du contrat d'étude "*Perte AU Large*" (PAUL) entre la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement d'Occitanie (DREAL-O), l'Université de Perpignan Via Domitia (UPVD) et le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).

L'étude a été réalisée au sein du CEntre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens (CEFREM -UMR5110) par le groupe Littoral Multi-Scale Analysis (LMUSCA) sous la direction scientifique de Mrs. Raphaël CERTAIN et Nicolas ROBIN.

Ce travail s'inscrit dans la continuité des travaux réalisés au sein du CEFREM en partenariat avec la DREAL-O (i.e. SIMILAR, PGSLR, LITTOSIS, REVOLSED, REVOLSTOCK). Il vise à améliorer les connaissances sur les pertes probables de sédiments depuis le compartiment littoral vers le large mises en avant dans les études antérieures.

Pour plus d'information sur les précédentes études, se reporter sur les sites de la DREAL Occitanie (www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr) et du groupe LMUSCA (<https://elmusca.wordpress.com>).

Bibliographie non exhaustive :

- Aleman, N., Raynal, O., Certain, R., Robin, N., Brunel, C., 2017. Atlas de l'évolution morphologique et du budget sédimentaire du littoral du Languedoc-Roussillon 2007-2009-2011. Rapport thème 2 - SIMILAR, 68 p.
- Raynal, O., Certain, R., Robin, N., Aleman, N., avec la collaboration de Montel, L., et Dufresne, P., 2018. REVOLSTOCK : Prospective de la relation entre l'évolution du trait de côte et le stock sableux de l'avant-côte d'Occitanie. Rapport final. DREAL-LR / UPVD, 19 p.
- Brunel, C., Certain, R., Robin, N., Aleman, N., Raynal, O., avec la collaboration de Guérinel, B. et Dufresne, P., 2014. REVOLSED : Relation entre l'évolution du trait de côte et le bilan sédimentaire de l'avant-côte du Languedoc-Roussillon. Rapport final. DREAL-LR / UPVD, 68 p.
- Brunel, C., Certain, R., Robin, N., Aleman, N., Raynal, O., Barusseau, J.-P., Sabatier, F., 2012. Atlas de l'évolution des fonds et des budgets sédimentaires séculaires de l'avant-côte du Languedoc-Roussillon (1895/1984/2009). DREAL-LR / UPVD, 27 p.
- Raynal, O., Certain, R., Brunel, C., Aleman, N., Robin, N., Guérinel, B., Montel, L., 2015. LITTOSIS : Analyse volumétrique et granulométrique du prisme sableux littoral du Languedoc-Roussillon. Rapport final. DREAL-LR / UPVD, 46 p.
- Raynal, O., Certain, R., Guérinel, B., 2013. Elaboration des éléments sédimentologiques de référence du PGSLR. Rapport de tâche C du Plan de Gestion des Sédiments du Languedoc-Roussillon. DREAL-LR / UPVD, 56 p.

1. INTRODUCTION

Ce travail fait suite à l'atlas de l'évolution morphologique et du budget sédimentaire du littoral du Languedoc-Roussillon 2007-2009-2011 réalisé dans l'étude SIMILAR (UPVD/DREAL-O). Dans le présent rapport, le levé LiDAR 2014/15 est ajouté à l'analyse. En conséquence, les lecteurs sont invités à consulter le rapport du thème 2 SIMILAR ([Aleman et al., 2017](#)) pour prendre connaissance de la méthodologie employée (levés LiDAR topo-bathymétriques, différentiels bathymétriques, détermination des limites de cellules, calcul du budget sédimentaire et de la marge d'erreur, climat de houle) et des résultats détaillés du bilan 2007-2009-2011. Dans ce rapport est présenté uniquement le budget sédimentaire 2011-2014/15 et sa comparaison avec ceux de 2007-2009-2011.

En raison de contraintes techniques et météorologiques, le dernier levé LiDAR s'est déroulé à cheval sur les années 2014 et 2015 (Fig. 1). Le premier levé s'est déroulé en octobre 2014 et concerne les secteurs d'Argelès-sur-Mer à Port-la-Nouvelle, d'Agde à Sète et de Port Camargue aux Saintes-Maries-de-la-Mer. Le second levé a eu lieu en septembre 2015 sur les secteurs de Port-la-Nouvelle à Agde et de Sète à Port Camargue. Dans la mesure du possible, cette différence temporelle aura été prise en compte dans les analyses et interprétations présentées dans ce rapport.

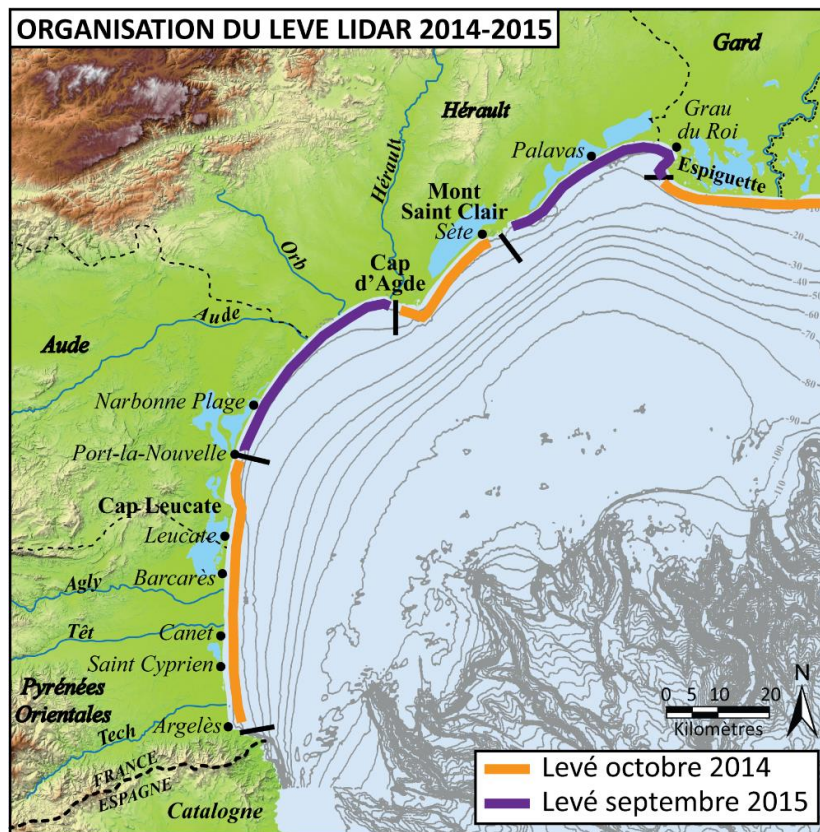


Figure 1 : Organisation générale du levé LiDAR 2014/15. La date du levé varie en fonction des secteurs.

2. BUDGET SEDIMENTAIRE DU LITTORAL D'OCCITANIE ENTRE 2011-2014/15

2.1. Budget régional

La figure 2 présente le budget sédimentaire (*BS*) global entre 2011-2014/15 de l'ensemble du littoral d'Occitanie et par compartiment hydro-sédimentaire. Entre 2011 et 2014/15, le *BS* global du littoral de la région est en érosion avec une perte sédimentaire de $-2\,544\,000 \pm 1\,323\,800 \text{ m}^3$ ($-0,028 \pm 0,014 \text{ m}^3/\text{m}^2$). La perte sédimentaire est de $-1\,978\,000 \pm 1\,194\,900 \text{ m}^3$ ($-0,027 \pm 0,016 \text{ m}^3/\text{m}^2$) si l'on exclut la zone très morphogène de l'Espiguette (delta du Rhône) qui n'alimente plus ou très peu le littoral occitan en raison de la jetée de Port-Camargue.

Dans le détail (tableau 1), l'érosion touche principalement l'avant-côte avec un *BS* négatif de $-2\,254\,130 \pm 854\,183 \text{ m}^3$ ($-0,030 \pm 0,011 \text{ m}^3/\text{m}^2$). La plage est également en érosion avec une perte de $-474\,926 \pm 445\,519 \text{ m}^3$ ($-0,034 \pm 0,032 \text{ m}^3/\text{m}^2$) alors que

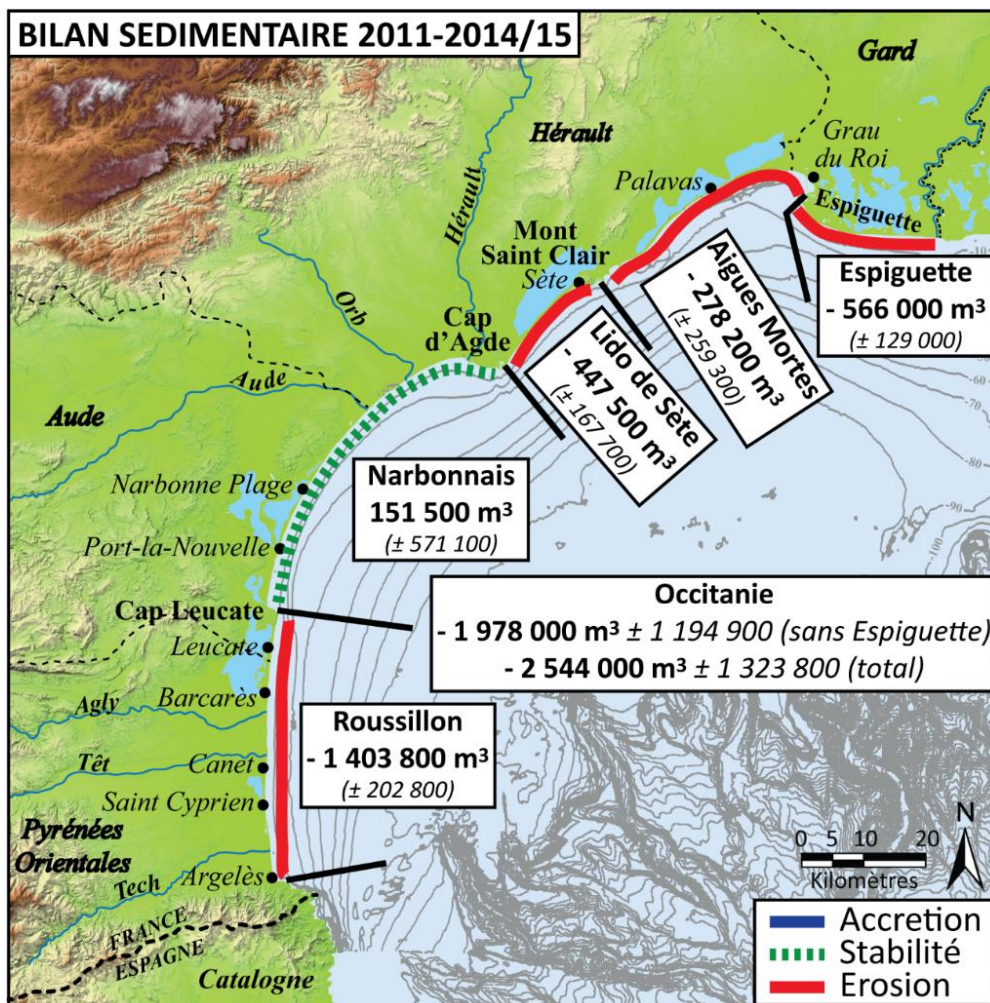


Figure 2 : Budget sédimentaire global et par compartiment hydro-sédimentaire du littoral d'Occitanie entre 2011 et 2014/15 avec leur marge d'erreur.

le trait de côte (pour rappel, zone définie entre la position du trait de côte la plus reculée à terre et la position la plus avancée en mer entre les deux dates comparées, soit la zone de battement entre les deux traits de côte ; cf. méthodologie dans le [thème 2](#) de l'étude SIMILAR) est en légère accrétion avec un gain de $185\,029 \pm 24\,142 \text{ m}^3$ ($0,096 \pm 0,013 \text{ m}^3/\text{m}^2$).

2.2. Budget par compartiments hydro-sédimentaires

Les compartiments du Roussillon, du Lido de Sète et de l'Espiguette ont un bilan négatif respectif de $-1\,403\,800 \pm 202\,000 \text{ m}^3$ ($-0,068 \pm 0,010 \text{ m}^3/\text{m}^2$), $-447\,500 \pm 167\,700 \text{ m}^3$ ($-0,044 \pm 0,016 \text{ m}^3/\text{m}^2$) et $-566\,000 \pm 129\,000 \text{ m}^3$ ($-0,032 \pm 0,007 \text{ m}^3/\text{m}^2$) alors que le Narbonnais et le Golfe d'Aigues Mortes sont relativement stable avec un bilan sédimentaire de $151\,500 \pm 571\,100 \text{ m}^3$ ($0,004 \pm 0,017 \text{ m}^3/\text{m}^2$) et $-278\,200 \pm 259\,300 \text{ m}^3$ ($-0,032 \pm 0,030 \text{ m}^3/\text{m}^2$) respectivement (Fig. 2 et tableau 1).

Transversalement à la côte, c'est sur l'avant-côte que l'érosion est la plus importante avec un *BS* de $-1\,411\,989 \pm 149\,562 \text{ m}^3$ ($-0,078 \pm 0,008 \text{ m}^3/\text{m}^2$) dans le Roussillon, $-386\,068 \pm 146\,707 \text{ m}^3$ ($-0,042 \pm 0,016 \text{ m}^3/\text{m}^2$) sur le Lido de Sète, $-237\,427 \pm 177\,213 \text{ m}^3$ ($-0,035 \pm 0,026 \text{ m}^3/\text{m}^2$) dans le Golfe d'Aigues Mortes et $-539\,744 \pm 123\,267 \text{ m}^3$ ($-0,036 \pm 0,008 \text{ m}^3/\text{m}^2$) à Espiguette (tableau 1). Seule l'avant-côte du Narbonnais présente une légère accrétion avec un *BS* de $321\,097 \pm 257\,434 \text{ m}^3$ ($0,012 \pm 0,010 \text{ m}^3/\text{m}^2$). Les plages sont stables ou en légère érosion avec un *BS* de $-79\,806 \pm 51\,724 \text{ m}^3$ ($-0,039 \pm 0,025 \text{ m}^3/\text{m}^2$) dans le Roussillon, $-290\,866 \pm 297\,566 \text{ m}^3$ ($-0,039 \pm 0,040 \text{ m}^3/\text{m}^2$) dans le Narbonnais, $-31\,102 \pm 13\,123 \text{ m}^3$ ($-0,037 \pm 0,016 \text{ m}^3/\text{m}^2$) sur le Lido de Sète, $-60\,475 \pm 78\,113 \text{ m}^3$ ($-0,044 \pm 0,057 \text{ m}^3/\text{m}^2$) dans le Golfe d'Aigues Mortes et $-12\,677 \pm 4\,992 \text{ m}^3$ ($-0,006 \pm 0,002 \text{ m}^3/\text{m}^2$) à Espiguette (tableau 1). Enfin, le budget sédimentaire du trait de côte est beaucoup plus hétérogène avec trois compartiments en accrétion (le Roussillon, le Narbonnais et le GAM avec un *BS* respectif de $87\,948 \pm 1\,537 \text{ m}^3$ ($0,222 \pm 0,004 \text{ m}^3/\text{m}^2$), $121\,280 \pm 16\,104 \text{ m}^3$ ($0,141 \pm 0,019 \text{ m}^3/\text{m}^2$) et $19\,662 \pm 3\,950 \text{ m}^3$ ($0,063 \pm 0,013 \text{ m}^3/\text{m}^2$)) et deux en érosion (le Lido de Sète et Espiguette avec un *BS* respectif de $-30\,281 \pm 1\,833 \text{ m}^3$ ($-0,213 \pm 0,013 \text{ m}^3/\text{m}^2$) et $-13\,581 \pm 719 \text{ m}^3$ ($-0,062 \pm 0,003 \text{ m}^3/\text{m}^2$)) (tableau 1). En termes de pourcentage des volumes totaux déplacés, la plage, le trait de côte et l'avant-côte représentent respectivement 5, 6 et 89% dans le Roussillon, 40, 17 et 44% dans le Narbonnais, 7, 7 et 86% sur le Lido de Sète, 19, 6 et 75% dans le Golfe d'Aigues Mortes et 2, 2 et 95% à Espiguette.

2.3. Budget par cellule hydro-sédimentaire

La figure 3 (issue du tableau 1) présente l'évolution longitudinale du *BS* 2011-2014/15 par cellule hydro-sédimentaire. Les valeurs sont présentées en m^3/m^2 afin de gommer l'effet de la différence de superficie des cellules et permettre ainsi leur comparaison. La position des fleuves côtiers, des limites des grands compartiments et des principaux lieux est indiquée.

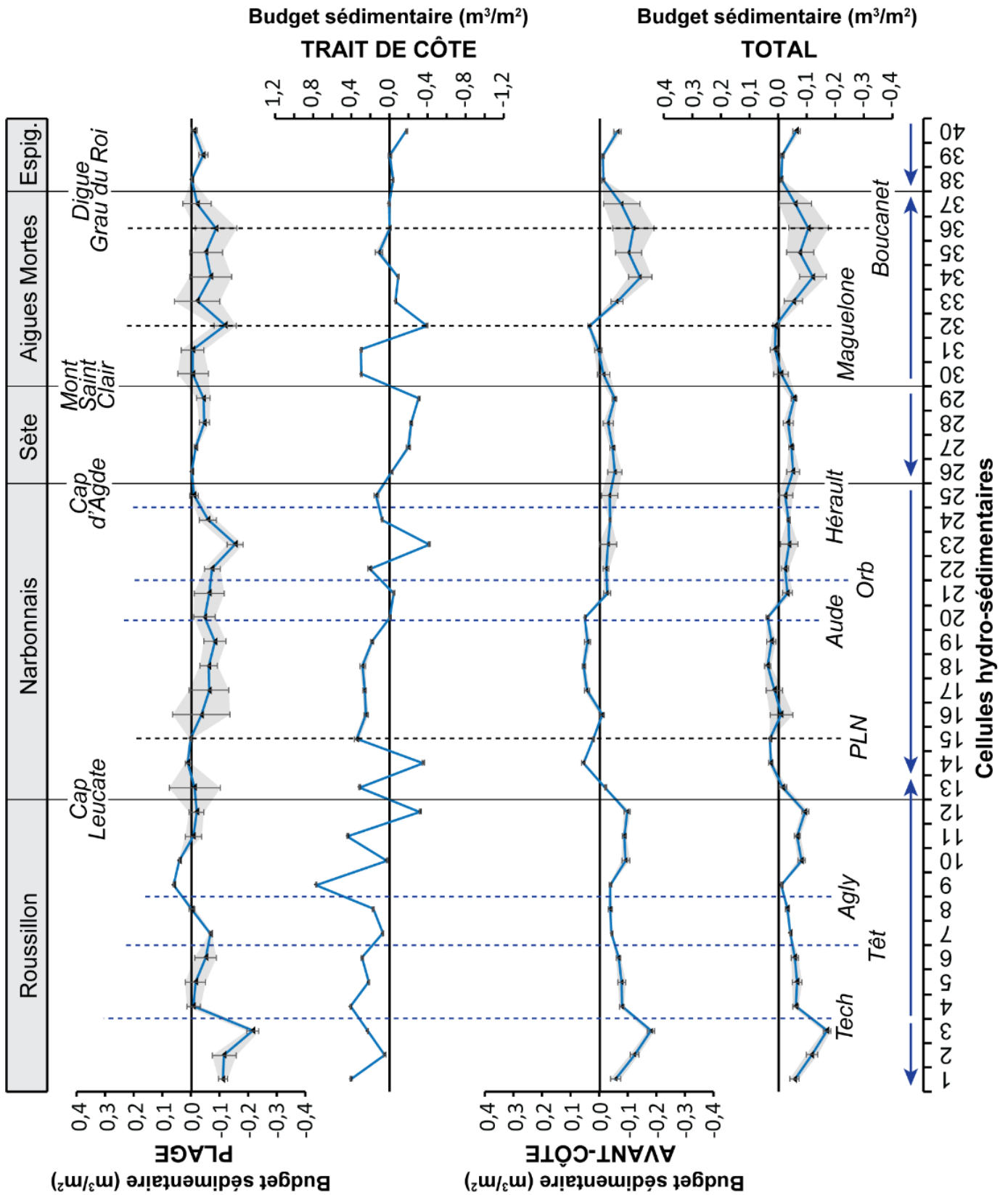


Figure 3 : Evolution longitudinale du budget sédimentaire (m³/m²) des cellules hydro-sédimentaires du littoral d'Occitanie et marge d'erreur entre 2011 et 2014/15.

Comme décrit plus haut, le budget sédimentaire total est majoritairement négatif (moyenne de $-0,040 \pm 0,018 \text{ m}^3/\text{m}^2$) et le *BS* de l'avant-côte est quasiment similaire car il représente en moyenne 76% du budget global. Du sud vers le nord, le *BS* est négatif avec un pic au niveau de l'embouchure du Tech ($-0,171 \pm 0,014 \text{ m}^3/\text{m}^2$), puis il diminue progressivement de $-0,062 \pm 0,010 \text{ m}^3/\text{m}^2$ à $-0,011 \pm 0,002 \text{ m}^3/\text{m}^2$ jusqu'à l'embouchure de l'Agly. Au-delà, l'érosion atteint environ $-0,082 \pm 0,012 \text{ m}^3/\text{m}^2$ jusqu'au passage du Cap Leucate. De La Franqui à l'embouchure de l'Aude, le *BS* est très légèrement positif (moyenne de $0,017 \pm 0,016 \text{ m}^3/\text{m}^2$) avant de basculer à nouveau en érosion jusqu'au Mont Saint Clair (moyenne de $-0,039 \pm 0,017 \text{ m}^3/\text{m}^2$). De Sète à Palavas (cellules 30 à 32), le *BS* total et de l'avant-côte est relativement stable (moyenne de $0,003 \pm 0,017 \text{ m}^3/\text{m}^2$) puis passe en érosion dans le Golfe d'Aigues Mortes (moyenne de $-0,084 \pm 0,050 \text{ m}^3/\text{m}^2$ pour les cellules 33 à 37). La pointe de l'Espiguette montre une légère érosion en aval dérive (moyenne de $-0,013 \pm 0,004 \text{ m}^3/\text{m}^2$ pour les cellules 38 et 39) et une forte érosion en amont ($-0,065 \pm 0,013 \text{ m}^3/\text{m}^2$ pour la cellule 40).

L'évolution longitudinale du *BS* de la plage émergée est en forte érosion de la plage du Racou à l'embouchure du Tech (moyenne de $-0,148 \pm 0,026 \text{ m}^3/\text{m}^2$ pour les cellules 1 à 3). La plage se stabilise après l'embouchure du Tech puis repasse en légère érosion jusqu'à l'embouchure de la Têt ($-0,068 \pm 0,004 \text{ m}^3/\text{m}^2$ pour la cellule 7) puis en accrétion autour de l'embouchure de l'Agly ($-0,061 \pm 0,001 \text{ m}^3/\text{m}^2$ pour la cellule 9). De Port Barcarès au port de Port-la-Nouvelle, la plage est en relative stabilité (moyenne de $-0,006 \pm 0,031 \text{ m}^3/\text{m}^2$ pour les cellules 11 à 15). Au-delà, la plage émergée est en constante érosion (moyenne de $-0,061 \pm 0,045 \text{ m}^3/\text{m}^2$ pour les cellules 16 à 40) avec quelques petites zones de stabilité au niveau du Cap d'Agde (cellules 25 à 27), des Aresquiers (cellules 30 et 31) et d'Espiguette (cellule 38).

L'évolution longitudinale du *BS* du trait de côte est beaucoup plus hétérogène ($\Delta BS = 1,188 \pm 0,039 \text{ m}^3/\text{m}^2$). Du Racou à Port Leucate, le trait de côte est en accrétion (moyenne de $0,278 \pm 0,004 \text{ m}^3/\text{m}^2$ pour les cellules 1 à 11) avec un pic au passage de l'embouchure de l'Agly ($0,770 \pm 0,001 \text{ m}^3/\text{m}^2$ pour la cellule 9). Du cap Leucate à Port-la-Nouvelle, le trait de côte alterne entre érosion et accrétion, puis l'accrétion s'impose entre Port-la-Nouvelle et l'embouchure de l'Aude (moyenne de $0,261 \pm 0,022 \text{ m}^3/\text{m}^2$ pour les cellules 15 à 19). Le *BS* est stable entre l'embouchure de l'Aude et celle de l'Orb puis on observe un pic d'érosion entre Portiragne et l'embouchure du Libron ($-0,418 \pm 0,008 \text{ m}^3/\text{m}^2$ pour la cellule 23). Le trait de côte alterne ensuite des zones d'accrétion (moyenne de $0,105 \pm 0,017 \text{ m}^3/\text{m}^2$ pour les cellules 24-25 et moyenne de $0,296 \pm 0,007 \text{ m}^3/\text{m}^2$ pour les cellules 30-31) et d'érosion (moyenne de $-0,191 \pm 0,012 \text{ m}^3/\text{m}^2$ pour les cellules 26-29 et moyenne de $-0,184 \pm 0,004 \text{ m}^3/\text{m}^2$ pour les cellules 32-34) avant de se stabiliser (moyenne de $-0,020 \pm 0,013 \text{ m}^3/\text{m}^2$ pour les cellules 35-40).

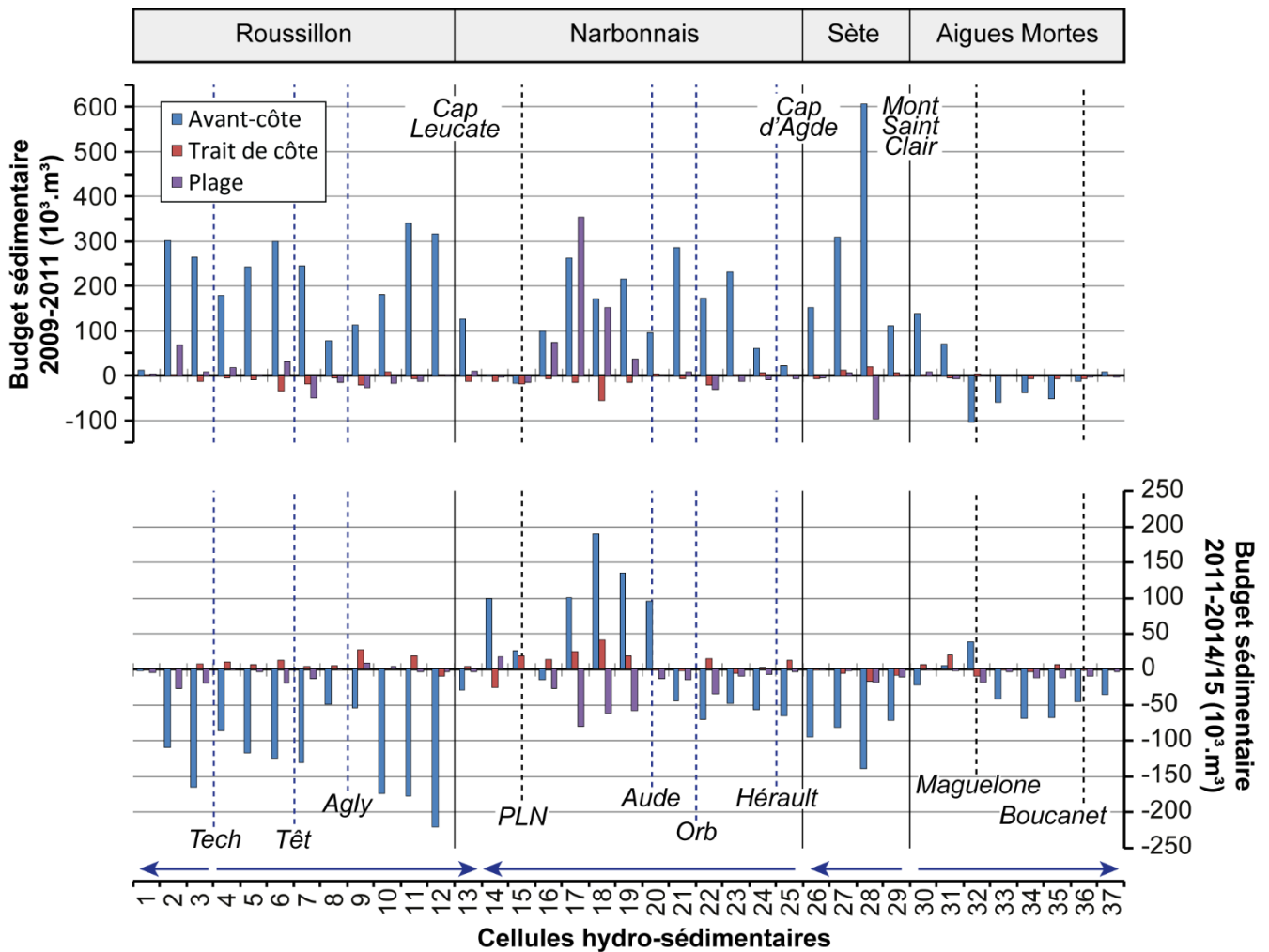


Figure 4 : Budget sédimentaire ($10^3.m^3$) 2009-2011 et 2011-2014/15 de l'avant-côte, du trait de côte et de la plage de chaque cellule hydro-sédimentaire du littoral d'Occitanie.

La figure 4 présente le budget sédimentaire par cellule en mètre cube de chaque zone (avant-côte, trait de côte et plage). Elle permet d'analyser les échanges possibles entre les trois compartiments. Les variations de volumes sédimentaires les plus importantes s'observent sur l'avant-côte que ce soit en termes de pertes ou d'érosion. Cela indique que la source ou le puits sédimentaire ne peuvent pas être seulement le trait de côte et/ou la plage, d'autant plus lorsque les zones présentent la même tendance (érosion ou accrétion). De même longitudinalement à la côte, les très fortes variations de volume entre les différents compartiments et le sens du transport sédimentaire soulignent les probables échanges de sédiments entre l'avant-côte et le large. Malgré tout, ces résultats sont discutables en raison de la méthodologie employée (voir plus loin dans le rapport, cf. paragraphe 3.2.2).

3. ELEMENTS D'INTERPRETATION ET DISCUSSION

Ce chapitre a pour objectif de proposer quelques pistes d'interprétation et de discussion concernant l'évolution du budget sédimentaire du littoral entre 2011 et 2014/15 et de le confronter à celle déjà observée entre 2009 et 2011 (rapport [SIMILAR](#)).

3.1. Evolution du budget sédimentaire entre 2009-2011 et 2011-2014/15 : bascule d'une situation de gain sédimentaire à une érosion généralisée ?

Le bilan sédimentaire total du littoral d'Occitanie est passé à $-2\,544\,000 \pm 1\,323\,800$ m³ entre 2011 et 2014/15, soit une perte de 28% du volume gagné entre 2009 et 2011 ($9\,175\,400 \pm 1\,807\,300$ m³) (Fig. 5). La bascule vers l'érosion a lieu dans tous les grands ensembles hydrosédimentaires. Entre 2011 et 2014, le Roussillon perd 56% du volume gagné entre 2009 et 2011, le Lido de Sète 40% et Espiguette 16%. Le Narbonnais qui était en nette accrétion avec $2\,130\,000 \pm 757\,800$ m³ se stabilise ($151\,500 \pm 571\,100$ m³) et le Golfe d'Aigues Mortes demeure en relative stabilité ($-78\,700 \pm 146\,200$ m³ en 2011 et $-278\,200 \pm 259\,300$ m³ en 2015) (Fig. 5).

Dans le détail (Fig. 6), la quasi-totalité de l'avant-côte a basculé dans l'érosion, excepté en aval dérive du Narbonnais entre Port-la-Nouvelle et l'embouchure de l'Aude (cellules 14 à 20) et entre les Aresquiers et Palavas (cellule 31 et 32). Une grande partie du trait de côte passe en accrétion, notamment dans le Roussillon et le Narbonnais. Seuls l'amont transit du Narbonnais (cellules 23, 24 et 25) et du Lido de Sète ont un trait de côte qui bascule en érosion. Sur la plage, la tendance tend vers une faible érosion généralisée alors que la période 2009-2011 était marquée par de fortes variations entre accrétion et érosion. L'ensemble de ces résultats sont à modérer en raison de la méthodologie discutée dans le paragraphe 3.2.2.

3.2. Pistes d'interprétation des variations du BS

Le thème 2 du rapport SIMILAR présente quelques pistes de réflexions quant au gain de sédiment observé entre 2009 et 2011. Cette section a pour objectif d'affiner ces quelques pistes sur l'évolution du budget sédimentaire observée avec la nouvelle période 2011-2014/15 en focalisant d'une part sur l'influence des facteurs naturels et d'autre part sur les limites de la méthode employée car l'alternances gains/pertes de plusieurs millions de mètres cubes sur seulement quelques années peut paraître suspecte.

3.2.1. Facteurs naturels

L'évolution morphologique de l'avant-côte est la résultante des conditions d'agitation. L'analyse des variations des conditions d'agitation sur la période considérée est

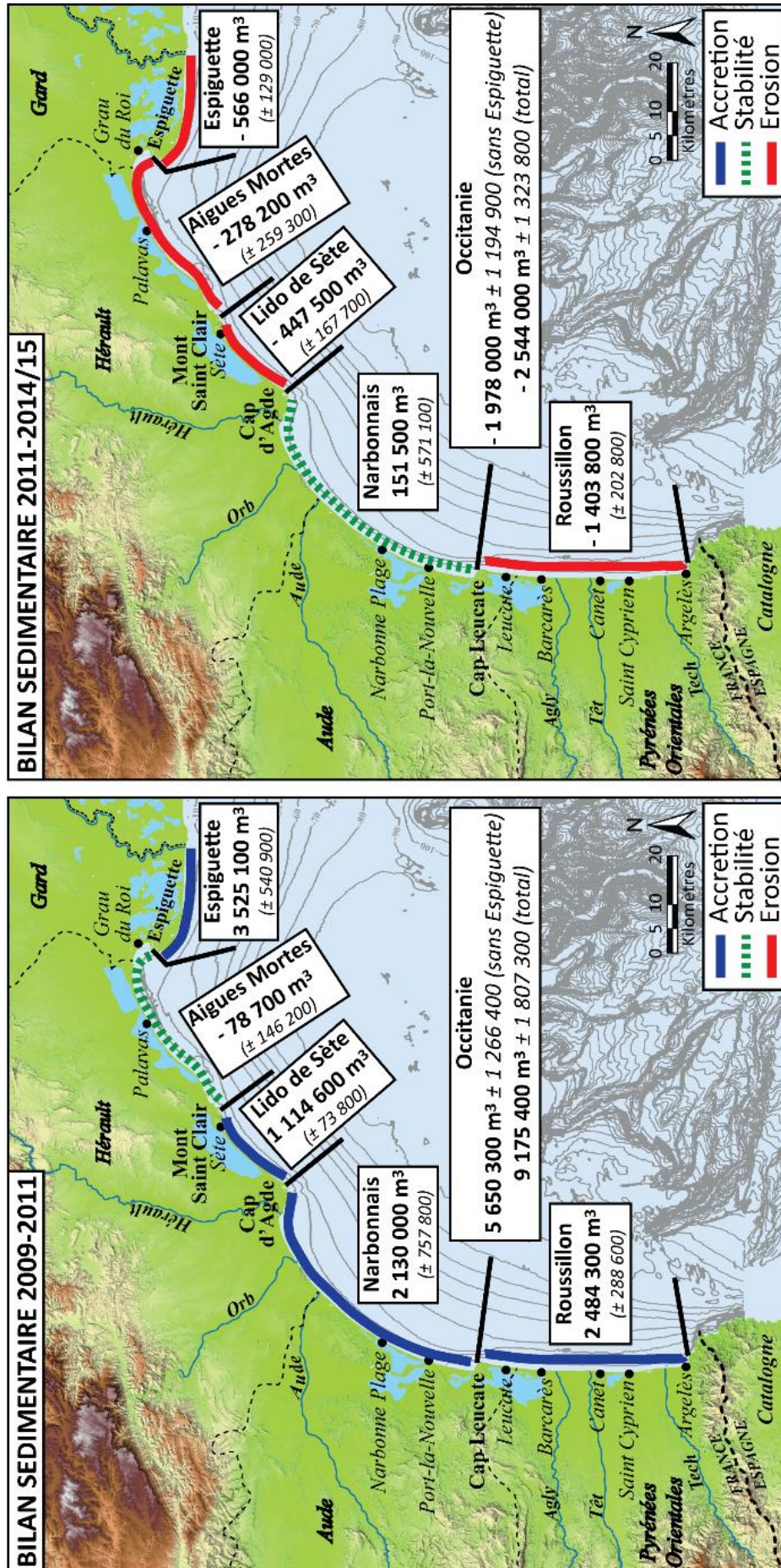


Figure 5 : Budget sédimentaire global et par compartiment hydro-sédimentaire du littoral d'Occitanie entre 2009-2011 et 2011-2014/15 avec leur marge d'erreur.

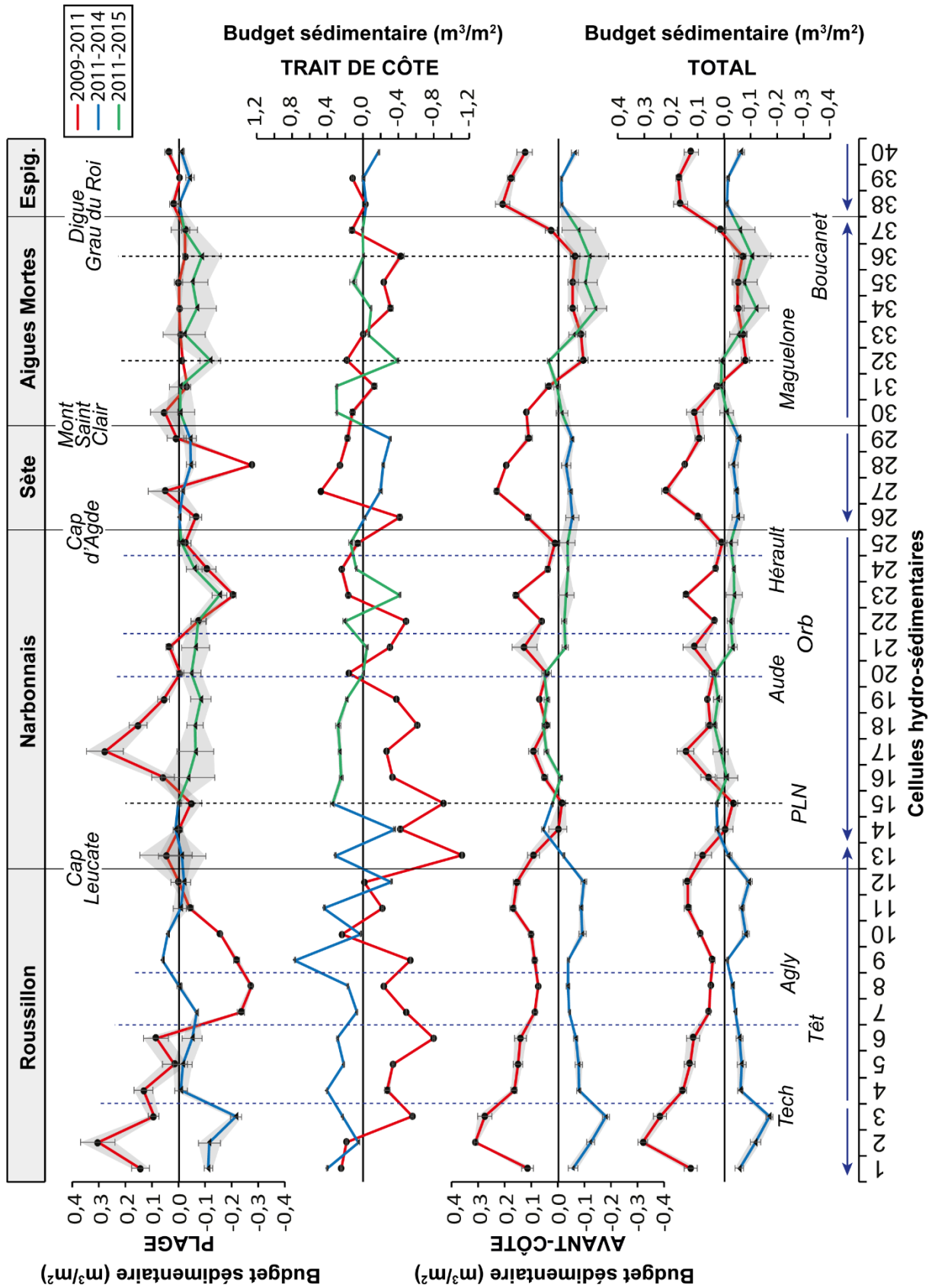


Figure 6 : Evolution longitudinale du budget sédimentaire (m^3/m^2) des cellules hydro-sédimentaires du littoral d'Occitanie et marge d'erreur entre 2011 et 2014/15.

Tableau 2 : Energie totale des houles (en kilojoule) de la période hivernale et estivale précédant les levés LiDAR (2009, 2011, 2014 et 2015). Les nombres en italiques indiquent que les données sont incomplètes.

| | Energie de la houle (Kj/m ²) | | | |
|---------------------------|--|----------------|-------------|-------------------|
| | <i>Banyuls</i> | <i>Leucate</i> | <i>Sète</i> | <i>Espiguette</i> |
| Hiver 2008-2009 (oct-avr) | 7 967 | 9 140 | 7 490 | 11 355 |
| Hiver 2010-2011 (oct-avr) | 11 704 | 13 617 | 11 779 | 8 716 |
| Hiver 2013-2014 (oct-avr) | 8 278 | 8 785 | 8 582 | 10 079 |
| Hiver 2014-2015 (oct-avr) | | 9 615 | 7 073 | |
| Eté 2009 (mai-aout) | 2 136 | 2 166 | 34 | 2 408 |
| Eté 2011 (mai-aout) | 1 971 | 1 329 | 1 221 | 1 783 |
| Eté 2014 (mai-aout) | 2 710 | 2 816 | 2 650 | <i>no data</i> |
| Eté 2015 (mai-aout) | | 2 207 | 1 409 | |

donc nécessaire afin de mieux appréhender l'évolution observée du budget sédimentaire du Golfe du Lion. Toutefois, ni l'énergie de la houle, ni la hauteur significative des vagues ou encore la direction de propagation des houles ne semblent pouvoir expliquer de manière certaine les évolutions mises en avant.

En effet, malgré une énergie plus importante libérée lors de l'hiver 2010-2011 (tableau 2) à Banyuls, Leucate et Espiguette (>11 000 Kj/m²), le bilan sédimentaire 2009-2011 souligne un gain dans le Roussillon, le Narbonnais et sur le Lido de Sète alors que les hivers 2013-2014 et 2014-2015 moins énergétiques débouchent sur une perte sédimentaire dans le Roussillon et sur le Lido de Sète. Le nombre de tempête de chaque hiver et les hauteurs significatives atteintes (Fig. 7) tout comme la direction des houles (Fig. 8) ne permettent également pas d'isoler un facteur de contrôle spécifique responsable des évolutions du budget sédimentaire sur la période 2009-2015. Le laps de temps entre les LiDAR y joue certainement un rôle du fait que la période hivernale intègre une grande partie de la phase de reconstruction du système littoral.

Enfin, le débit des fleuves côtiers (Fig. 9) ne peut pas expliquer de telles variations du budget sédimentaire (plusieurs millions de mètres cubes) notamment dans les compartiments du Lido de Sète, du Golfe d'Aigues Mortes et d'Espiguette qui sont dépourvu d'embouchures.

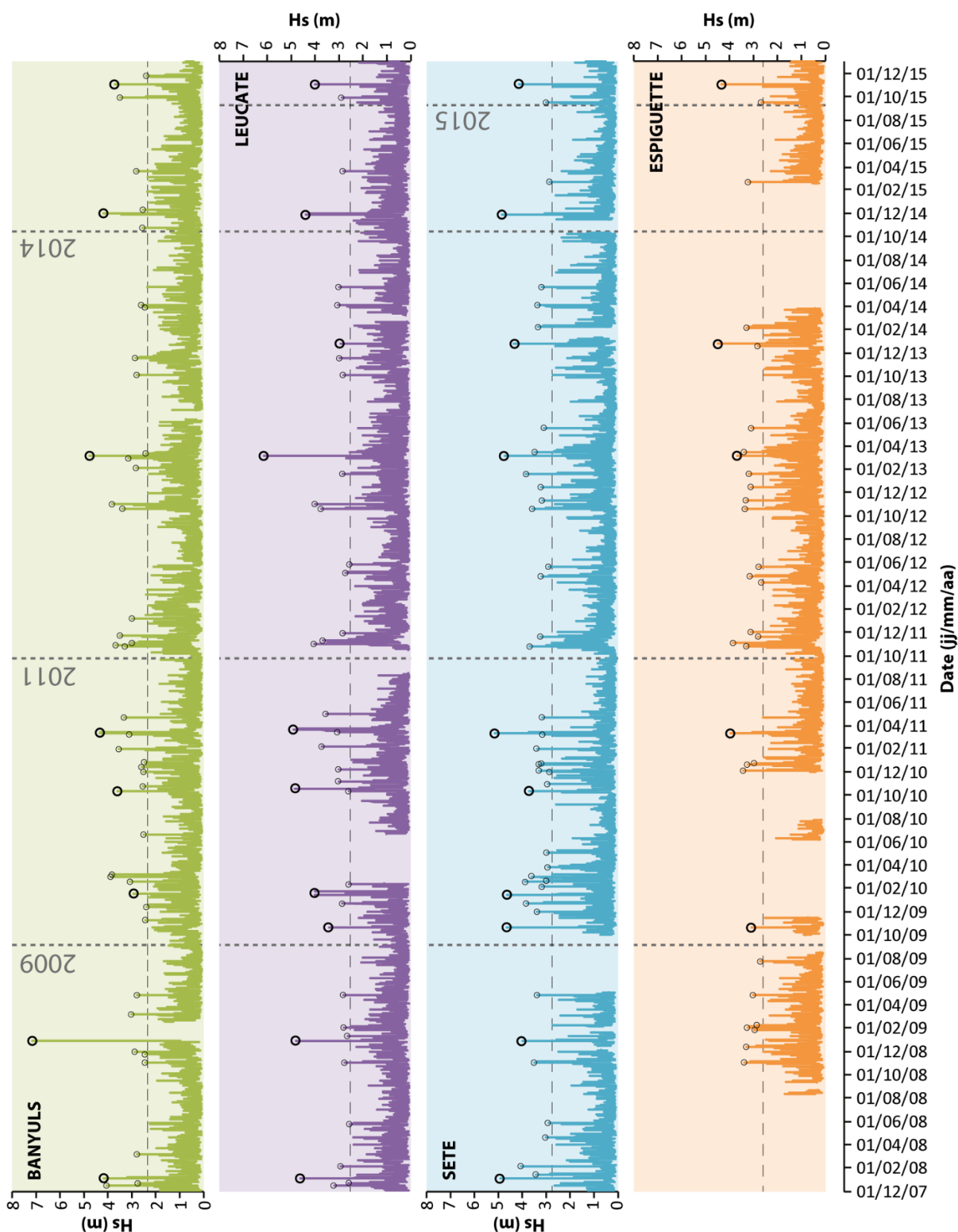


Figure 7 : Hauteur significative de la houle du 01/12/2007 au 01/01/2016 à Banyuls, Leucate, Sète et Espiguette. La période des levés LiDAR 2009, 2011, 2014 et 2015 est indiquée par les traits pointillés verticaux.

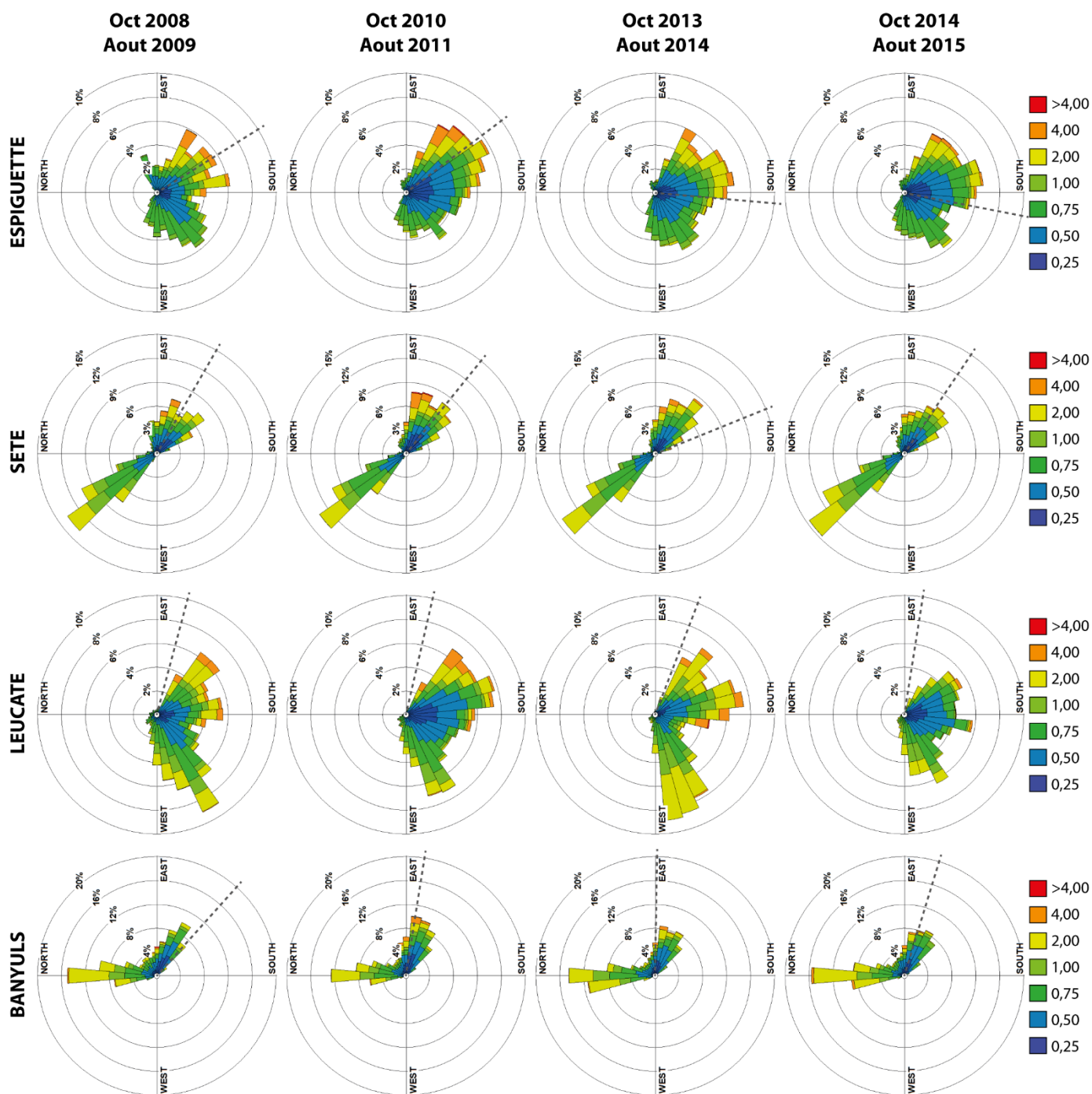


Figure 8 : Rose de direction et hauteur significative des vagues mesurées aux quatre houlographes du Golfe du Lion (Banyuls, Leucate, Sète et Espiguette) pour l'année (octobre à aout) précédent chaque levé LiDAR (2009, 2011, 2014 et 2015).

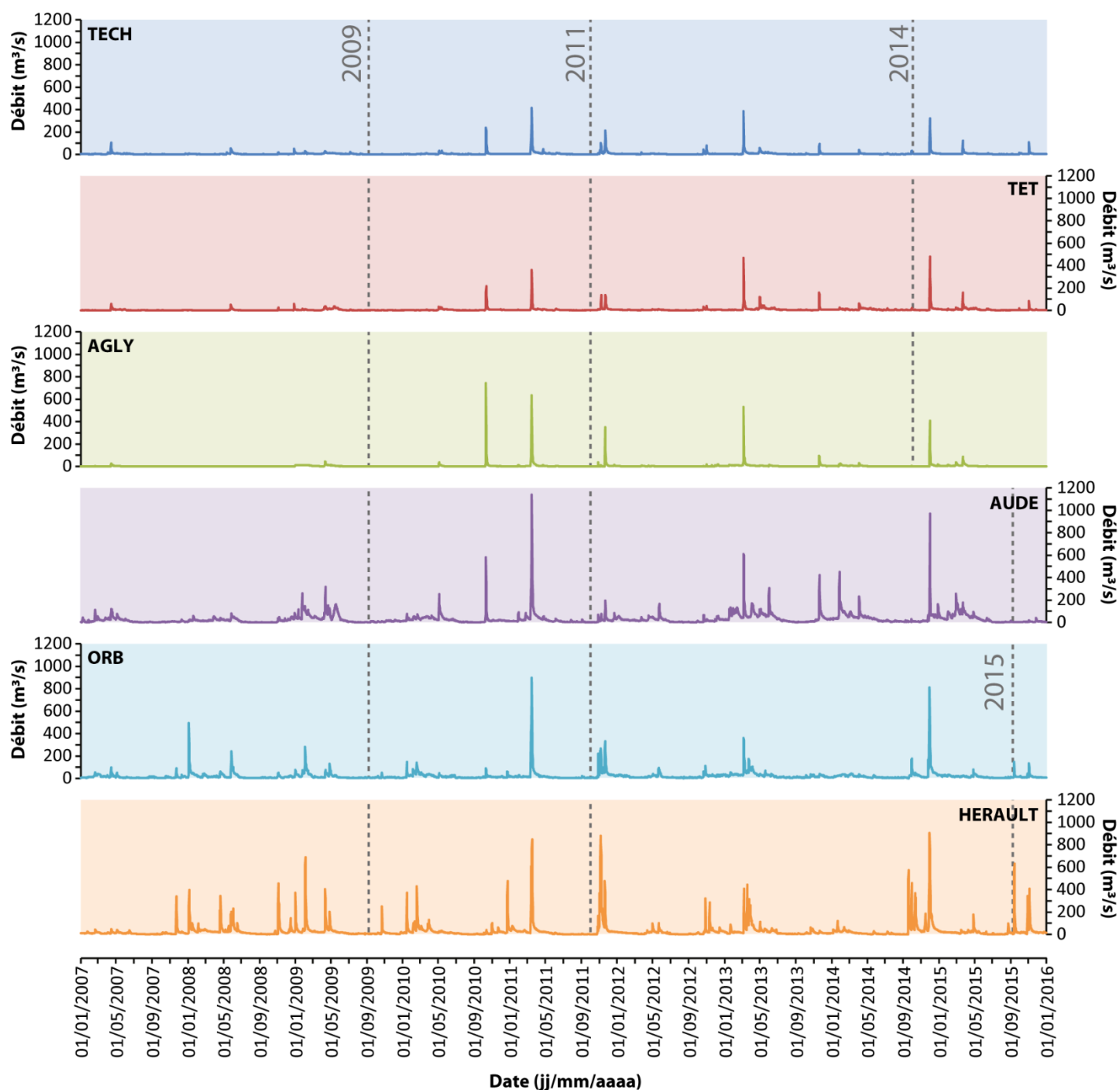


Figure 9 : Débit des principaux fleuves régionaux (Tech, Têt, Agly, Aude, Orb et Hérault) du 01/10/2007 au 01/01/2016. La période des levés LiDAR 2009, 2011, 2014 et 2015 est indiquée par les traits pointillés verticaux.

3.2.2. Limites des instruments de mesure et de la méthodologie

L'analyse de l'hydrodynamique entre 2008 et 2015 n'a pas permis d'identifier le ou les facteurs de contrôle naturels clés responsables des évolutions du budget sédimentaire de l'avant-côte calculés. De plus, les connaissances actuelles sur la morphodynamique des littoraux sableux microtidaux et les précédentes études sur le littoral d'Occitanie permettent de douter de l'origine exclusivement naturelle des grandes évolutions (plusieurs millions de mètres cubes) observées sur de si courtes périodes (2 à 4 ans). Il apparaît alors probable qu'une grande part de ces évolutions soit finalement l'expression de biais dus à la qualité des levés et de la mesure elle-même.

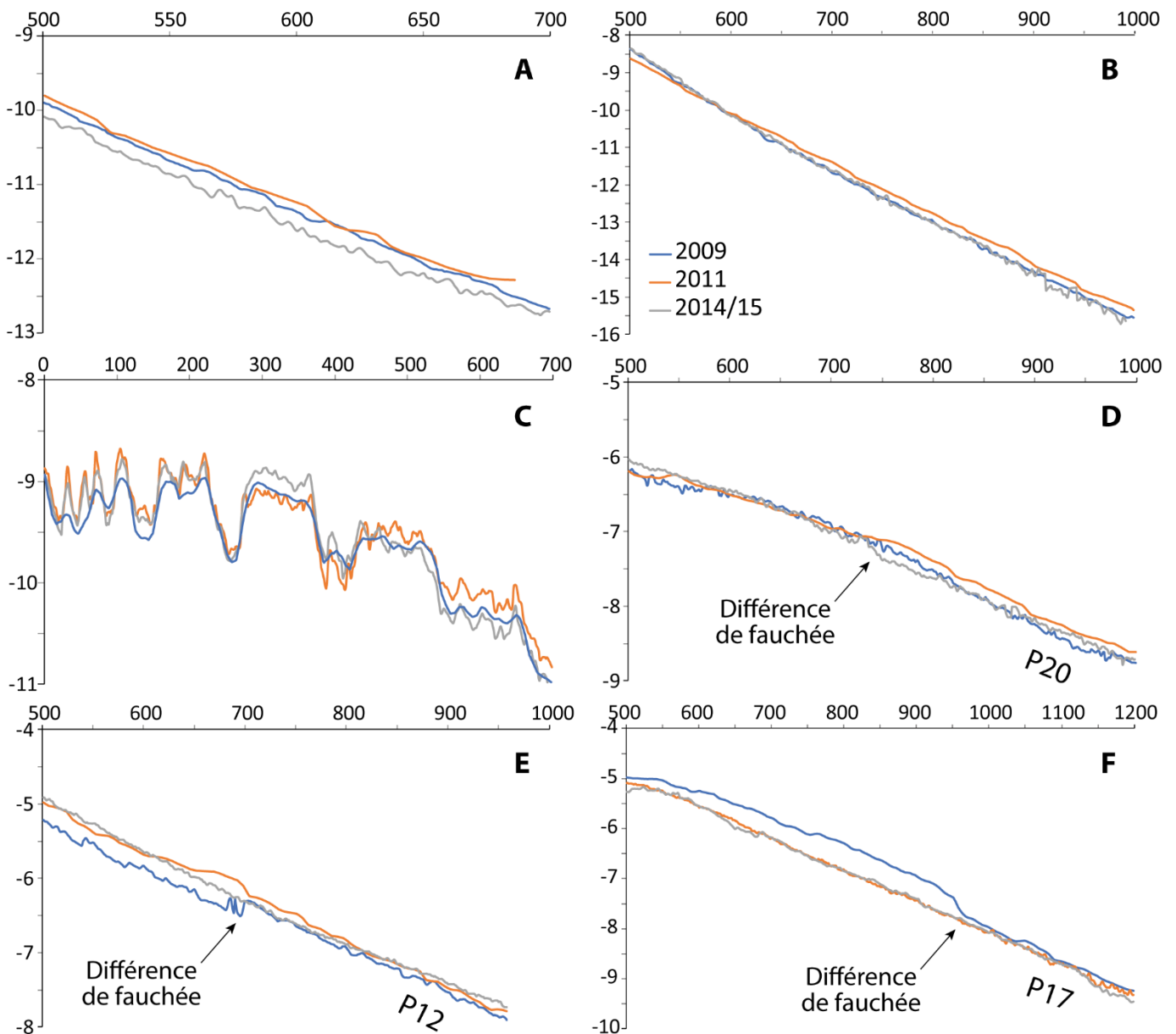


Figure 10 : Profils LiDAR transversaux au large de (A) Saint Cyprien, (B) Port Leucate, (C) Palavas, (D) Fleury, (E) Port-la-Nouvelle et (F) Narbonne Plage.

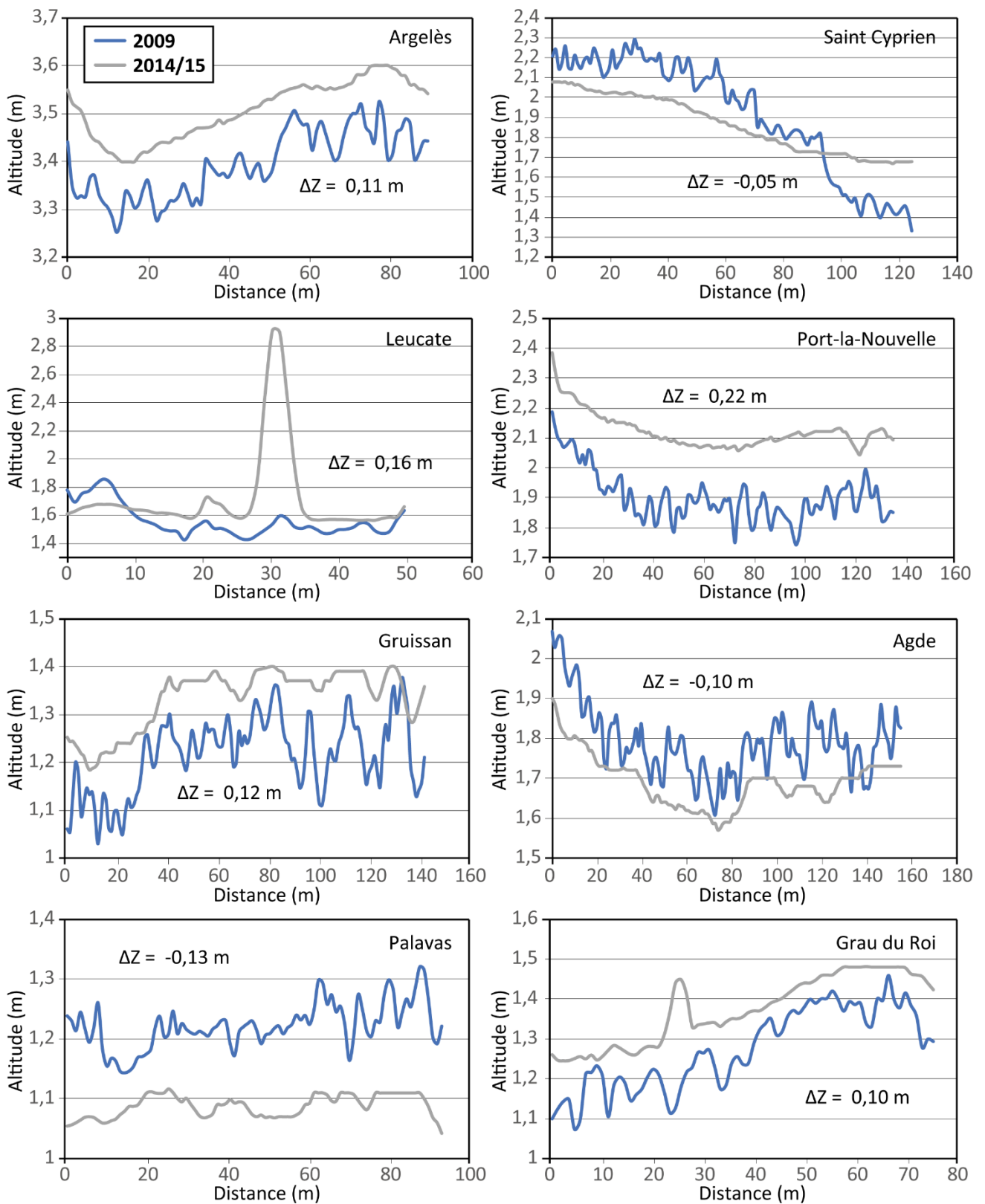


Figure 11 : Profils LiDAR 2009 et 2014/15 extraits sur des parking en dur.

La comparaison de profils transversaux à la côte (Fig. 10) montre en effet des décalages pouvant atteindre plusieurs dizaines de centimètres dans des zones pourtant considérées comme stable à l'échelle de temps considérée (au-delà de la profondeur de fermeture de la houle). En effet, le profil de la figure 10A montre que le LiDAR 2014 est une trentaine de centimètre sous les autres levés au-delà des 10m de profondeur au niveau de Saint Cyprien. Au niveau de Port Leucate (Fig. 10B), c'est le LiDAR 2011 qui est une vingtaine de centimètres au-dessus des autres. Enfin, le profil de la figure 10C montre différents écarts entre les levés (de 15 à 20 cm) sur la zone rocheuse de Palavas. Les LiDAR 2009 et 2014/15 ont été également comparés sur des zones stables à terre (Fig. 11) comme des parkings en dur (2011 ne couvre pas les zones aménagées à terre). Les écarts varient entre 10 et 22 cm. Le LiDAR 2009 semble moins lissé que 2014/15

L'origine de ces écarts peut être multiple comme la différence entre les capteurs utilisés (LADS Mk II en 2009, LADS Mk III en 2011 et HawkEye 3 en 2014 et 2015), la différence de résolution spatiale (5x5 m en 2009 et 2011 contre 1x1 m en 2014 et 2015) ou encore les conditions météorologiques qui peuvent dégrader la mesure (arrêt du levé 2014 en raison d'une mauvaise météo). Ces problèmes de calages sont présents sur l'ensemble des données comme le soulignent les profils présentés sur les figures 12 et 13 (voir aussi l'ensemble des profils présentés sur les planches de l'atlas du budget sédimentaire plus bas).

Des erreurs plus systématiques (purement métrologique) apparaissent également. La figure 14 présente des extraits des MNT LiDAR ombrés sur lesquels on distingue aisément les différentes fauchées de l'avion, cela se traduit par un décalage en Z (jusqu'à 50 cm) bien visible sur les profils de la figure 10D, E et F. Le problème de calage de la donnée LiDAR existe également à l'échelle des grandes dalles de levé. Par exemple dans le Roussillon (Fig. 15), le LiDAR 2011 est systématiquement au-dessus du LiDAR 2009 dans la zone de levé 2 (Sud Roussillon) alors qu'il passe systématiquement en-dessous dans la zone de levé 3 (Nord Roussillon). Ce décalage est certainement responsable en grande partie de l'effet miroir entre l'évolution de budget sédimentaire 2009-2011 (gain) et 2011-2014 (érosion) bien visible sur la figure 5 pour l'avant-côte et le budget total du Roussillon.

Des tests ont été réalisés afin d'estimer l'impact de ces décalages zonaux sur les bilans sédimentaires. Dans le Roussillon par exemple, le LiDAR 2011 a été descendu de 14 cm (Fig. 16) dans la zone de levé sud pour coller au mieux au LiDAR 2009 au-delà de la profondeur de fermeture de la houle (zone considérée comme stable). Ce recalage engendre de très fortes variations des bilans sédimentaires quel que soit la marge d'erreur utilisée (Tableau 3). Avec la marge d'erreur retenue de $\pm 0,42$ m, la différence sans et avec recalage atteint 1,5 million de mètres cubes et fait passer la cellule d'une situation de forte accrétion à une petite érosion. Toutefois, aucun recalage n'a finalement été effectué dans ce travail car de nombreux facteurs ne sont pas

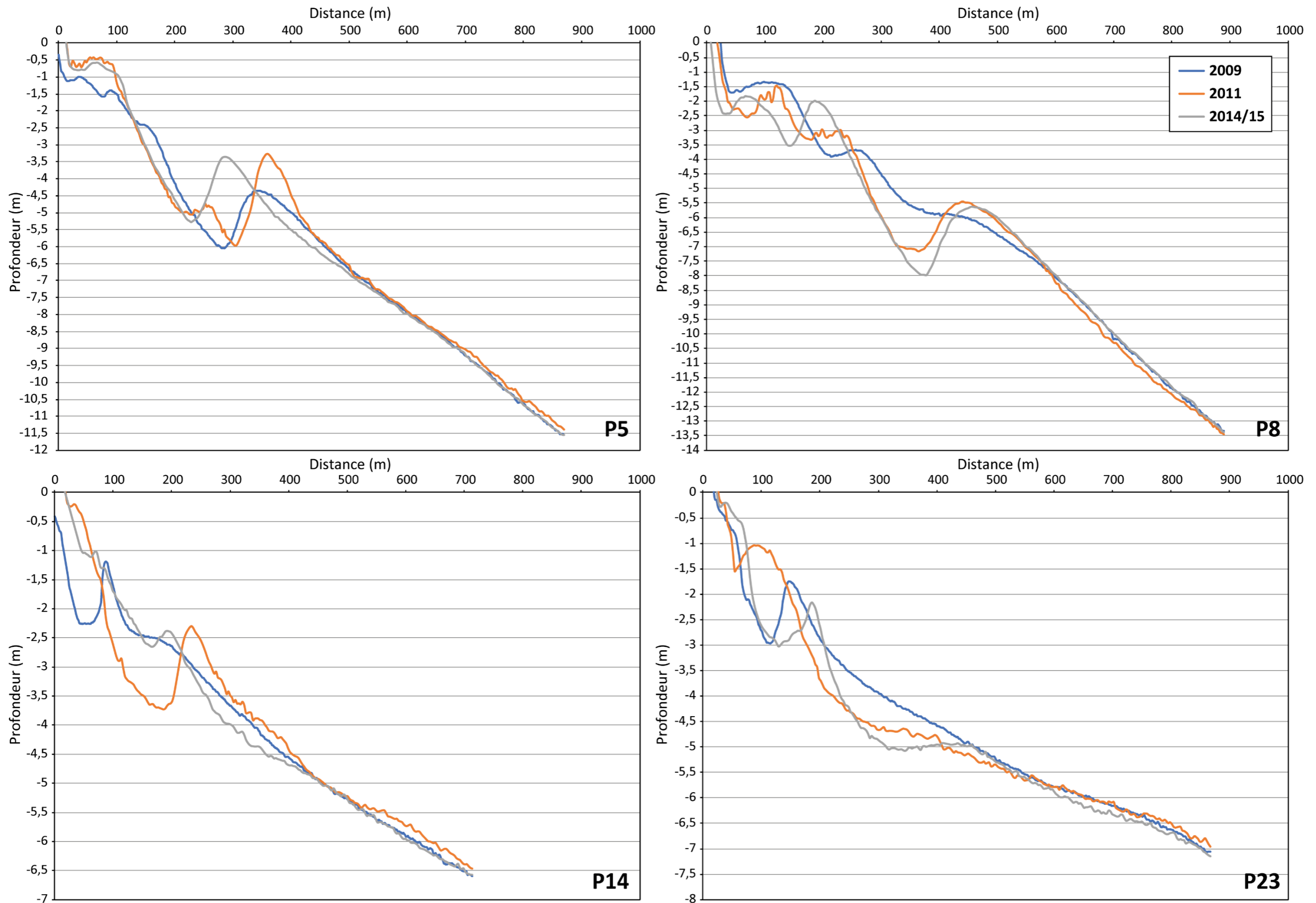


Figure 12 : profils de l'avant-côte qui soulignent les problèmes de calages de la donnée au large (se reporter aux planches des bilans pour la position des profils)

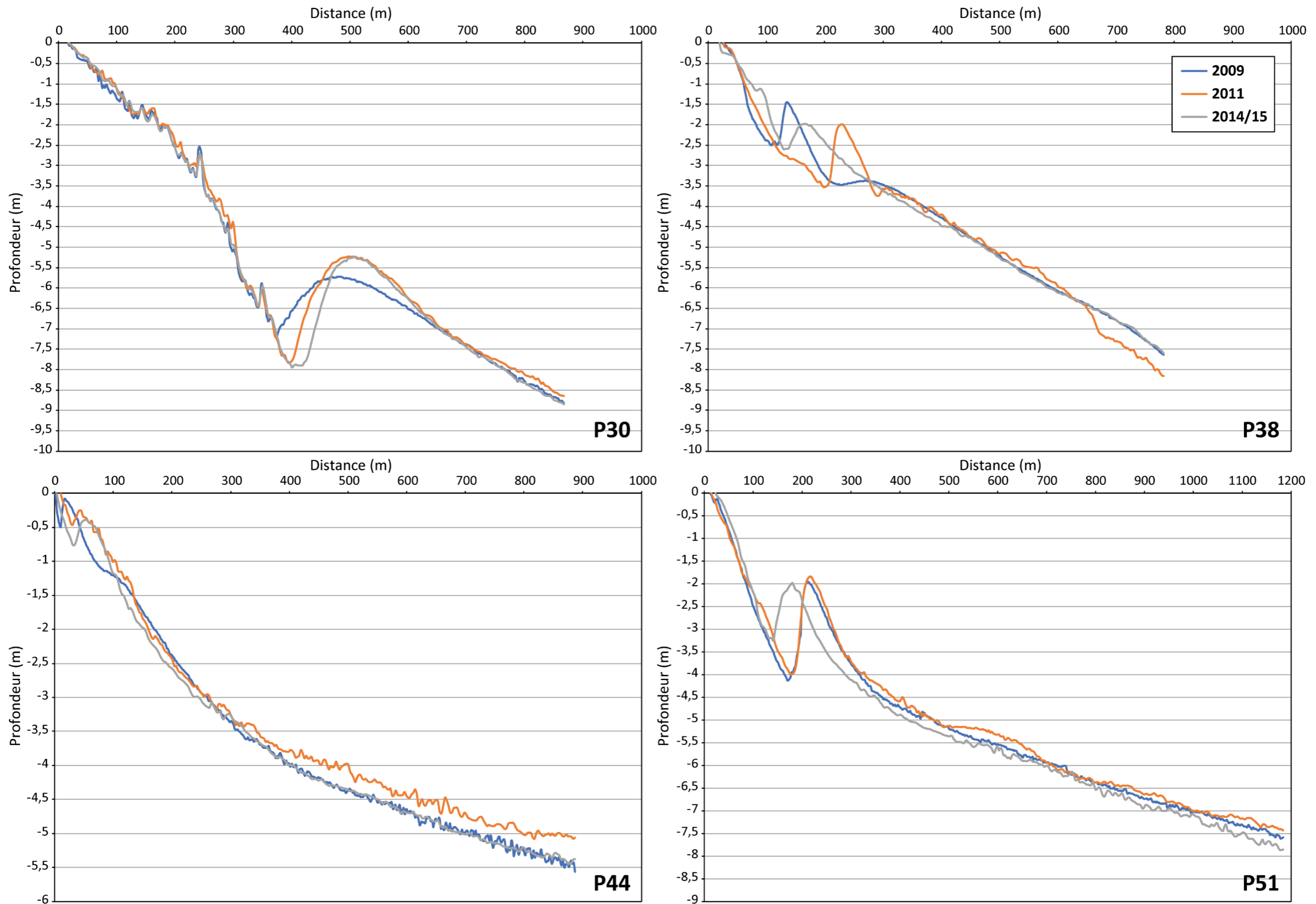


Figure 13 : profils de l'avant-côte qui soulignent les problèmes de calages de la donnée au large (se reporter aux planches des bilans pour la position des profils)

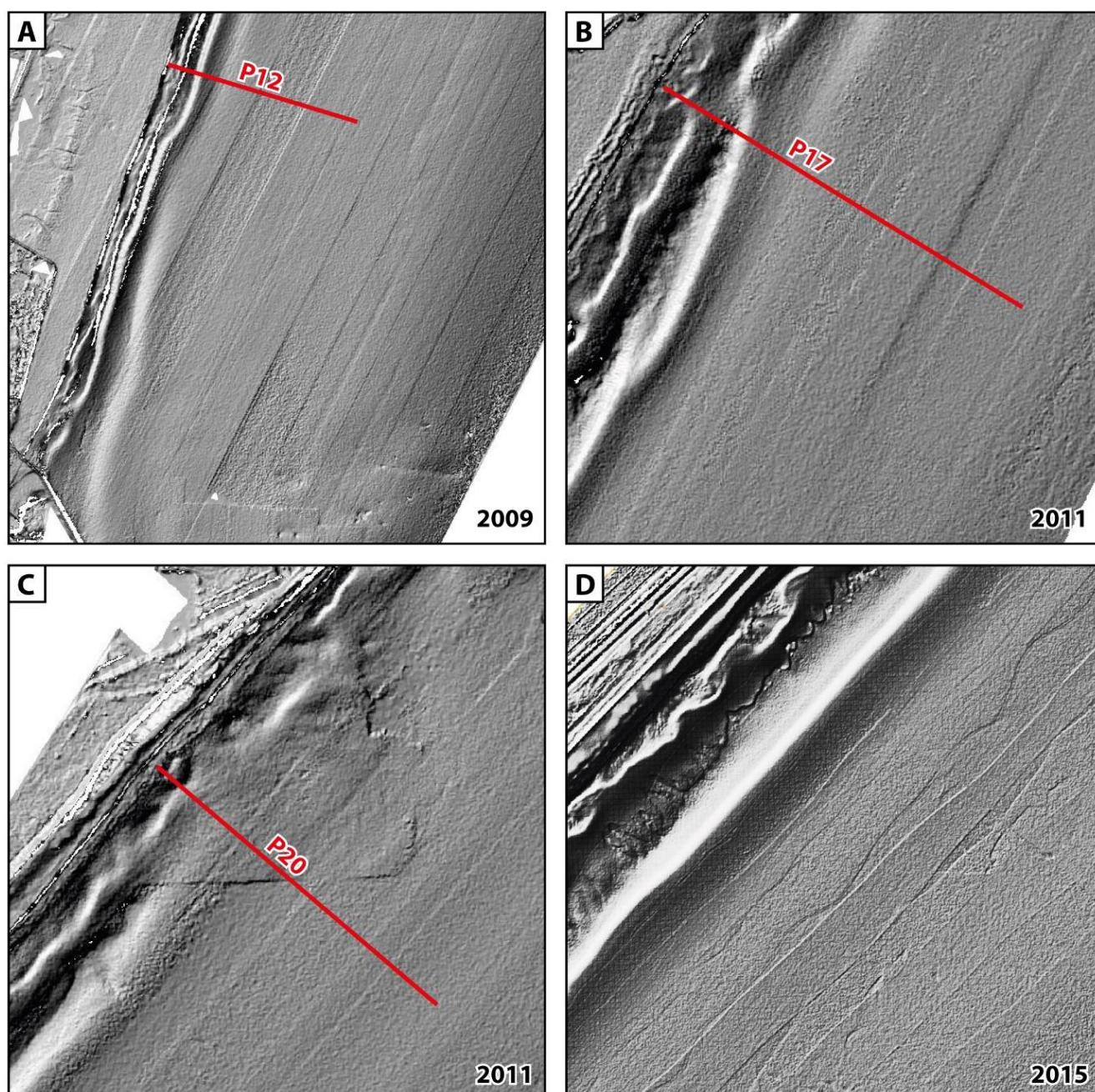


Figure 14 : MNT LiDAR ombré de l'avant-côte de (A) Port-la-Nouvelle en 2009, (B) Narbonne-Plage et (C) Fleury en 2011 et (D) Palavas en 2015. Les profils transversaux 12, 17 et 20 sont reportées sur la figure 10D, E et F.

maitrisables (zone de levé pas toujours identiques, difficulté pour identifier le levé mal calé, décalage non uniforme...).

Enfin, l'ensemble de ces bilans sédimentaires peut être influencé par la réalisation de dragages ou de rechargements dans certaines cellules hydrosédimentaires. C'est par exemple le cas du Golfe d'Aigues Mortes qui a fait l'objet d'un rechargement massif en 2008 de plus d'un million de mètres cubes de sable et qui va être redistribué sur l'avant-côte et se déplacer longitudinalement à la côte. Ce rechargement a fait l'objet d'un chapitre dédié dans le rapport [SIMILAR](#) et fait l'objet d'une analyse approfondie

dans le thème 3 de cette étude. Toutefois, de nombreux dragages et rechargements localisés ont lieu chaque année sur littoral régional et, même s'ils ont souvent lieu sur une seule et même cellule (simple déplacement de volume), peuvent influencer significativement les résultats des bilans sédimentaires. Un bon inventaire de ces pratiques est nécessaire pour valider les résultats.

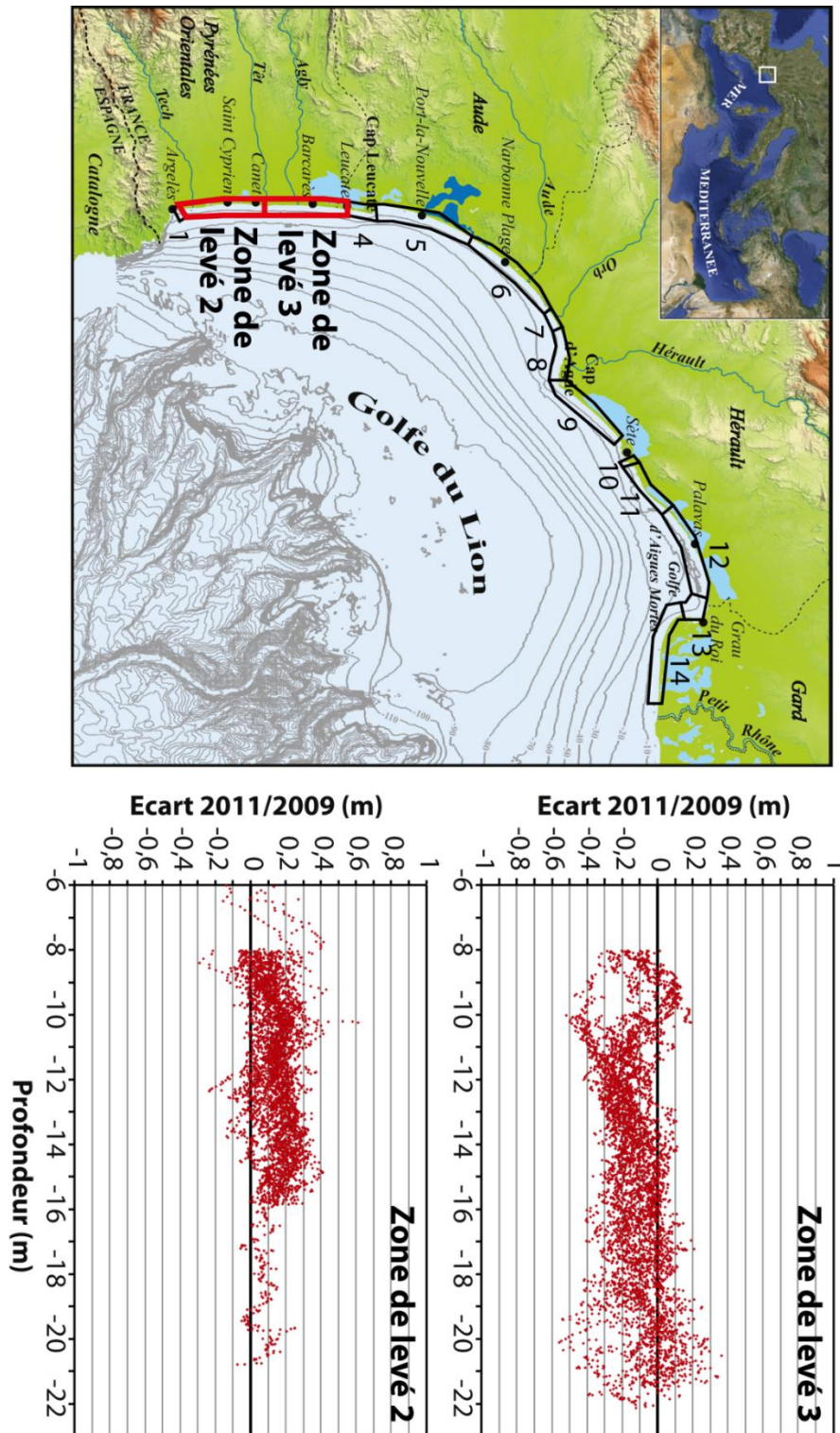


Figure 15 : Ecart bathymétriques entre les données LiDAR 2009 et 2011 pour deux zones de levé (identiques pour les deux années).

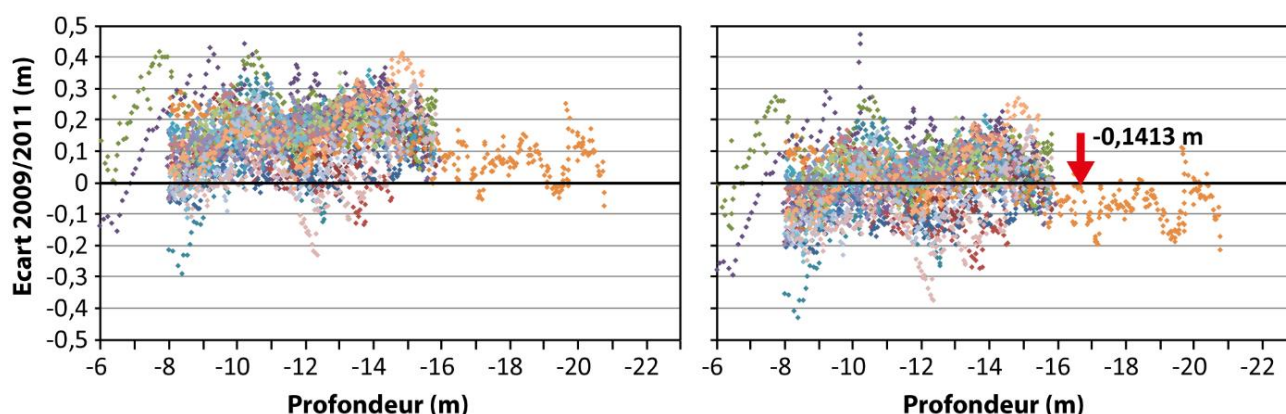


Figure 16 : Ecart bathymétriques entre les données LiDAR 2009 et 2011 dans la zone sud du Roussillon avant et après recalage du LiDAR 2011 (approfondissement bathymétrique de 0,14 m).

Tableau 3 : Bilans sédimentaires de la zone sud du Roussillon sans et avec recalage (14 cm) et différence entre les deux analyses. Le test a été réalisé sur le volume brut, avec une marge d'erreur de $\pm 0,42$ m (marge d'erreur calculée par analyse des données) et avec une marge d'erreur de $\pm 0,74$ m (marge d'erreur annoncée par le prestataire).

| | Marge d'erreur utilisée | | |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|
| | ± 0 m | $\pm 0,42$ m (LMUSCA) | $\pm 0,74$ m (Prestataire) |
| Volume standard | 2 117 684 | 1 205 089 \pm 101 399 | 820 548 \pm 144 126 |
| Volume avec recalage | -26 734 | -258 886 \pm 28 183 | 213 205 \pm 11 905 |
| Différence | 2 144 419 | 1 463 976 | 607 343 |

Au final, même si la technologie LiDAR apporte des avantages incontestés en termes de rendu spatial et temporel, cela ne doit pas masquer les problèmes de précision de la mesure mis au jour dans ce rapport. Cette remarque est particulièrement importante si le but du travail est de comparer deux dates proches dans le temps comme ici entre les levés 2009 et 2011. Les variations morphologiques vraies, essentiellement dans la zone de déferlement des barres d'avant-côte, sont peu importantes et les variations d'épaisseur dans le bas du profil (-8 m, -14 m) sont inexistantes bien que la précision des recalages LiDAR laissent supposer le contraire. Il est alors particulièrement recommandé d'avoir une analyse critique sur les représentations obtenues.

Il apparaît ainsi que la comparaison de topo-bathymétries LiDAR annuelles n'est pas adaptée vu la précision actuelle de la technologie. Il serait alors préférable de réaliser un levé LiDAR de toute la façade maritime de la région Occitanie tous les 5 à 10 ans et de compléter avec des levés annuels avec des méthodes de mesures topo-bathymétriques directes précises (positionnement au DGPS centimétrique, sondes corrigées à l'aide d'une centrale inertielle...). Même avec cette nouvelle philosophie

méthodologique de suivi, il est toujours conseillé de réaliser des profils bathymétriques ayant une extension suffisante vers le large (idéalement quelques profils allant jusqu'à -20 m) de manière à pouvoir toujours contrôler les résultats obtenus par la technologie utilisée avec les connaissances empiriques de non-variations significatives du profil à de telles profondeurs à l'échelle annuelle.

4. CONCLUSION SUR LA VALIDITE DU BUDGET SEDIMENTAIRE 2009-2011-2014/15

Au vu des analyses réalisées sur les résultats des bilans sédimentaires, il apparaît que la précision altimétrique de la donnée LiDAR est insuffisante pour évaluer les volumes déplacés sur des périodes de seulement quelques années (<10 ans).

Les volumes impliqués sont trop faibles (en termes d'épaisseur) en comparaison de la marge d'erreur altimétrique du LiDAR même après réévaluation de cette dernière (± 30 cm). A cela s'ajoute des problèmes de calage issus probablement du post-traitement de la donnée. Si de prochains levés LiDAR étaient programmés, le **post-traitement devra être approfondi** et un **protocole de suivi de la qualité de la donnée** mis en place (levé topographique et bathymétrique de précision sur différentes zones au même moment que les levés LiDAR) en lien avec un **cahier des charges spécifique**.

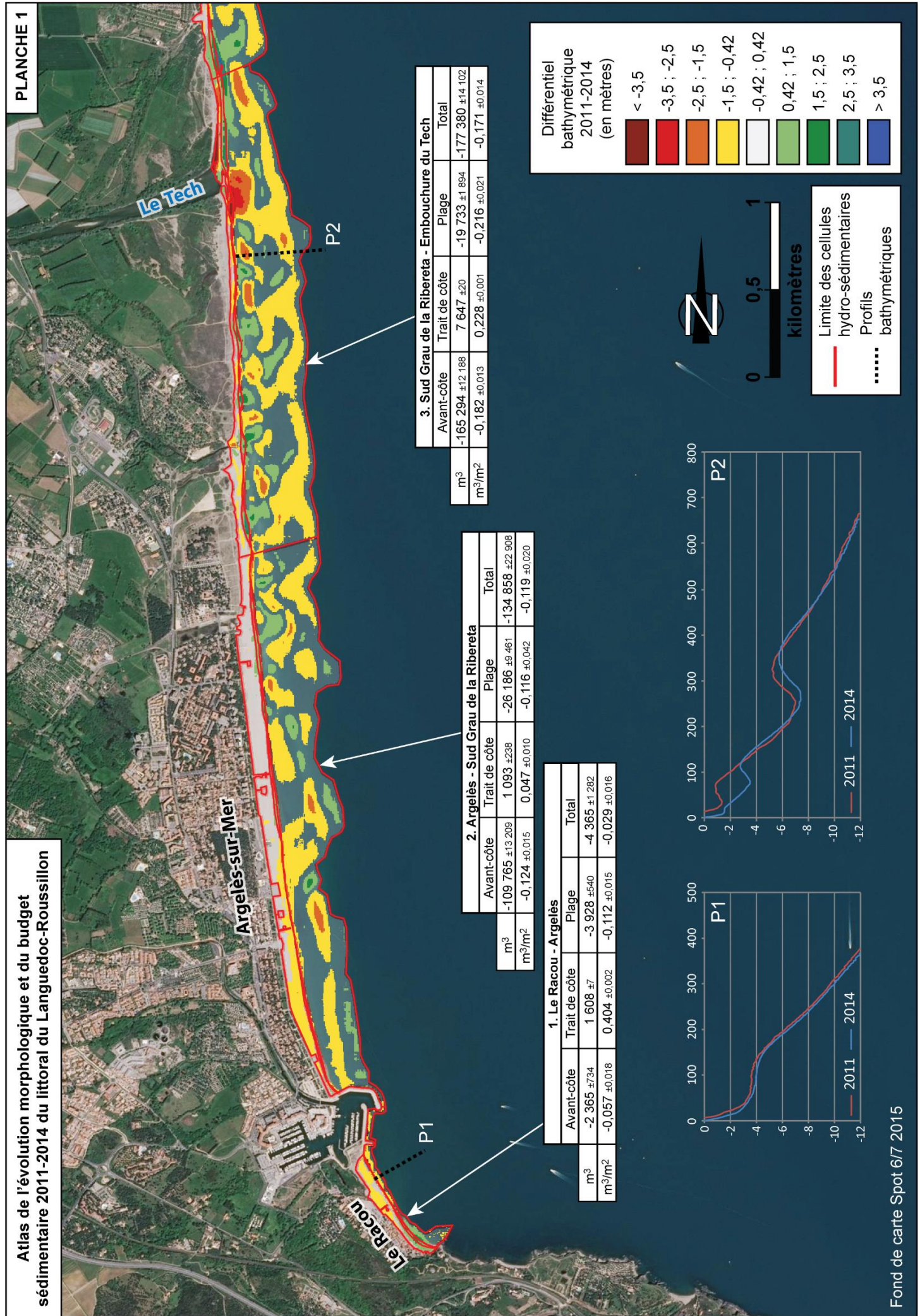
L'analyse précise du transport sédimentaire, et particulièrement les pertes probables vers le large, n'est donc pas réalisable uniquement à partir de données LiDAR bathymétriques sur des périodes de seulement quelques années. Cette thématique doit être abordée via d'autres techniques scientifiques (cf. autres axes de cette étude) et par le déploiement d'instruments de mesure de précision (e.g. courantomètres, altimètres et turbidimètres) sur des zones plus restreintes supposées propices à de tels phénomènes et sur des périodes sélectionnées (e.g. tempêtes et beau temps).

5. ATLAS DU BUDGET SEDIMENTAIRE D'OCCITANIE (2011-2014/15)

La cartographie de l'évolution des fonds et du budget sédimentaire d'Occitanie entre 2011 et 2014/15 est présentée au travers de 27 planches :

- Planche 1 : De la plage du Racou à l'embouchure du Tech.
- Planche 2 : De l'embouchure du Tech au Grau de la Dossa.
- Planche 3 : Du Grau de la Dossa à l'embouchure de la Têt.
- Planche 4 : De Sainte Marie Plage à l'embouchure de l'Agly.
- Planche 5 : Du Barcarès à Port Barcarès.
- Planche 6 : De Port Leucate à Leucate Plage.
- Planche 7 : Du Cap Leucate à la plage des Coussoules.
- Planche 8 : De la plage des Coussoules au Nord de Port-la-Nouvelle.
- Planche 9 : Du Nord de Port-la-Nouvelle à Gruissan.
- Planche 10 : De Gruissan à Narbonne Plage.
- Planche 11 : De Narbonne Plage à Saint Pierre-la-Mer.
- Planche 12 : De Saint Pierre-la-Mer à Vendres Plage.
- Planche 13 : De Valras à Portiragnes.
- Planche 14 : De Portiragnes à l'embouchure de l'Hérault.
- Planche 15 : De l'embouchure de l'Hérault à Port Ambonne.
- Planche 16 : De Port Ambonne au Nord de Marseillan.
- Planche 17 : Du Nord de Marseillan au Château de Villeroy.
- Planche 18 : De Nord du Lido de Sète au Port de Sète.
- Planche 19 : De Frontignan à la plage des Aresquiers.
- Planche 20 : De la plage des Aresquiers au Sud de Maguelone.
- Planche 21 : De Maguelone au Nord de Palavas-les-Flots.
- Planche 22 : De Carnon à la plage du Grand Travers.
- Planche 23 : De la plage du Grand Travers au Boucanet.
- Planche 24 : Du Grau du Roi à la pointe de l'Espiguette.
- Planche 25 : De la pointe de l'Espiguette au canal de Recul.
- Planche 26 : Du canal de Recul à l'étang de Brasinvert.
- Planche 27 : De l'étang de Brasinvert à l'embouchure du Petit Rhône.

Chaque planche présente, sur un fond constitué d'une image satellite Spot, le différentiel topo-bathymétrique entre les deux années, des profils de l'avant-côte mettant en avant les variations morphologiques entre les deux années et, pour chaque cellule hydro-sédimentaire, un tableau avec les différentes valeurs du budget sédimentaire par zone en mètres cubes et en mètres cubes par mètres carrés.



3. Sud Grau de la Riberinta - Embouchure du Tech

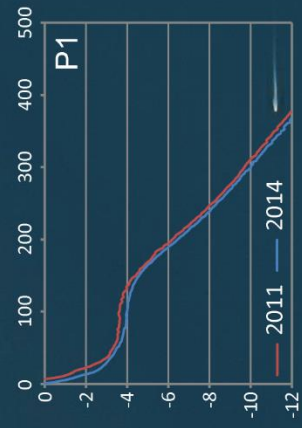
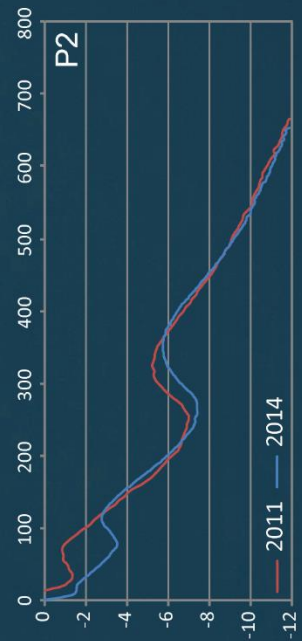
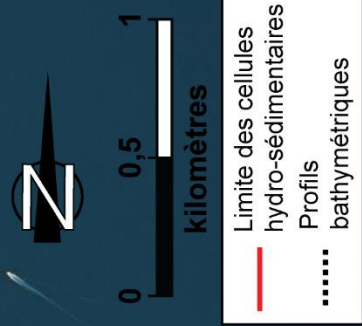
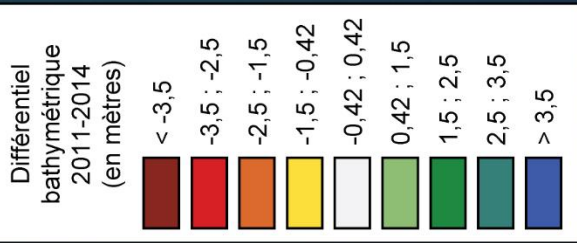
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|------------------|---------------|----------------|------------------|
| m ³ | -165 294 ±12 188 | 7 647 ±20 | -19 733 ±1 894 | -177 380 ±14 102 |
| m ³ /m ² | -0,182 ±0,013 | 0,228 ±0,001 | -0,216 ±0,021 | -0,171 ±0,014 |

2. Argelès - Sud Grau de la Riberinta

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|------------------|---------------|----------------|------------------|
| m ³ | -109 765 ±13 209 | 1 093 ±238 | -26 186 ±9 461 | -134 858 ±22 908 |
| m ³ /m ² | -0,124 ±0,015 | 0,047 ±0,010 | -0,116 ±0,042 | -0,119 ±0,020 |

1. Le Racou - Argelès

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| m ³ | -2 365 ±734 | 1 608 ±7 | -3 928 ±540 | -4 365 ±1 282 |
| m ³ /m ² | -0,057 ±0,018 | 0,404 ±0,002 | -0,112 ±0,015 | -0,029 ±0,016 |



Grau de la Dossa

Saint Cyprien

P4

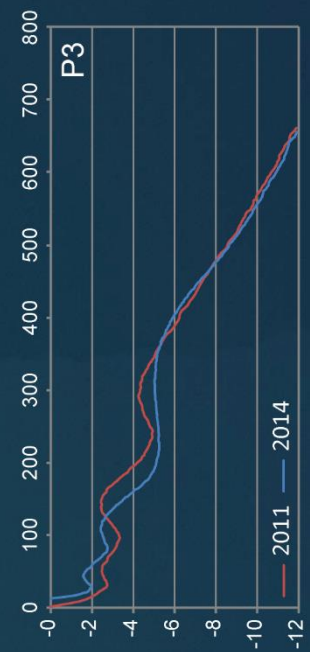
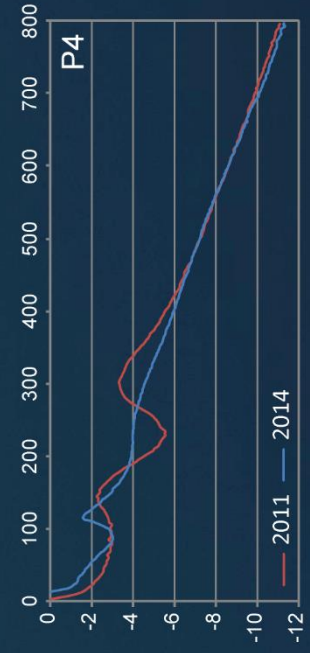
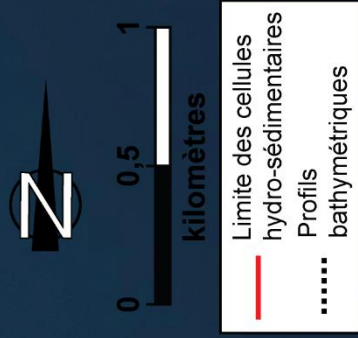
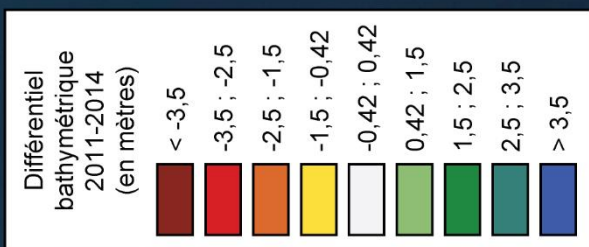
P3

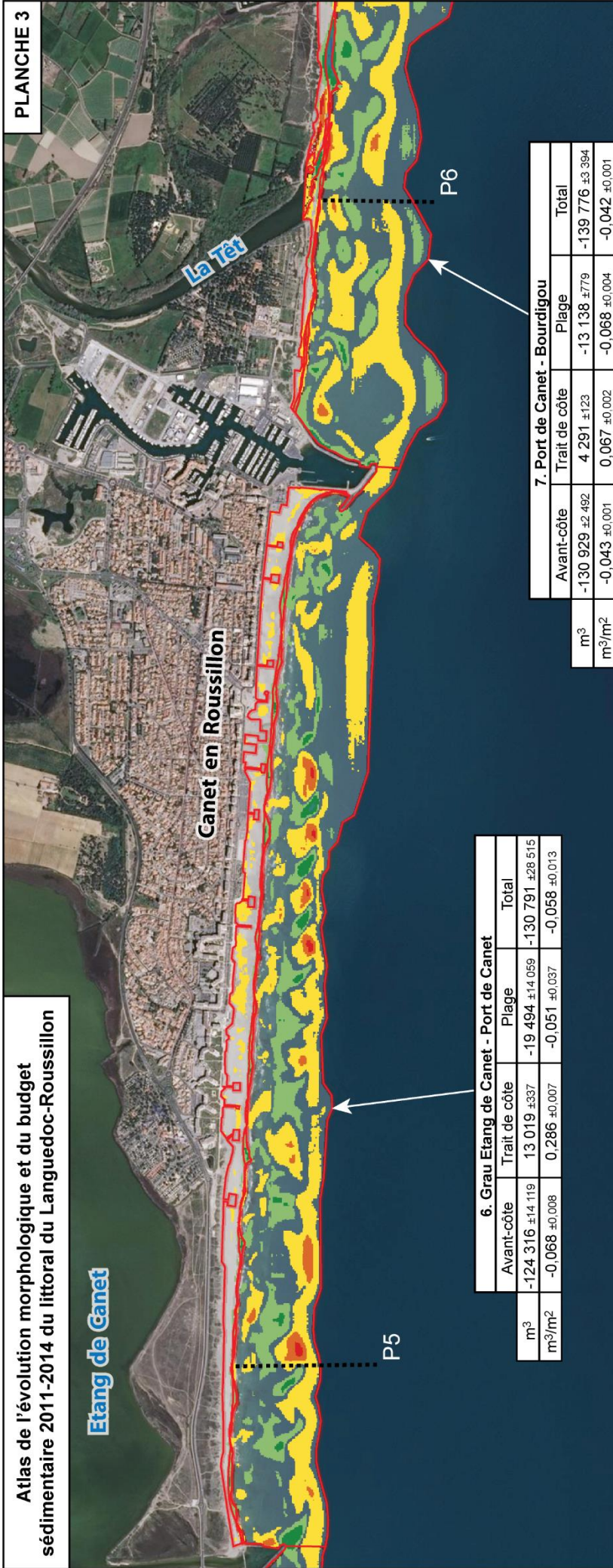
5. Port de Saint Cyprien - Grau Etang de Canet

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|------------------|---------------|---------------|------------------|
| m ³ | -117 518 ±21 620 | 6 338 ±56 | -3 000 ±6 951 | -114 180 ±28 627 |
| m ³ /m ² | -0,079 ±0,015 | 0,216 ±0,002 | -0,015 ±0,036 | -0,067 ±0,017 |

4. Embouchure du Tech - Port de Saint Cyprien

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|
| m ³ | -86 221 ±8 964 | 10 294 ±90 | -1 242 ±3 197 | -77 169 ±12 251 |
| m ³ /m ² | -0,080 ±0,008 | 0,406 ±0,004 | -0,009 ±0,024 | -0,062 ±0,010 |



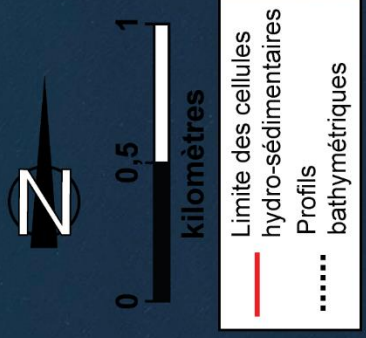
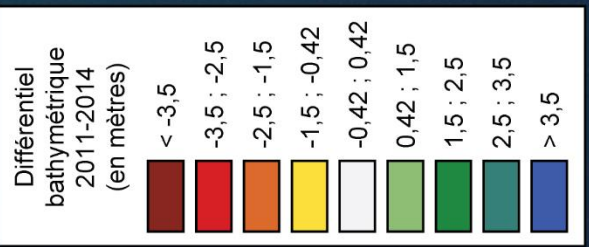
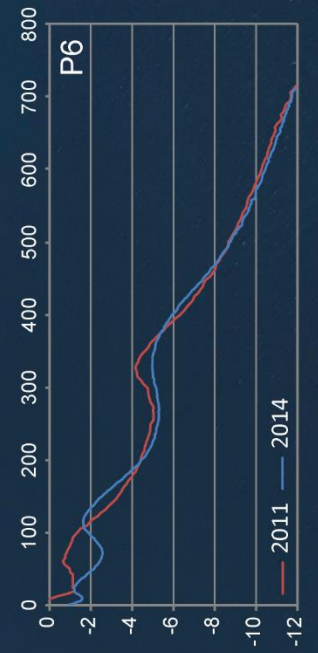
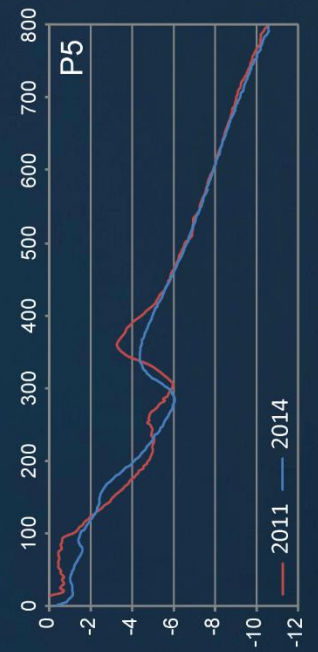


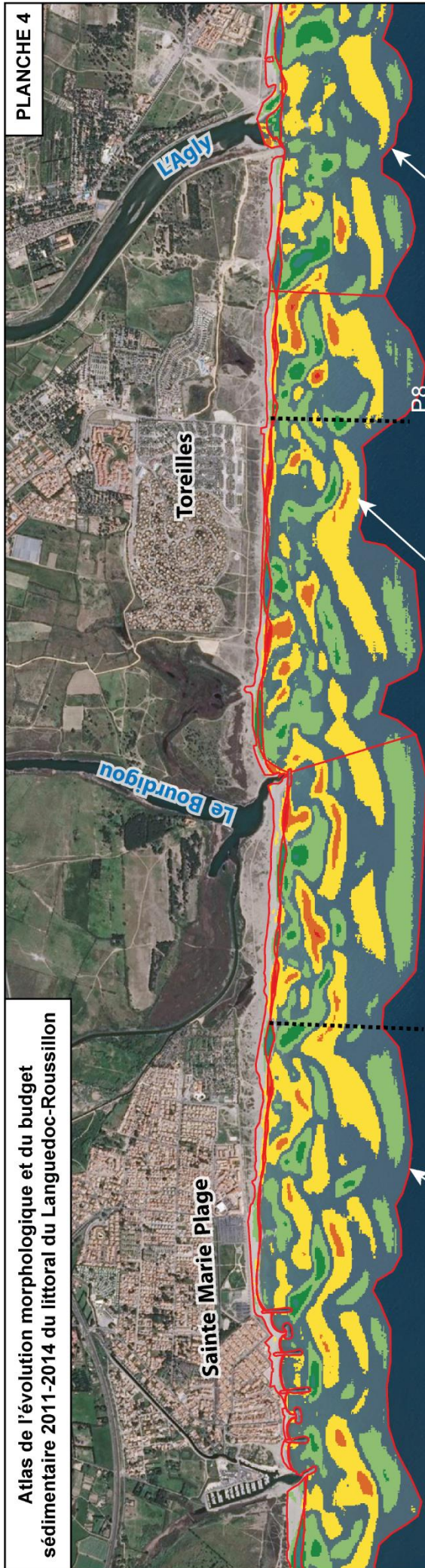
6. Grau Etang de Canet - Port de Canet

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|------------------|---------------|-----------------|------------------|
| m ³ | -124 316 ±14 119 | 13 019 ±337 | -19 494 ±14 059 | -130 791 ±28 515 |
| m ³ /m ² | -0,068 ±0,008 | 0,286 ±0,007 | -0,051 ±0,037 | -0,058 ±0,013 |

7. Port de Canet - Bourdigou

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| m ³ | -130 929 ±2 492 | 4 291 ±123 | -13 138 ±779 | -139 776 ±3 394 |
| m ³ /m ² | -0,043 ±0,001 | 0,067 ±0,002 | -0,068 ±0,004 | -0,042 ±0,001 |

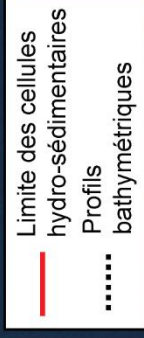
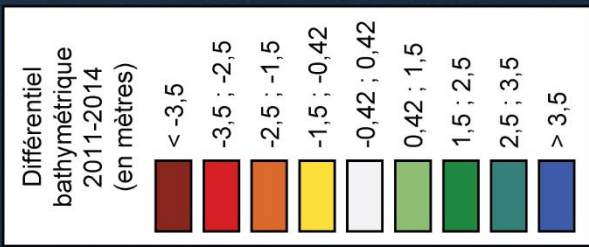
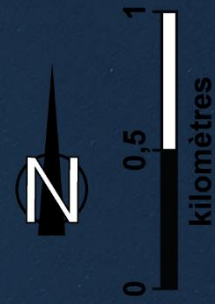
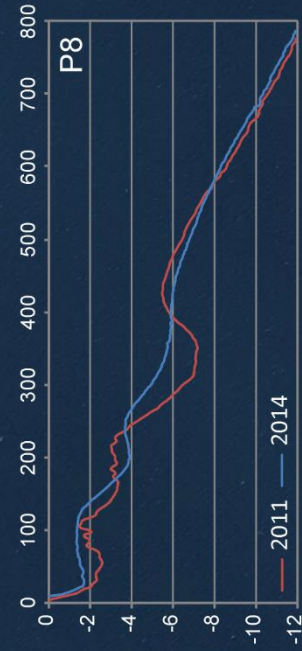
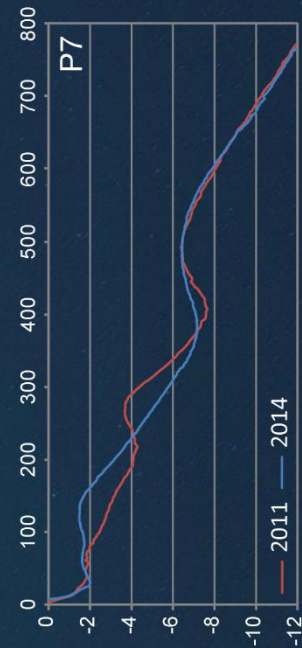




| 7. Port de Canet - Bourdigou | | | |
|--------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|
| | Avant-côte | Trait de côte | Total |
| m ³ | -130 929 ±2 452 | 4 291 ±123 | -139 776 ±3 394 |
| m ³ /m ² | -0,043 ±0,001 | 0,067 ±0,002 | -0,068 ±0,004 |
| | | | -0,042 ±0,001 |

| 8. Bourdigou - Agly | | | |
|--------------------------------|----------------|---------------|----------------|
| | Avant-côte | Trait de côte | Total |
| m ³ | -48 695 ±8 377 | 5 074 ±277 | -43 824 ±9 236 |
| m ³ /m ² | -0,038 ±0,007 | 0,169 ±0,009 | -0,003 ±0,010 |
| | | | -0,032 ±0,007 |

| 9. Agly - Port Barcarès | | | |
|--------------------------------|----------------|---------------|----------------|
| | Avant-côte | Trait de côte | Total |
| m ³ | -54 382 ±3 029 | 27 719 ±11 | -18 058 ±3 095 |
| m ³ /m ² | -0,039 ±0,002 | 0,770 ±0,000 | 0,061 ±0,000 |
| | | | -0,011 ±0,002 |

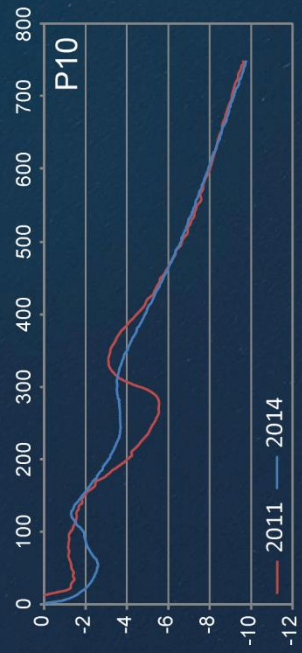
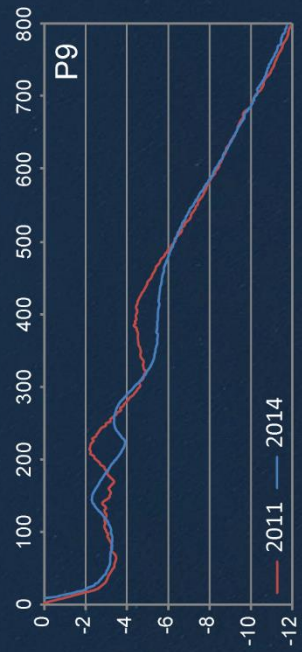
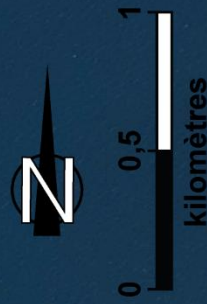
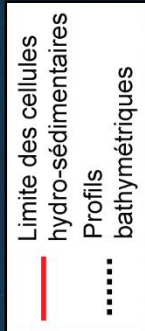
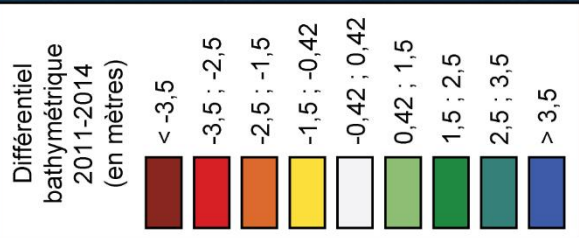




| 9. Agly - Port Barcarès | | | | |
|--------------------------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
| m ³ | -54 382 ±3 029 | 27 719 ±11 | 8 605 ±55 | -18 058 ±3 095 |
| m ³ /m ² | -0,039 ±0,002 | 0,770 ±0,000 | 0,061 ±0,000 | -0,011 ±0,002 |

| 11. Nord Port Barcarès - Port Leucate | | | | |
|---------------------------------------|------------------|---------------|---------------|------------------|
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
| m ³ | -178 011 ±13 849 | 19 659 ±192 | -2 647 ±9 386 | -160 998 ±23 427 |
| m ³ /m ² | -0,088 ±0,007 | 0,440 ±0,004 | -0,008 ±0,014 | -0,067 ±0,010 |

| 10. Port Barcarès - Nord Port Barcarès | | | | |
|--|------------------|---------------|--------------|------------------|
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
| m ³ | -173 748 ±25 810 | 854 ±73 | 4 701 ±110 | -168 192 ±25 992 |
| m ³ /m ² | -0,092 ±0,014 | 0,027 ±0,002 | 0,041 ±0,001 | -0,083 ±0,013 |



Port Leucate

Grau de Leucate

Leucate Plage

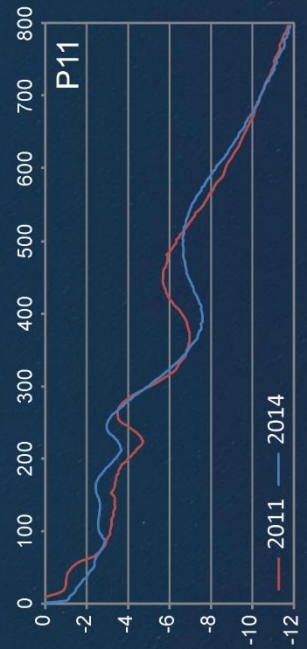
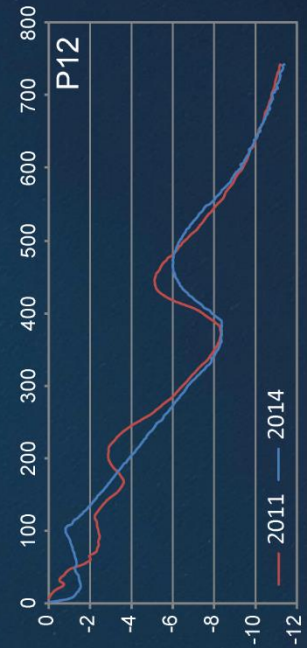
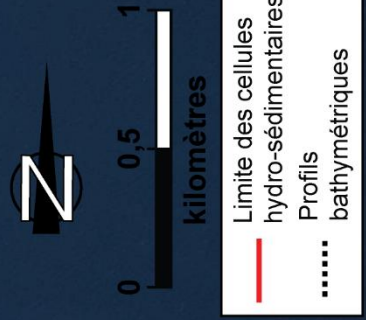
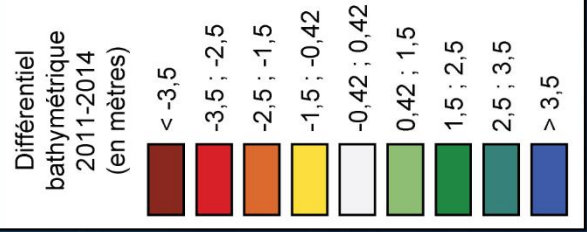


11. Nord Port Barcarès - Port Leucate

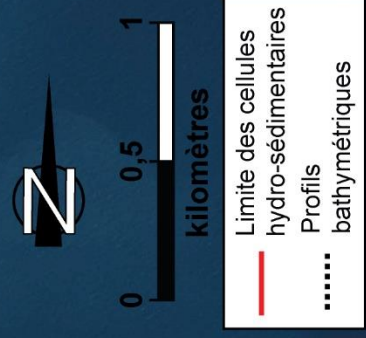
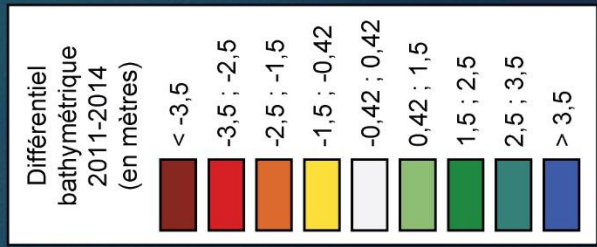
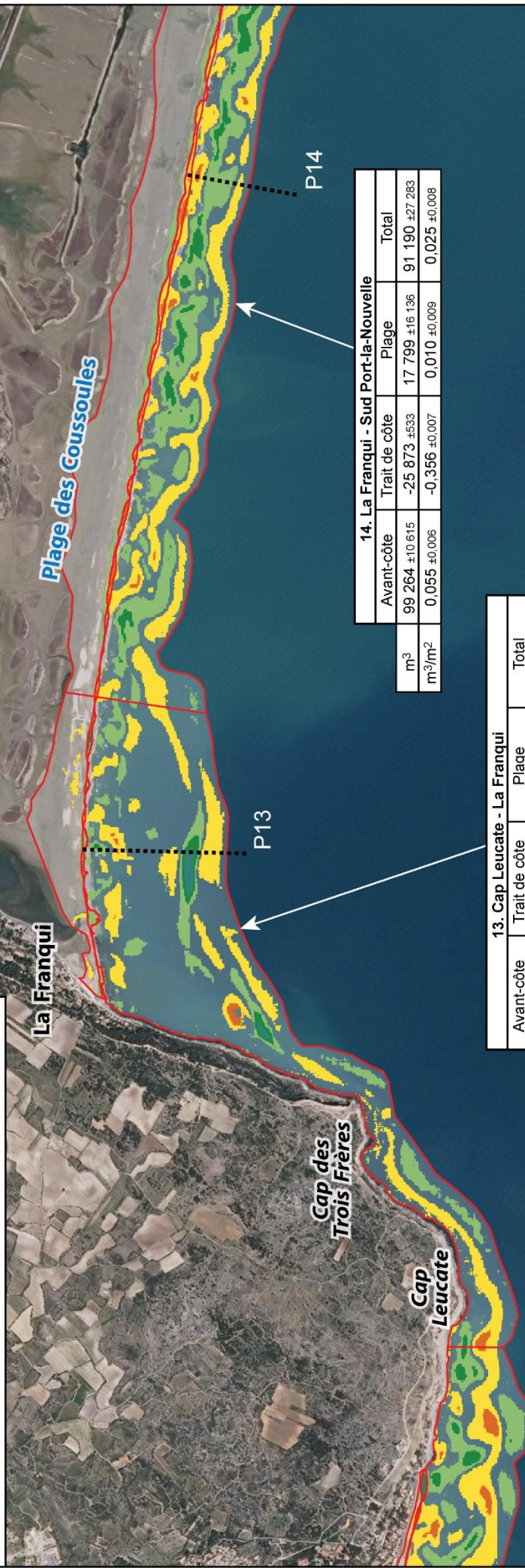
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|------------------|---------------|---------------|------------------|
| m ³ | -178 011 ±13 849 | 19 659 ±192 | -2 647 ±9 386 | -160 998 ±23 427 |
| m ³ /m ² | -0,088 ±0,007 | 0,440 ±0,004 | -0,008 ±0,029 | -0,067 ±0,010 |

12. Port Leucate - Cap Leucate

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|------------------|---------------|---------------|------------------|
| m ³ | -220 745 ±25 172 | -9 645 ±113 | -3 543 ±4 711 | -233 745 ±29 996 |
| m ³ /m ² | -0,098 ±0,011 | -0,320 ±0,004 | -0,020 ±0,026 | -0,095 ±0,012 |



Atlas de l'évolution morphologique et du budget sédimentaire 2011-2014 du littoral du Languedoc-Roussillon



14. La Franqui - Sud Port-la-Nouvelle

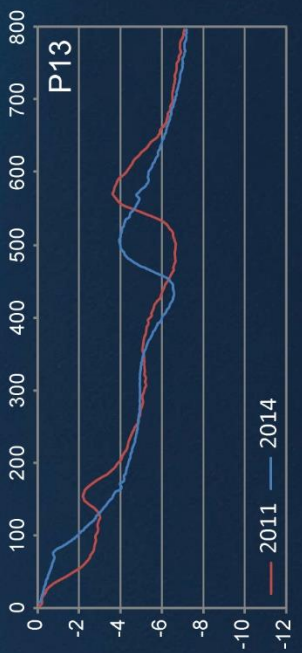
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| m ³ | 99 264 ±10 615 | -25 873 ±533 | 17 799 ±16 136 | 91 190 ±27 283 |
| m ³ /m ² | 0,055 ±0,006 | -0,356 ±0,007 | 0,010 ±0,009 | 0,025 ±0,008 |

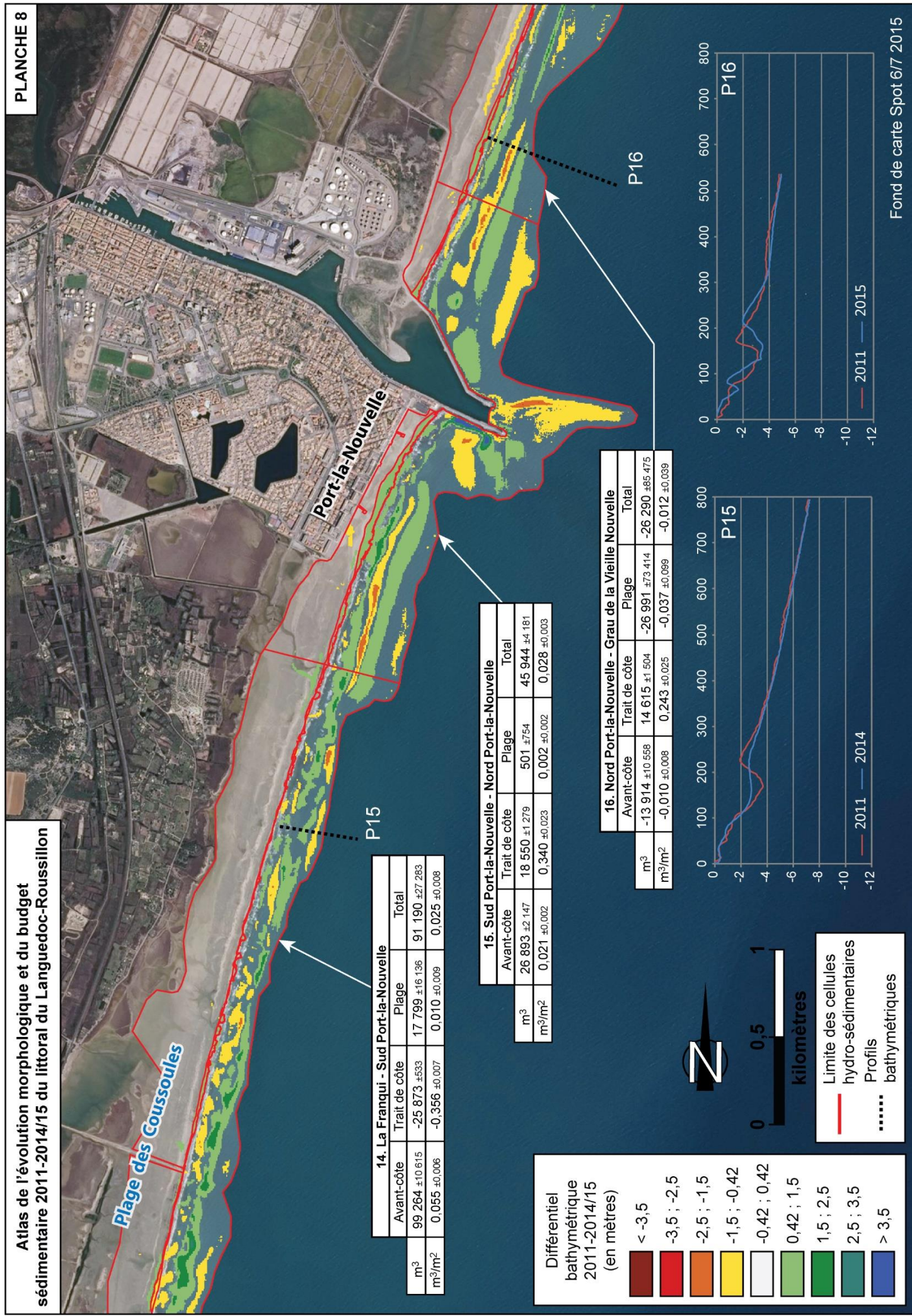
13. Cap Leucate - La Franqui

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|----------------|---------------|----------------|-----------------|
| m ³ | -29 515 ±2 784 | 4 780 ±67 | -2 693 ±18 547 | -27 428 ±21 398 |
| m ³ /m ² | -0,021 ±0,002 | 0,313 ±0,004 | -0,013 ±0,089 | -0,017 ±0,013 |

12. Port Leucate - Cap Leucate

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|------------------|---------------|---------------|------------------|
| m ³ | -220 745 ±25 172 | -9 645 ±113 | -3 543 ±4 711 | -233 934 ±29 996 |
| m ³ /m ² | -0,098 ±0,011 | -0,320 ±0,004 | -0,020 ±0,026 | -0,095 ±0,012 |





Plage des Coussoles

Port-la-Nouvelle

14. La Franqui - Sud Port-la-Nouvelle

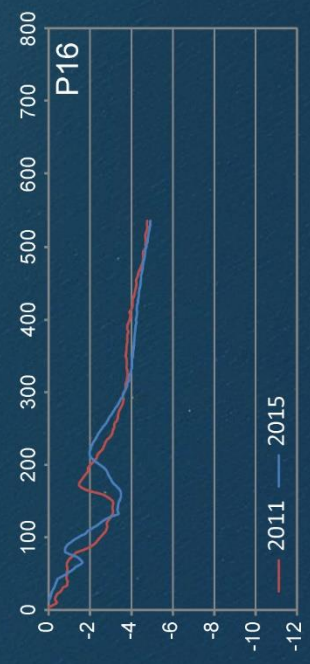
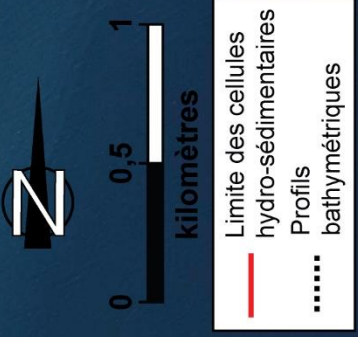
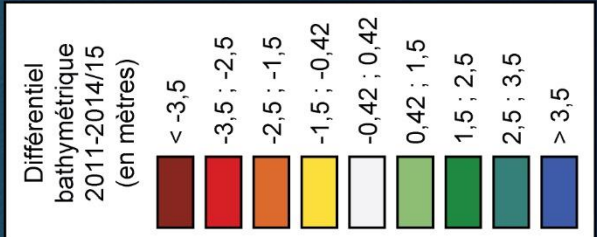
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| m ³ | 99 264 ±10 615 | -25 873 ±533 | 17 799 ±16 136 | 91 190 ±27 283 |
| m ³ /m ² | 0,055 ±0,006 | -0,356 ±0,007 | 0,010 ±0,009 | 0,025 ±0,008 |

15. Sud Port-la-Nouvelle - Nord Port-la-Nouvelle

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| m ³ | 26 893 ±2 147 | 18 550 ±1 279 | 501 ±754 | 45 944 ±4 181 |
| m ³ /m ² | 0,021 ±0,002 | 0,340 ±0,023 | 0,002 ±0,002 | 0,028 ±0,003 |

16. Nord Port-la-Nouvelle - Grau de la Vieille Nouvelle

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| m ³ | -13 914 ±10 558 | 14 615 ±1 504 | -26 991 ±73 414 | -26 290 ±85 475 |
| m ³ /m ² | -0,010 ±0,008 | 0,243 ±0,025 | -0,037 ±0,099 | -0,012 ±0,039 |



Étang de l'Ayrolle

Grau de la Vieille Nouvelle

Ancien Grau du Grazel

Salin de l'île Saint Martin

P17

P18

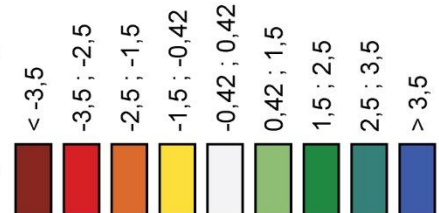
16. Nord Port-la-Nouvelle - Grau de la Vieille Nouvelle

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| m ³ | -13 914 ±10 568 | 14 615 ±1 504 | -26 991 ±73 414 | -26 290 ±85 475 |
| m ³ /m ² | -0,010 ±0,008 | 0,243 ±0,025 | -0,037 ±0,099 | -0,012 ±0,039 |

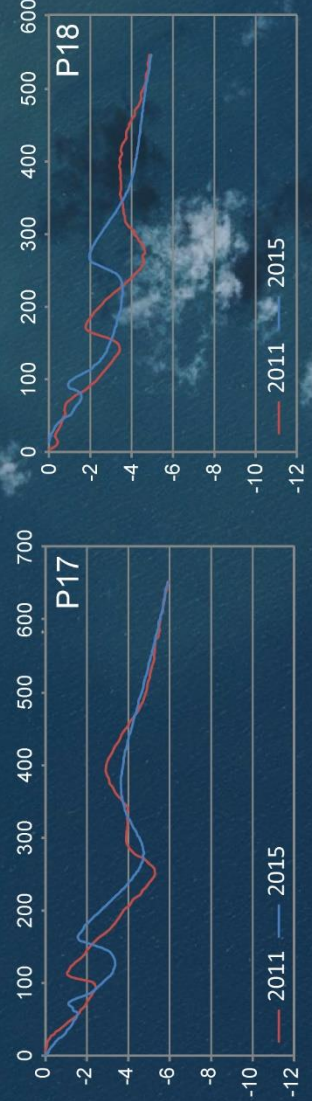
17. Grau de la Vieille Nouvelle - Gruissan

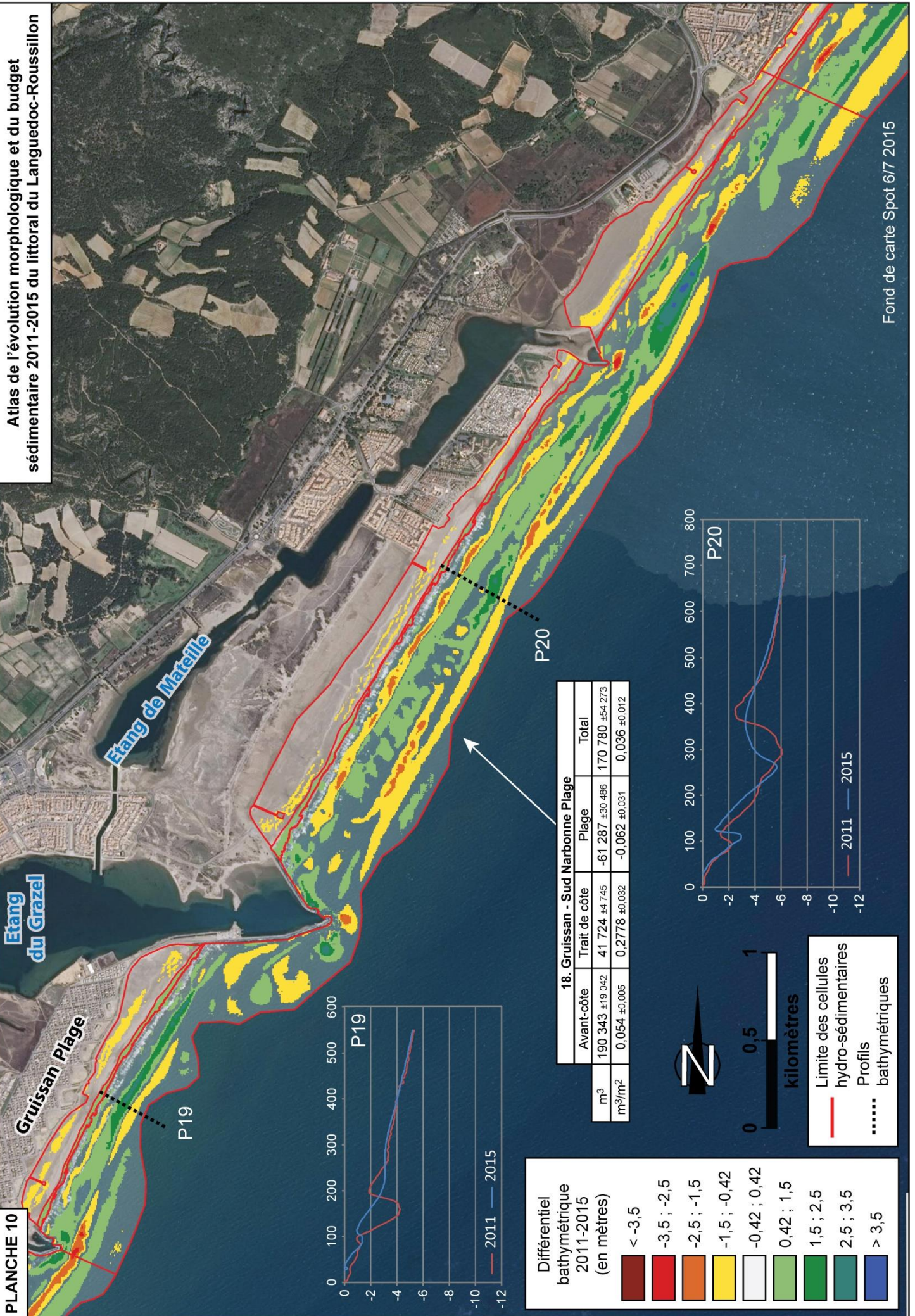
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| m ³ | 100 323 ±21 042 | 25 881 ±1 544 | -79 588 ±86 542 | 46 616 ±109 128 |
| m ³ /m ² | 0,043 ±0,009 | 0,260 ±0,015 | -0,064 ±0,069 | 0,013 ±0,029 |

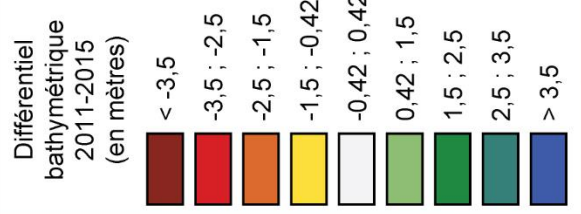
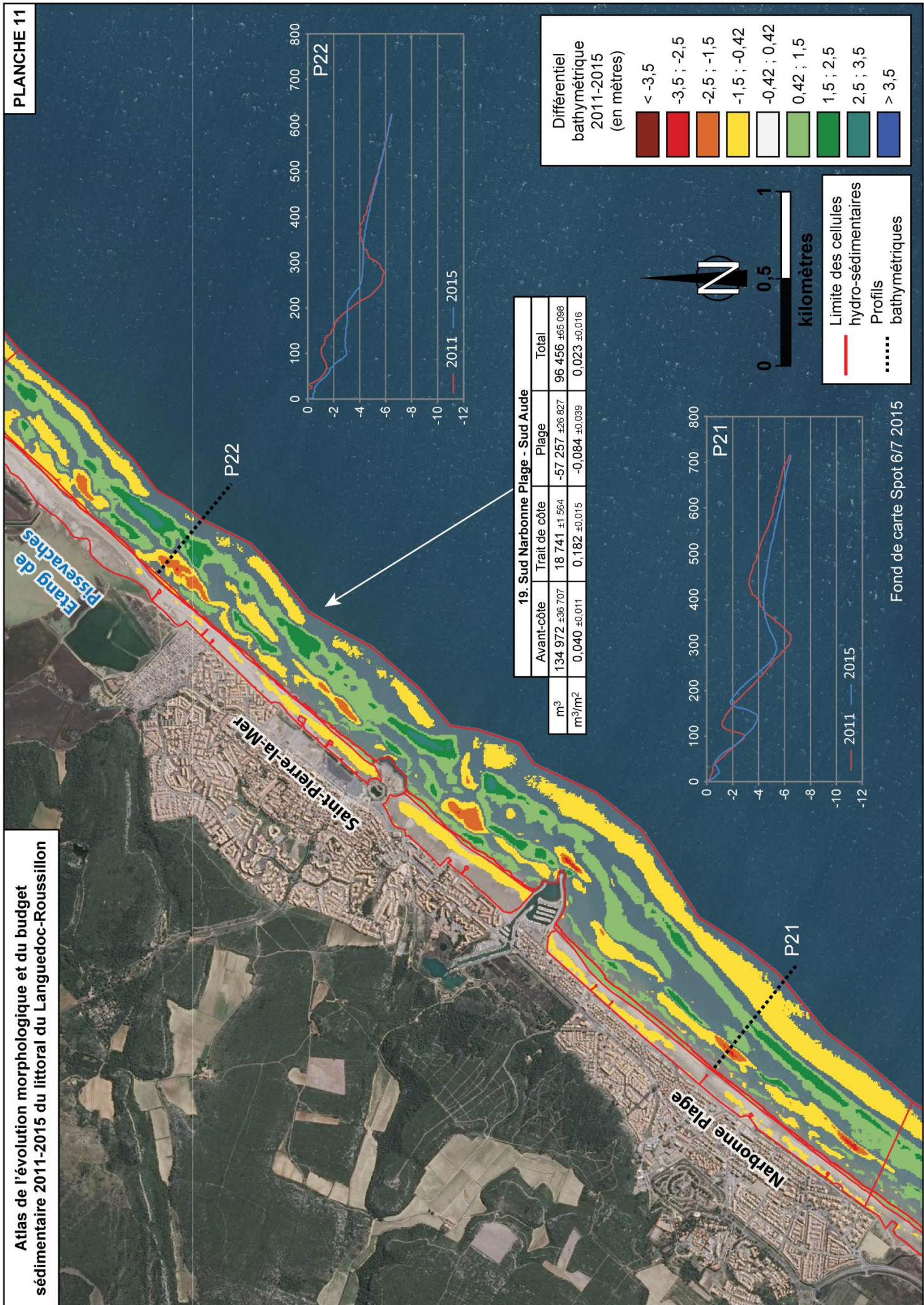
Différentiel bathymétrique 2011-2015 (en mètres)



kilomètres

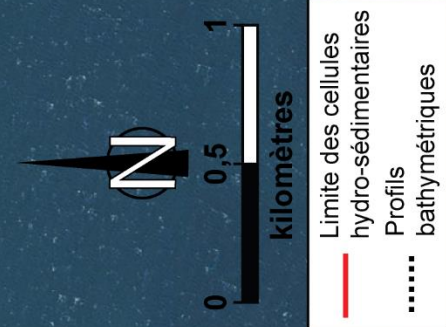
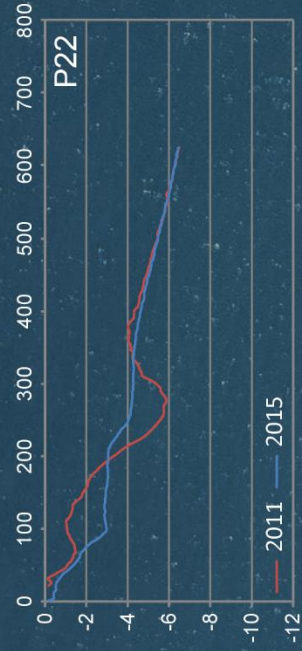
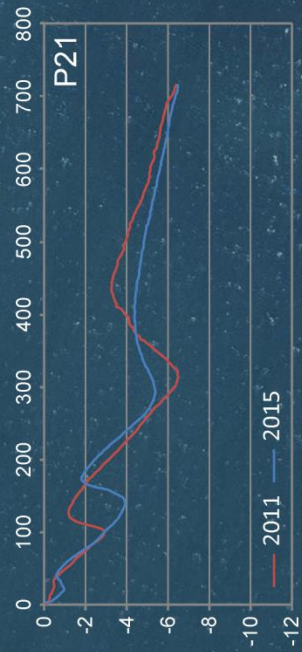




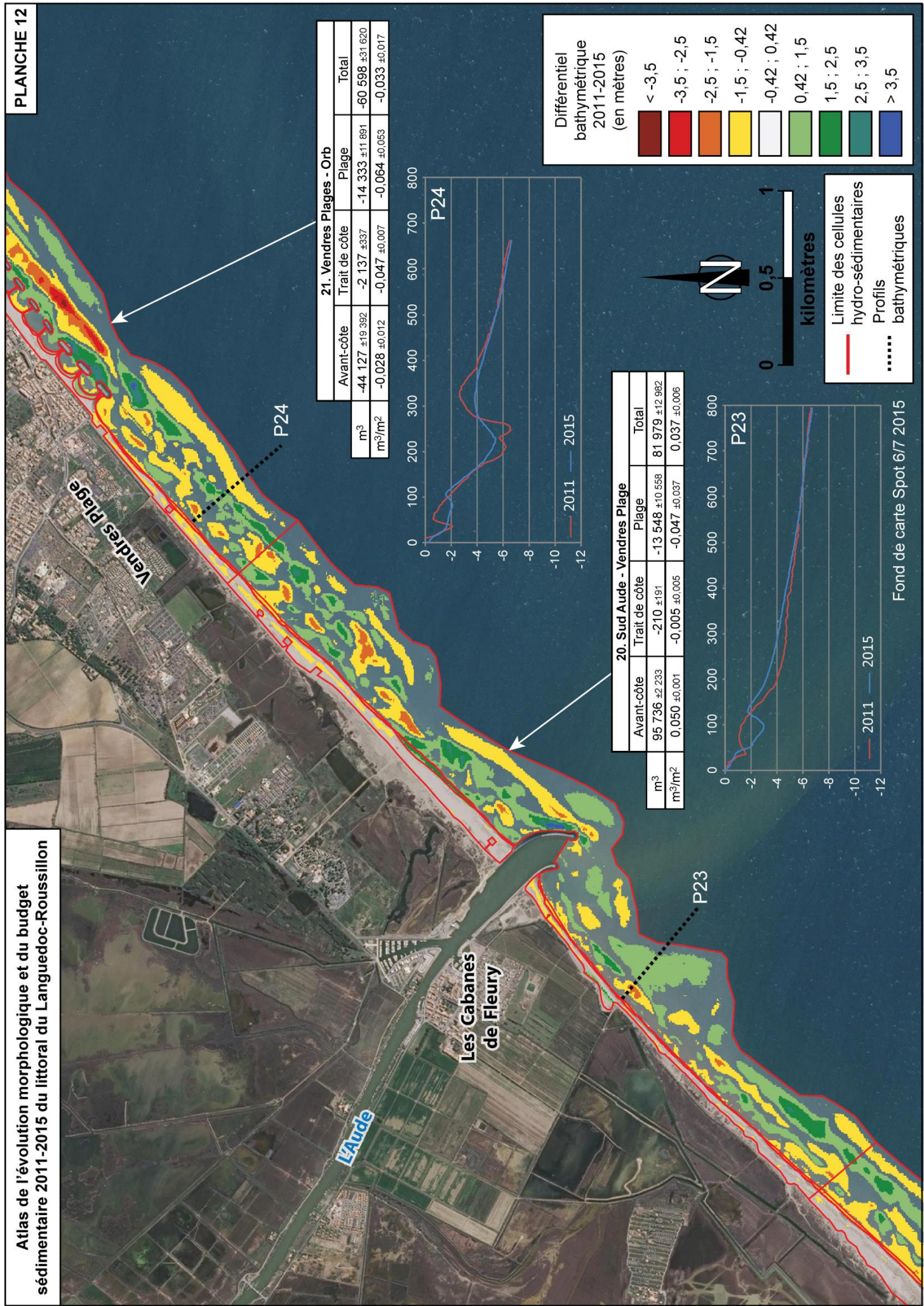


19. Sud Narbonne Plage - Sud Aude

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------|
| m ³ | 134 972 ±96 707 | 18 741 ±1 564 | -57 257 ±26 827 | 96 456 ±65 098 |
| m ³ /m ² | 0,040 ±0,011 | 0,182 ±0,015 | -0,084 ±0,039 | 0,023 ±0,016 |



Fond de carte Spot 6/7 2015

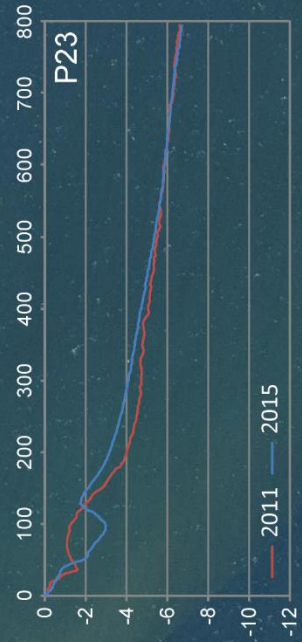
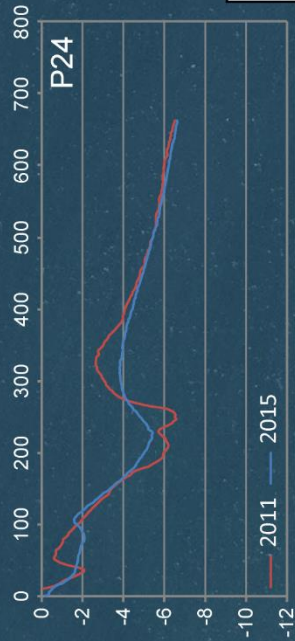
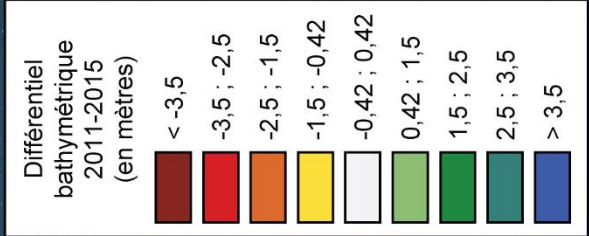


21. Vendres Plages - Orb

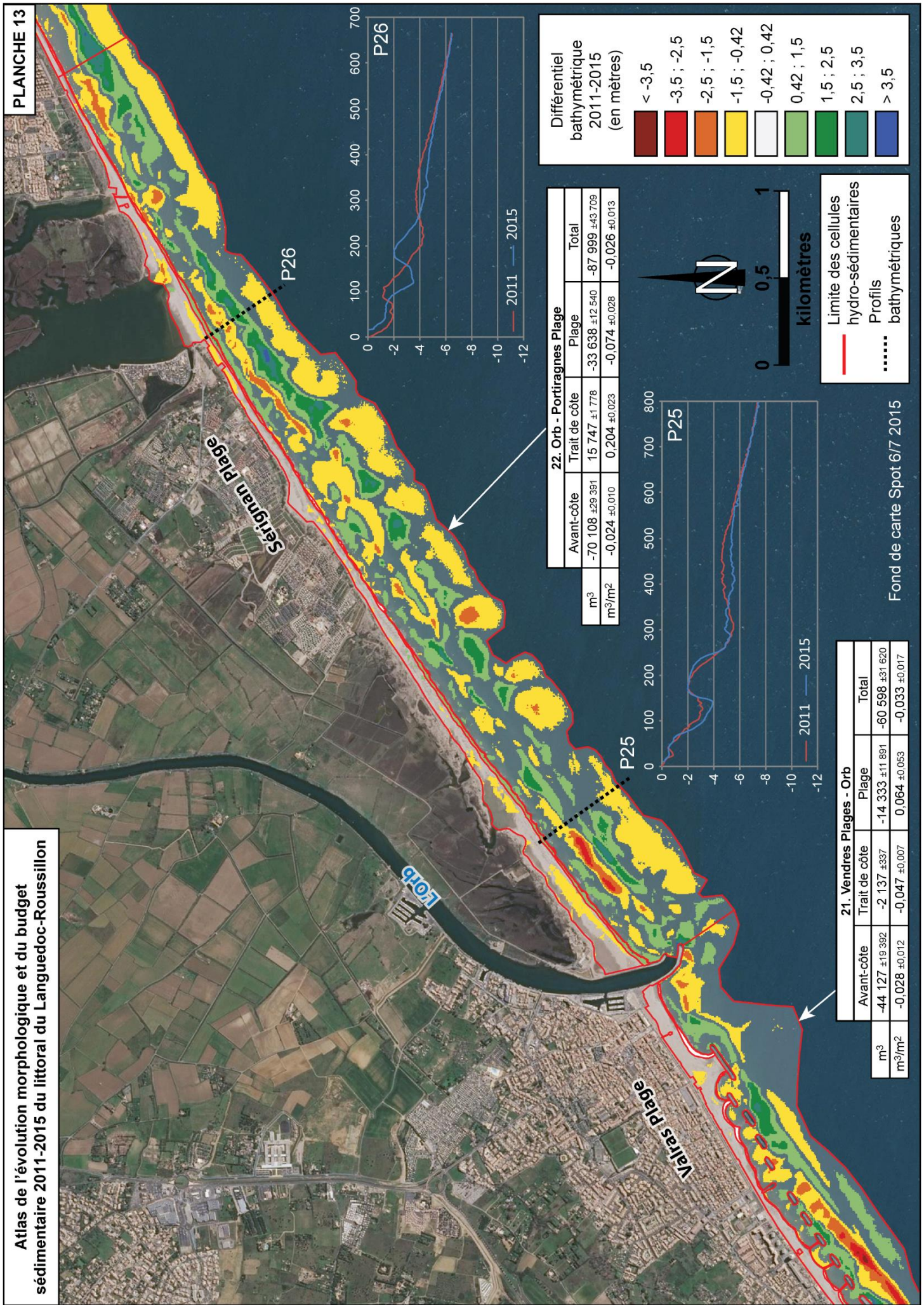
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| m ³ | -44 127 ±19 392 | -2 137 ±337 | -14 333 ±11 891 | -60 598 ±31 620 |
| m ³ /m ² | -0,028 ±0,012 | -0,047 ±0,007 | -0,064 ±0,053 | -0,033 ±0,017 |

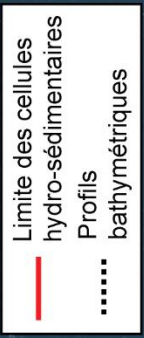
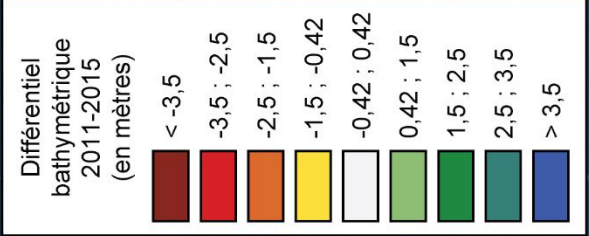
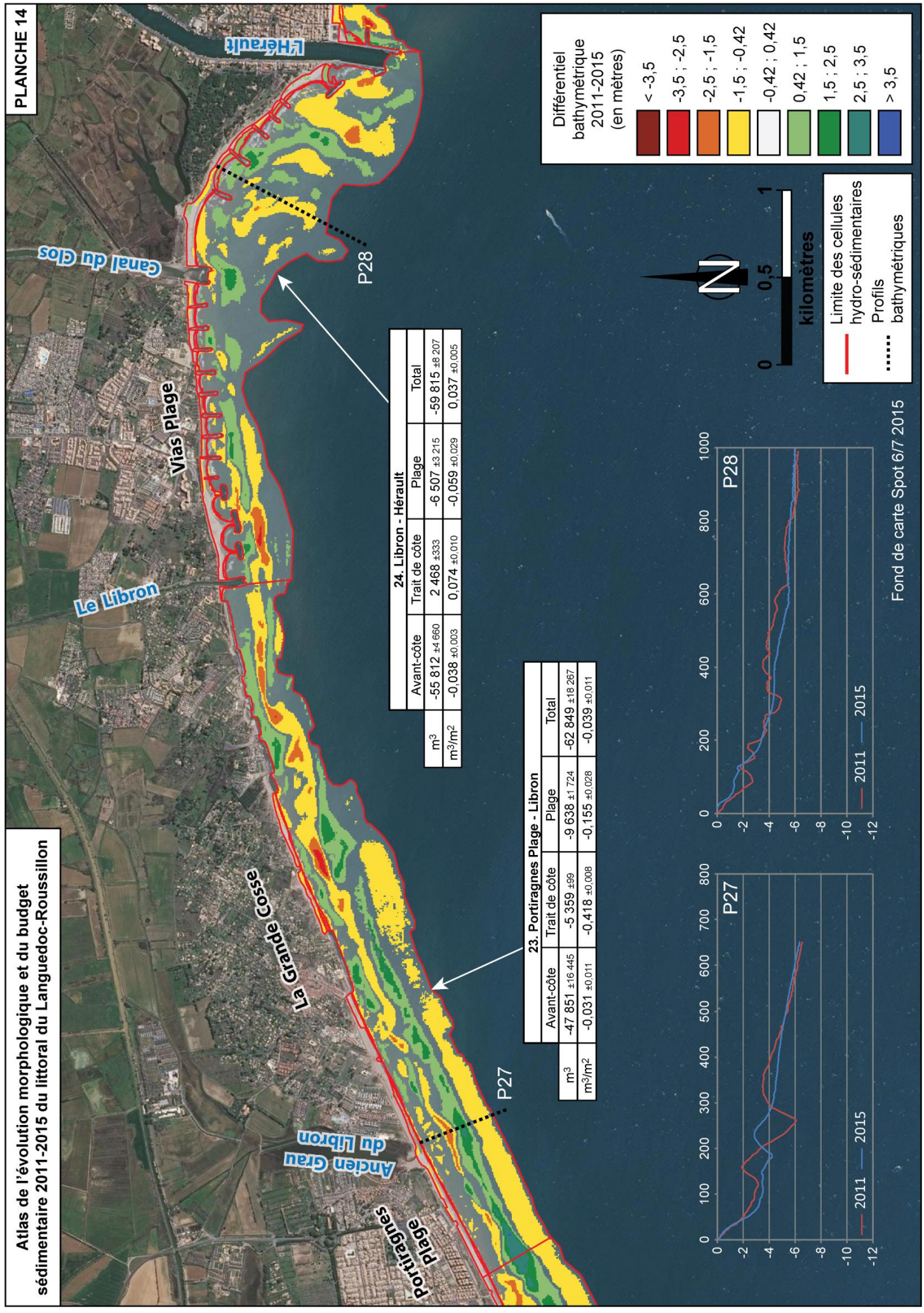
20. Sud Aude - Vendres Plage

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|
| m ³ | 95 736 ±2 233 | -210 ±191 | -13 548 ±10 558 | 81 979 ±12 982 |
| m ³ /m ² | 0,050 ±0,001 | -0,005 ±0,005 | -0,047 ±0,037 | 0,037 ±0,006 |



Atlas de l'évolution morphologique et du budget sédimentaire 2011-2015 du littoral du Languedoc-Roussillon



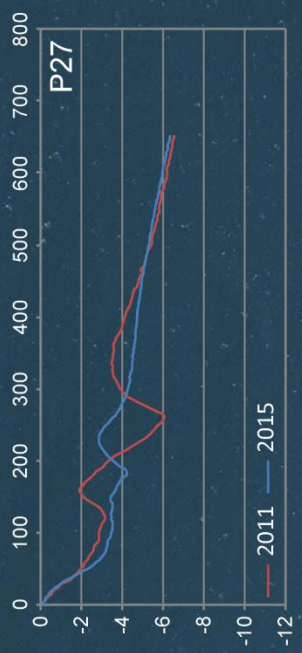
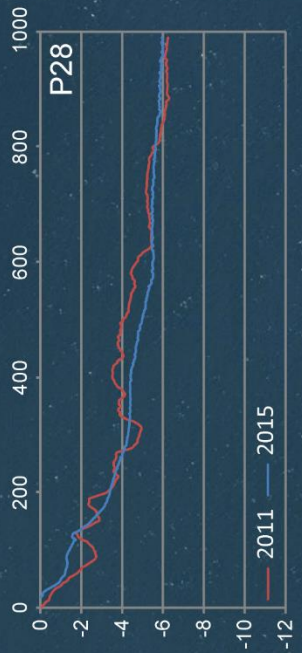


24. Libron - Hérault

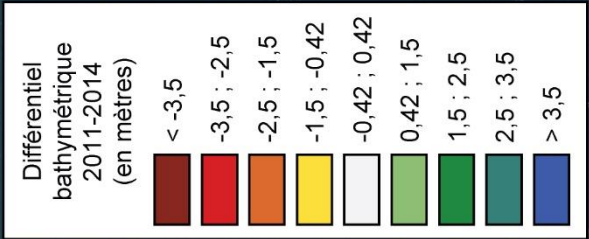
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| m ³ | -55 812 ±4 660 | 2 468 ±333 | -6 507 ±3 215 | -59 815 ±8 207 |
| m ³ /m ² | -0,038 ±0,003 | 0,074 ±0,010 | -0,059 ±0,029 | 0,037 ±0,005 |

23. Portiragnes Plage - Libron

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| m ³ | -47 851 ±16 445 | -5 359 ±59 | -9 638 ±1 724 | -62 849 ±18 267 |
| m ³ /m ² | -0,031 ±0,011 | -0,418 ±0,008 | -0,155 ±0,028 | -0,039 ±0,011 |

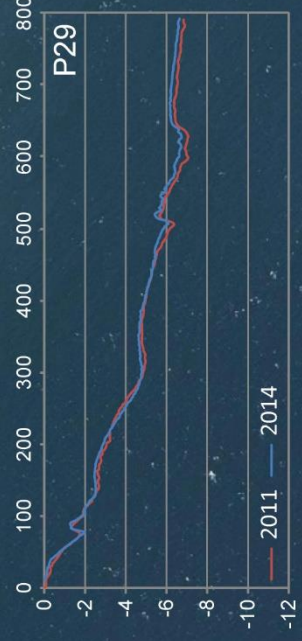
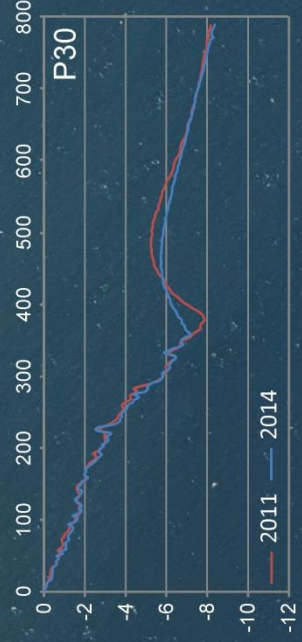
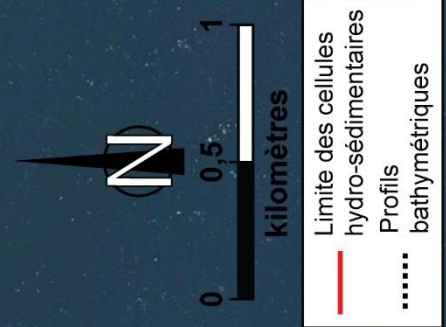


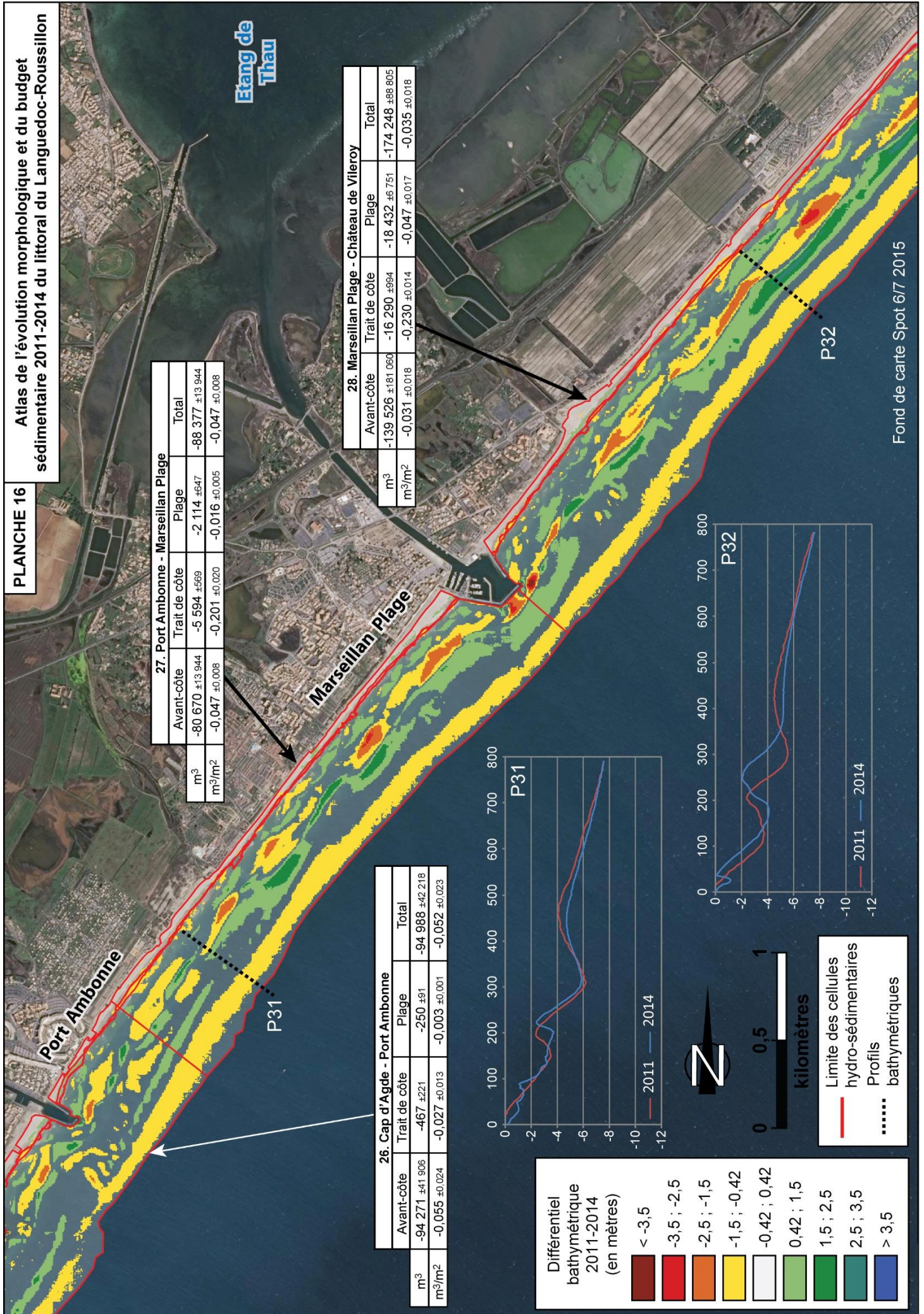
Fond de carte Spot 6/7 2015



| 25. Héroult - Cap d'Agde | | | | |
|--------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
| m ³ | -65 106 ±51 014 | 12 353 ±2 130 | -3 686 ±4 933 | -56 439 ±58 076 |
| m ³ /m ² | -0,036 ±0,028 | 0,135 ±0,023 | -0,011 ±0,014 | -0,025 ±0,026 |

| 26. Cap d'Agde - Port Ambonne | | | | |
|--------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
| m ³ | -94 271 ±41 906 | -467 ±221 | -250 ±91 | -94 988 ±42 218 |
| m ³ /m ² | -0,055 ±0,024 | -0,027 ±0,013 | -0,003 ±0,001 | -0,052 ±0,023 |





27. Port Ambonne - Marseillan Plage

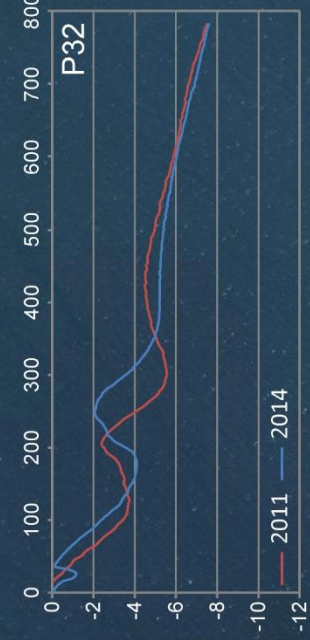
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| m ³ | -80 670 ±13 944 | -5 594 ±569 | -2 114 ±647 | -88 377 ±13 944 |
| m ³ /m ² | -0,047 ±0,008 | -0,201 ±0,020 | -0,016 ±0,005 | -0,047 ±0,008 |

26. Cap d'Agde - Port Ambonne

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| m ³ | -94 271 ±41 906 | -467 ±221 | -250 ±91 | -94 988 ±42 218 |
| m ³ /m ² | -0,055 ±0,024 | -0,027 ±0,013 | -0,003 ±0,001 | -0,052 ±0,023 |

28. Marseillan Plage - Château de Vileroy

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-------------------|---------------|----------------|------------------|
| m ³ | -139 526 ±181 060 | -16 290 ±994 | -18 432 ±6 751 | -174 248 ±88 805 |
| m ³ /m ² | -0,031 ±0,018 | -0,230 ±0,014 | -0,047 ±0,017 | -0,035 ±0,018 |



Différentiel bathymétrique 2011-2014 (en mètres)

- < -3,5
- 3,5 ; -2,5
- 2,5 ; -1,5
- 1,5 ; -0,42
- 0,42 ; 0,42
- 0,42 ; 1,5
- 1,5 ; 2,5
- 2,5 ; 3,5
- > 3,5



Limite des cellules hydro-sédimentaires

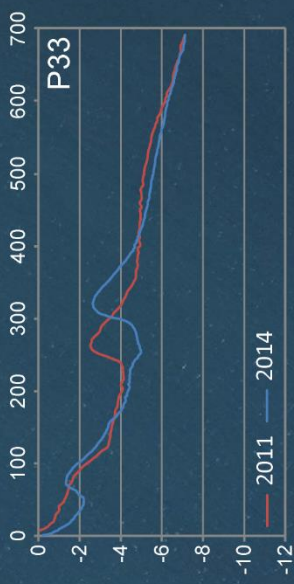
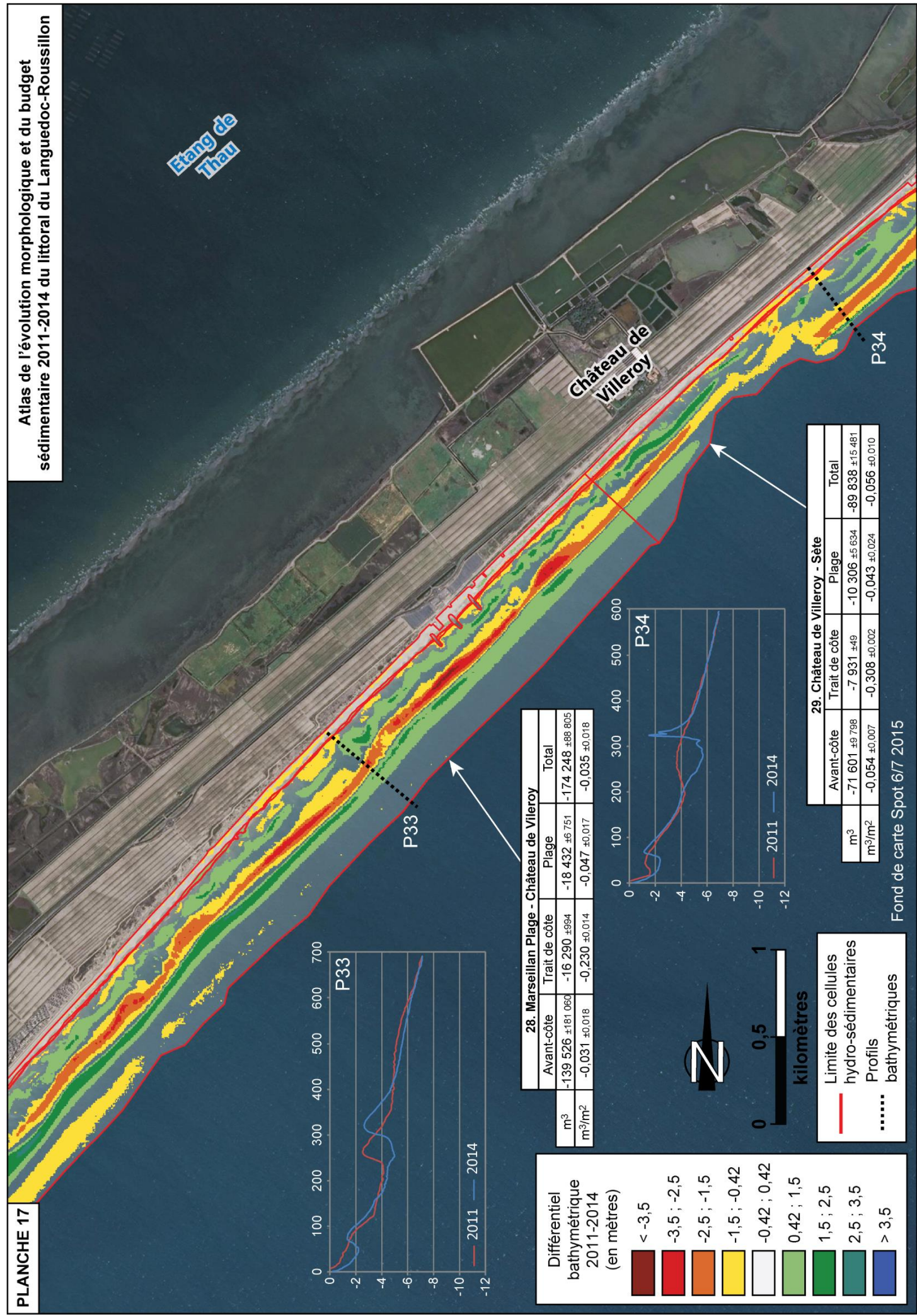
—

Profils bathymétriques

.....

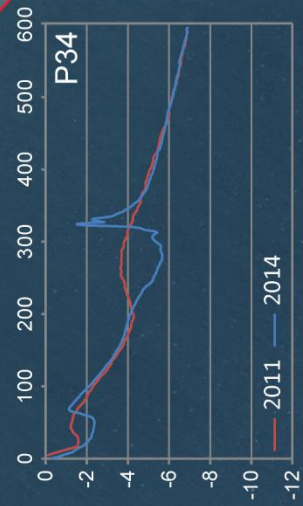
Étang de Thau

Château de Villeroy



28. Marseillan Plage - Château de Villeroy

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-------------------|---------------|----------------|------------------|
| m ³ | -139 526 ±181 060 | -16 230 ±994 | -18 432 ±6 751 | -174 248 ±88 805 |
| m ³ /m ² | -0,031 ±0,018 | -0,230 ±0,014 | -0,047 ±0,017 | -0,035 ±0,018 |



29. Château de Villeroy - Sète

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|
| m ³ | -71 601 ±49 798 | -7 931 ±49 | -10 306 ±5 634 | -89 838 ±15 481 |
| m ³ /m ² | -0,054 ±0,007 | -0,308 ±0,002 | -0,043 ±0,024 | -0,056 ±0,010 |

Différentiel bathymétrique 2011-2014 (en mètres)

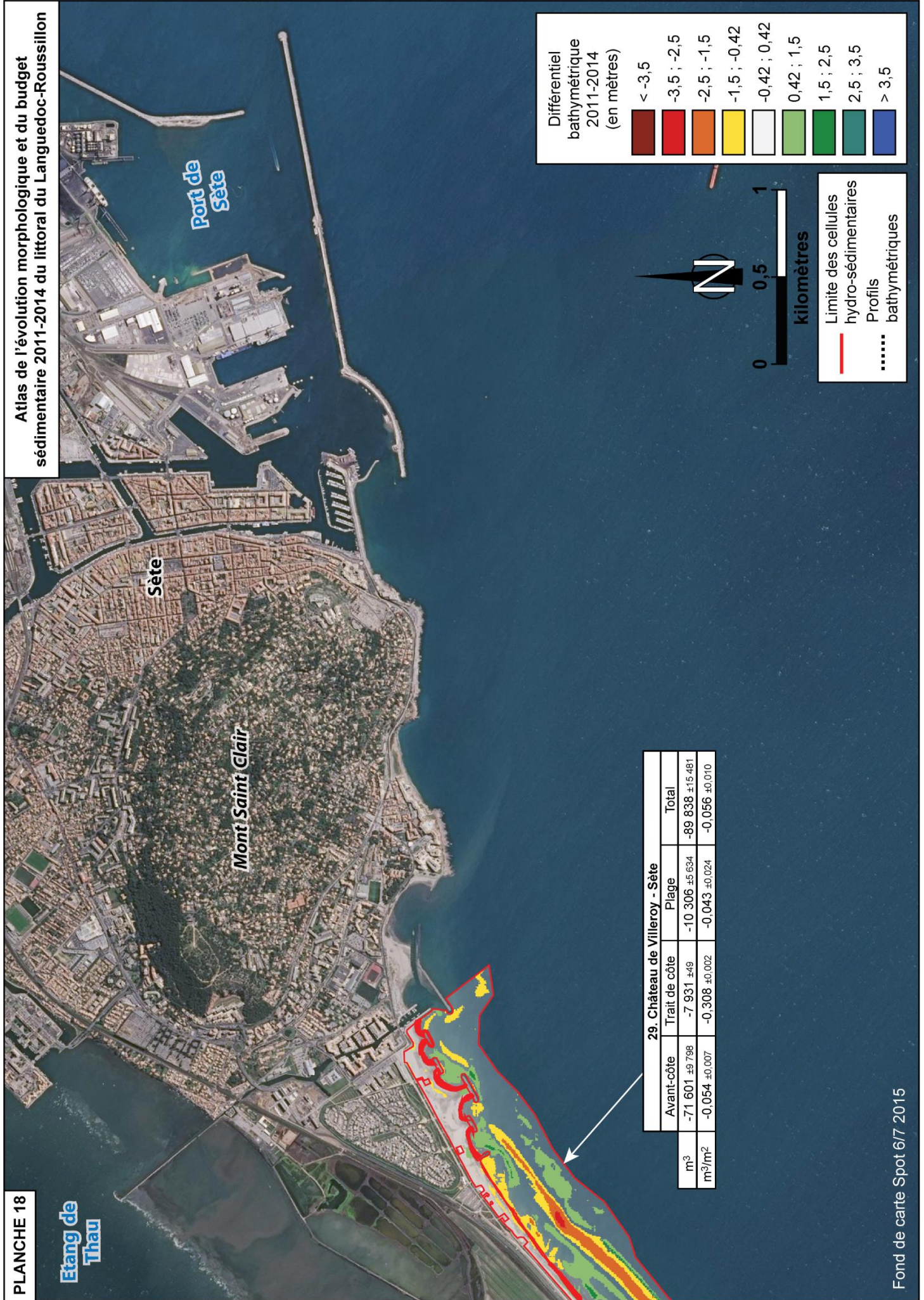
- < -3,5
- 3,5 ; -2,5
- 2,5 ; -1,5
- 1,5 ; -0,42
- 0,42 ; 0,42
- 0,42 ; 1,5
- 1,5 ; 2,5
- 2,5 ; 3,5
- > 3,5

0 0,5 1 kilomètres

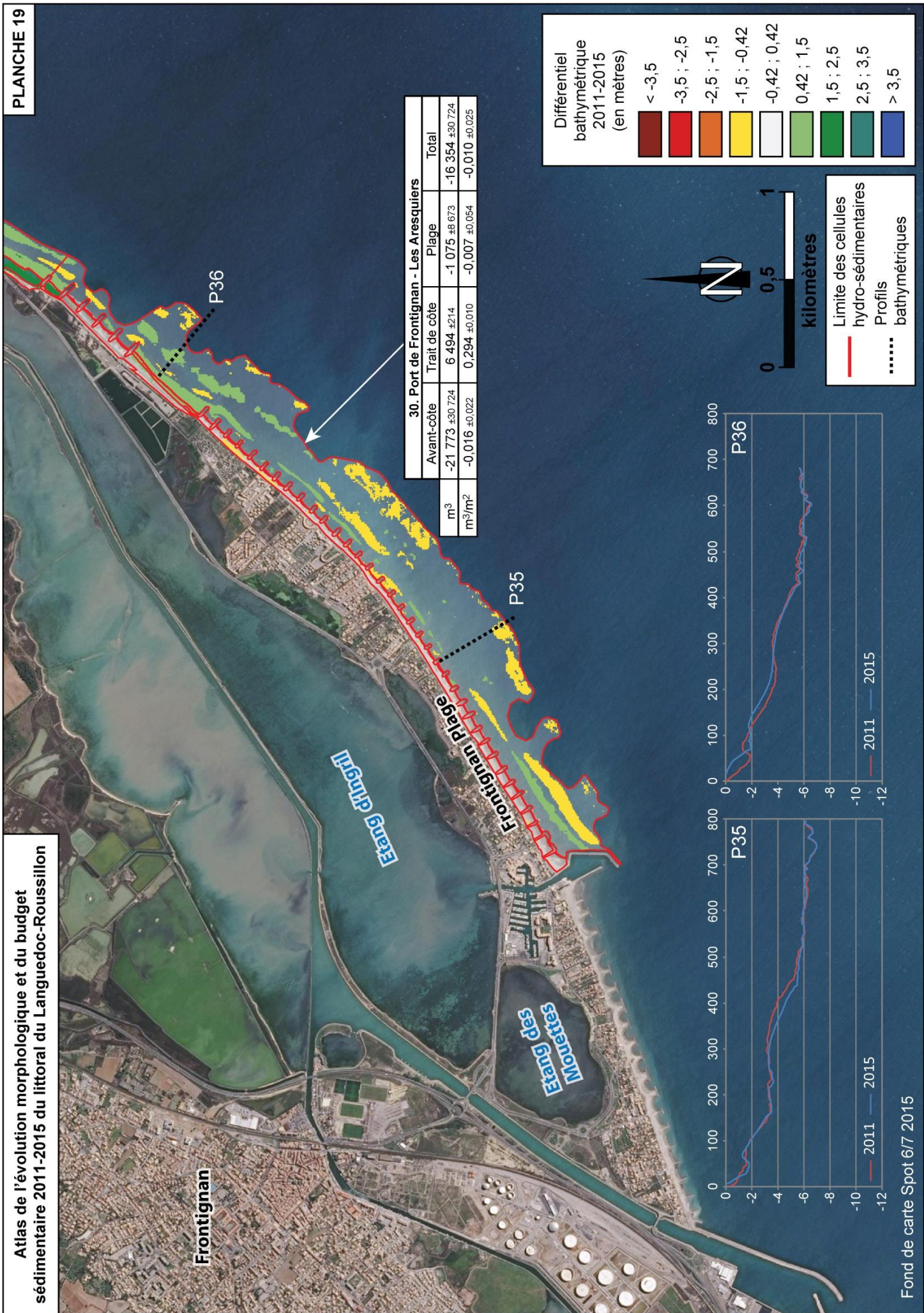
Limite des cellules hydro-sédimentaires (red line)

Profils bathymétriques (dotted line)

Fond de carte Spot 6/7 2015

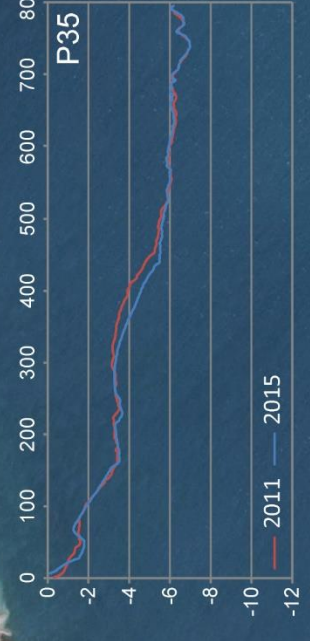
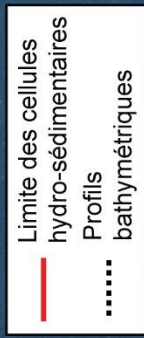
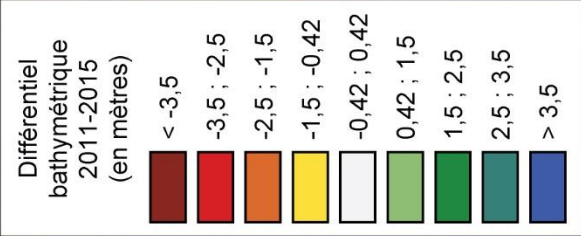


Atlas de l'évolution morphologique et du budget sédimentaire 2011-2015 du littoral du Languedoc-Roussillon

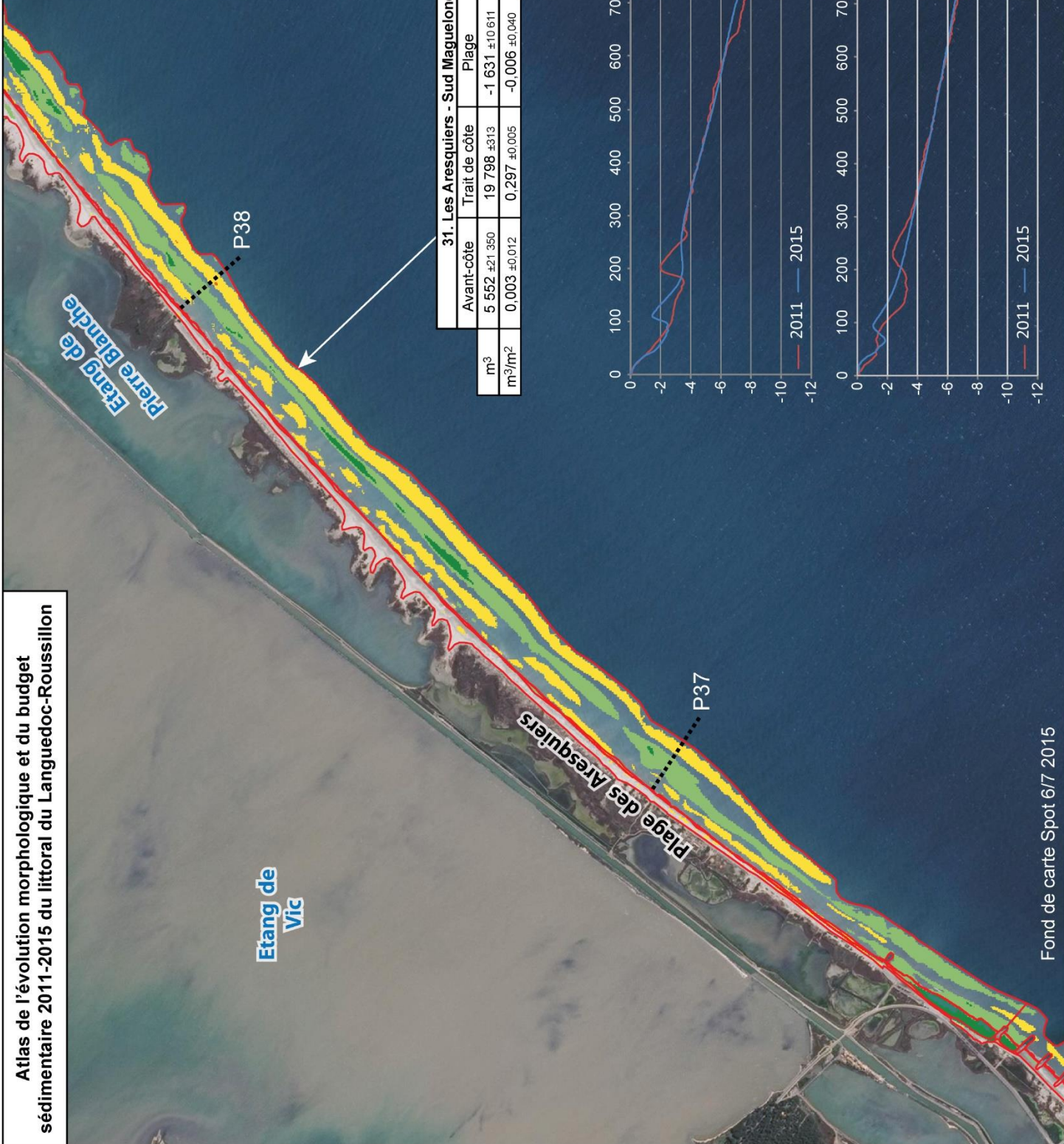


30. Port de Frontignan - Les Aresquiers

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| m ³ | -21 773 ±30 724 | 6 494 ±214 | -1 075 ±8 673 | -16 354 ±30 724 |
| m ³ /m ² | -0,016 ±0,022 | 0,294 ±0,010 | -0,007 ±0,054 | -0,010 ±0,025 |



Fond de carte Spot 6/7 2015



Etang de Vic

Plage des Aresquiers

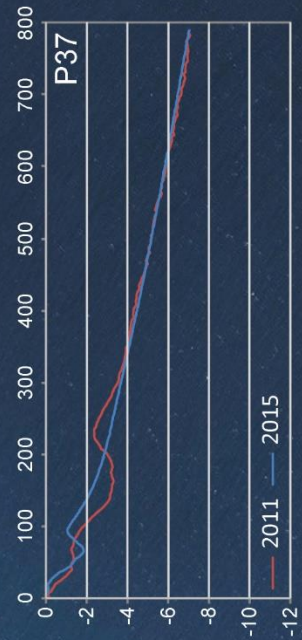
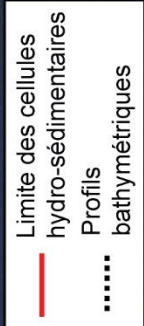
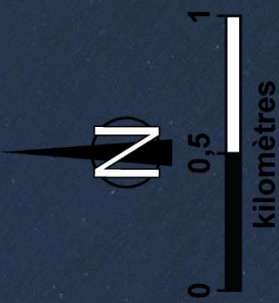
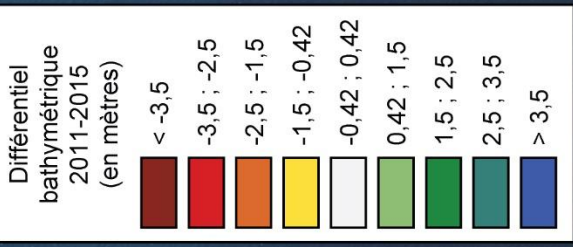
Etang de Pierre Blanche

P38

P37

31. Les Aresquiers - Sud Maguelone

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| m ³ | 5 552 ±21 350 | 19 798 ±313 | -1 631 ±10 611 | 23 719 ±32 273 |
| m ³ /m ² | 0,003 ±0,012 | 0,297 ±0,005 | -0,006 ±0,040 | 0,012 ±0,016 |



Fond de carte Spot 6/7 2015

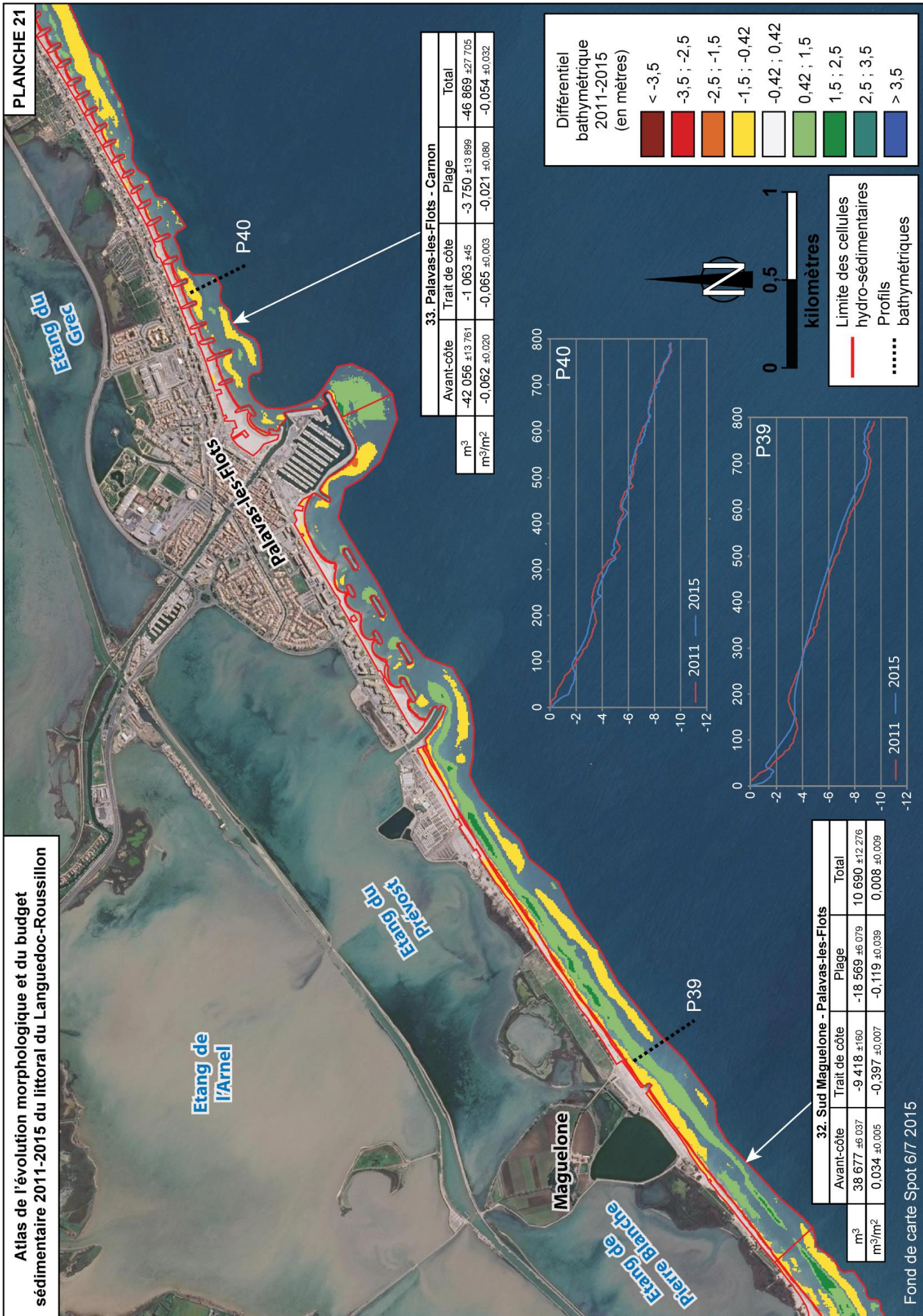
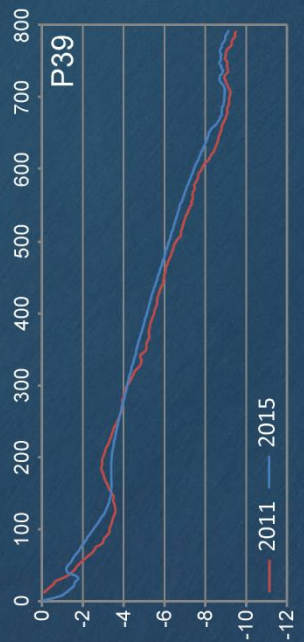
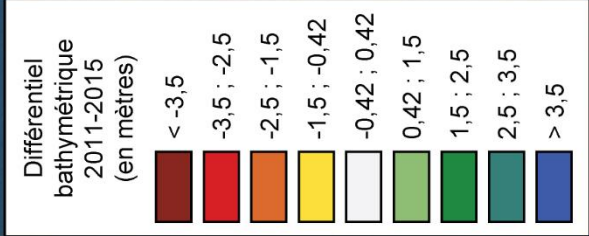


PLANCHE 21

33. Palavas-les-Flots - Carron

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|----------------|---------------|----------------|-----------------|
| m ³ | 42 056 ±13 761 | -1 063 ±45 | -3 750 ±13 899 | -46 869 ±27 705 |
| m ³ /m ² | -0,062 ±0,020 | -0,065 ±0,003 | -0,021 ±0,080 | -0,054 ±0,032 |



32. Sud Maguelone - Palavas-les-Flots

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| m ³ | 38 677 ±6 037 | -9 418 ±160 | -18 569 ±6 079 | 10 690 ±12 276 |
| m ³ /m ² | 0,034 ±0,005 | -0,397 ±0,007 | -0,119 ±0,039 | 0,008 ±0,009 |

Etang de Maugio

Etang de Pérois

Carnon

Le Petit Travers

Le Grand Travers

35. Le Petit Travers - La Grande Motte

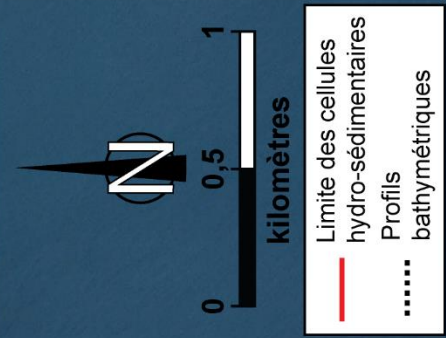
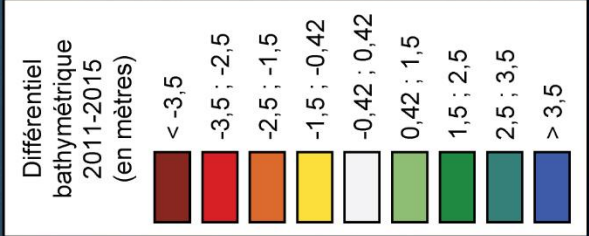
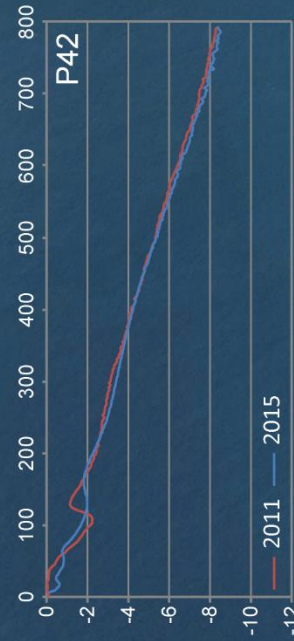
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| m ³ | -68 074 ±29 752 | 6 971 ±2 543 | -11 391 ±12 527 | -72 495 ±44 821 |
| m ³ /m ² | -0,103 ±0,045 | 0,107 ±0,039 | -0,052 ±0,058 | -0,077 ±0,048 |

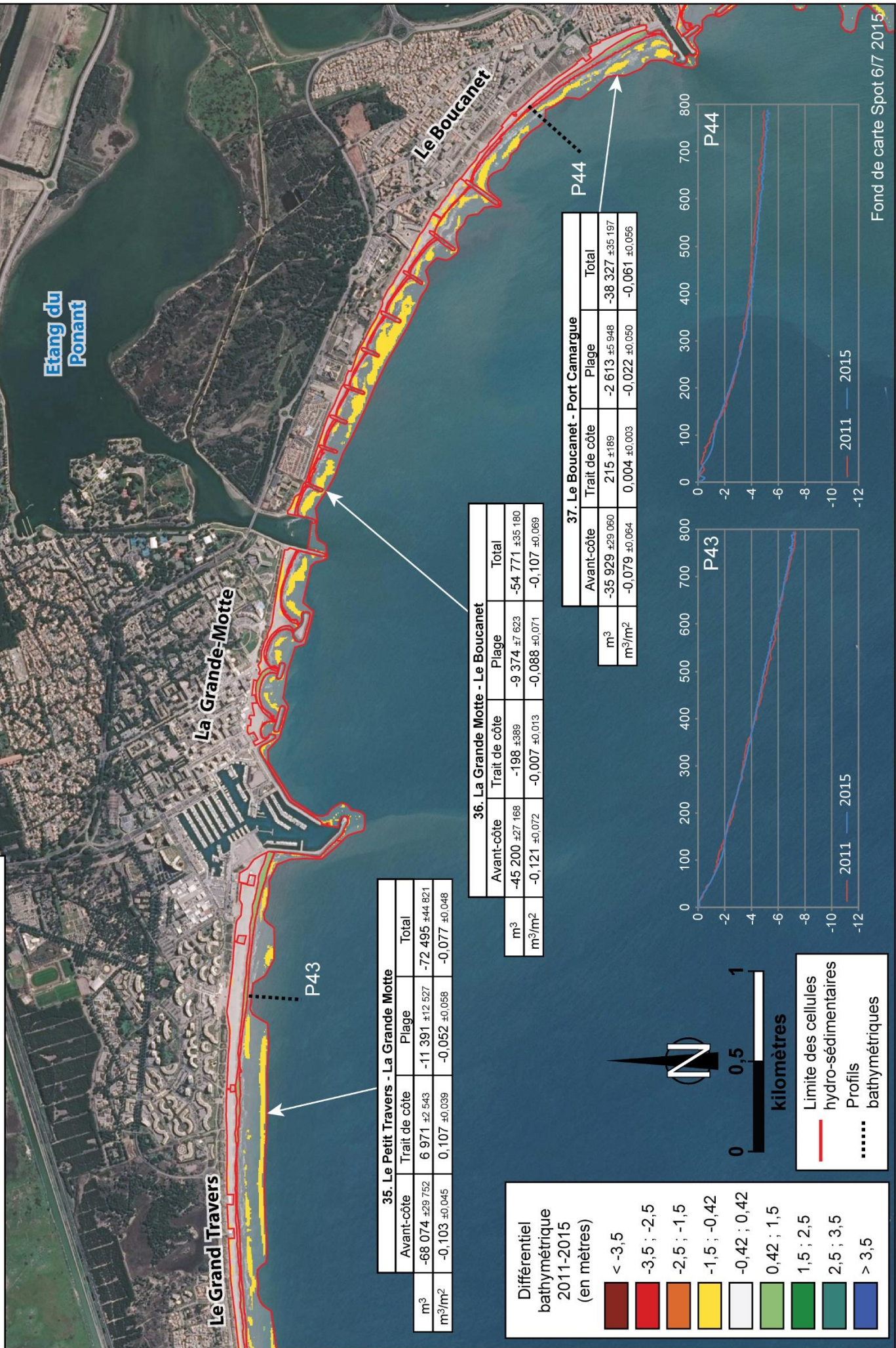
34. Carnon - Le Petit Travers

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| m ³ | -68 624 ±19 362 | -3 137 ±97 | -12 071 ±12 753 | -83 833 ±32 212 |
| m ³ /m ² | -0,144 ±0,041 | -0,092 ±0,003 | -0,069 ±0,073 | -0,122 ±0,047 |

33. Palavas-les-Flots - Carnon

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|
| m ³ | -42 056 ±13 761 | -1 063 ±45 | -3 750 ±13 899 | -46 869 ±27 705 |
| m ³ /m ² | -0,062 ±0,020 | -0,065 ±0,003 | -0,021 ±0,080 | -0,054 ±0,032 |





35. Le Petit Travers - La Grande Motte

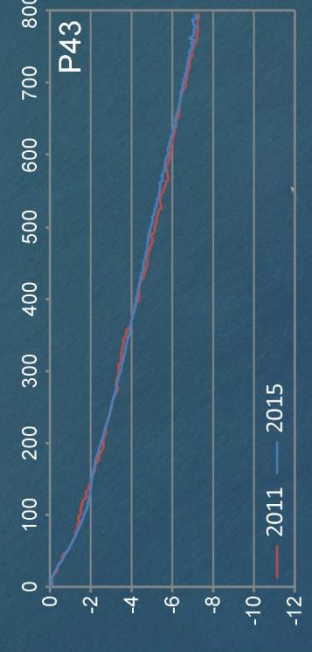
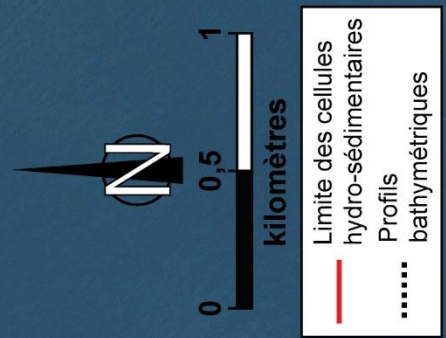
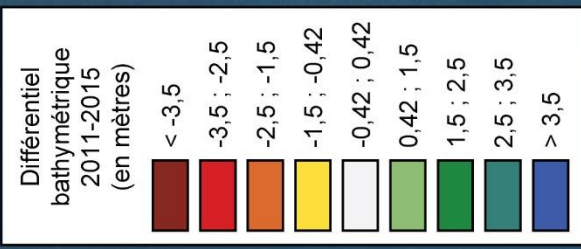
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| m ³ | -68 074 ±29 752 | 6 971 ±2 543 | -11 391 ±12 527 | -72 495 ±44 821 |
| m ³ /m ² | -0,103 ±0,045 | 0,107 ±0,039 | -0,052 ±0,058 | -0,077 ±0,048 |

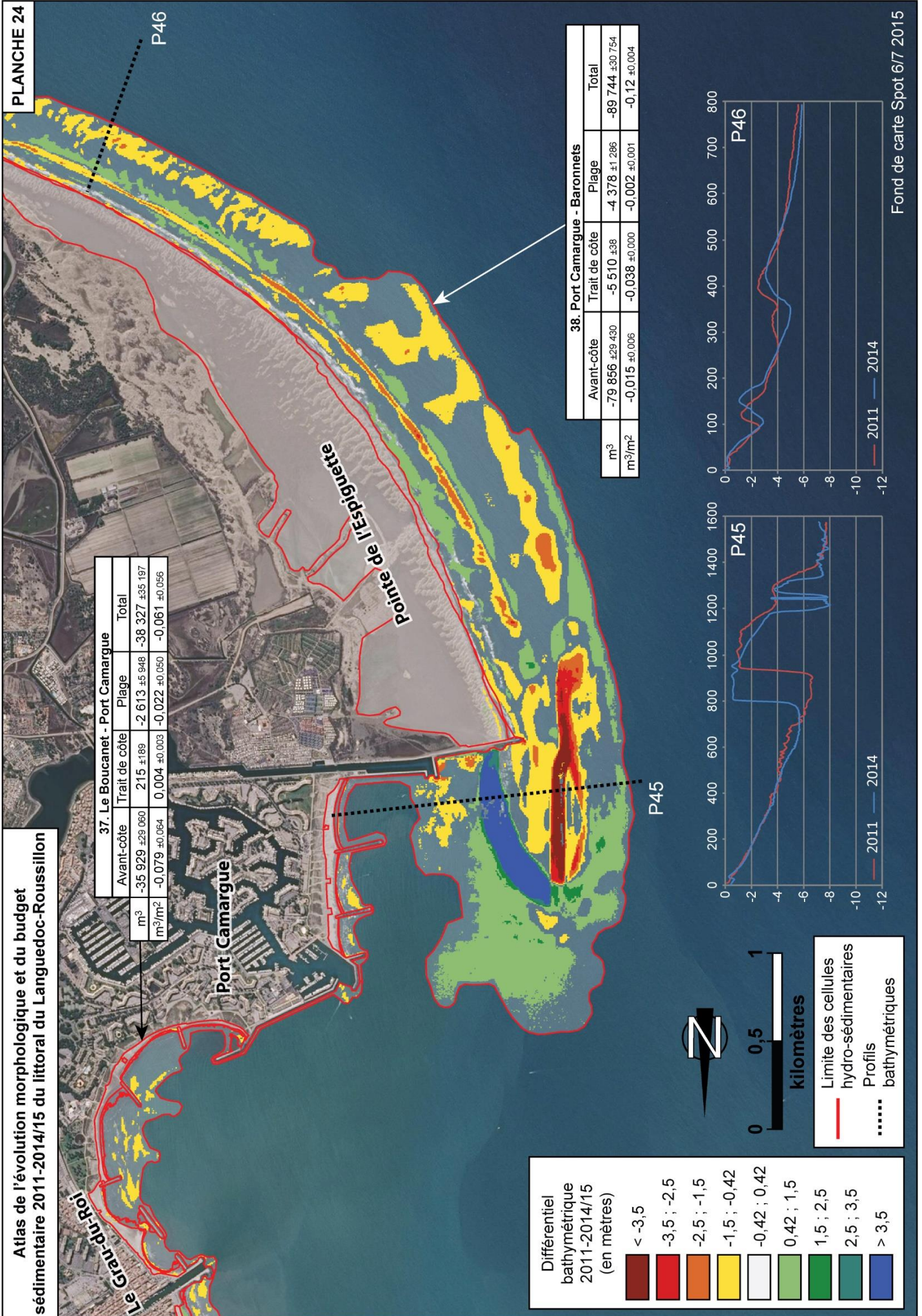
36. La Grande Motte - Le Boucanet

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| m ³ | -45 200 ±27 168 | -198 ±389 | -9 374 ±7 623 | -54 771 ±35 180 |
| m ³ /m ² | -0,121 ±0,072 | -0,007 ±0,013 | -0,088 ±0,071 | -0,107 ±0,069 |

37. Le Boucanet - Port Camargue

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| m ³ | -35 929 ±29 060 | 215 ±189 | -2 613 ±5 948 | -38 327 ±35 197 |
| m ³ /m ² | -0,079 ±0,064 | 0,004 ±0,003 | -0,022 ±0,050 | -0,061 ±0,056 |



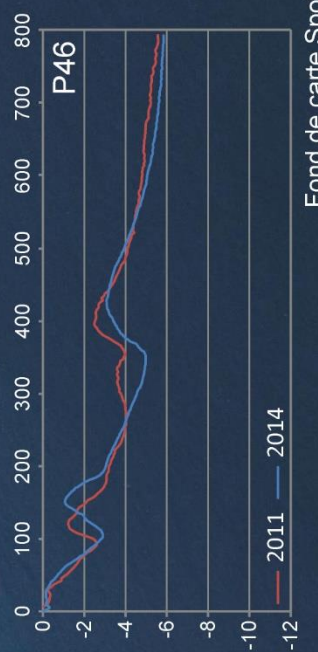
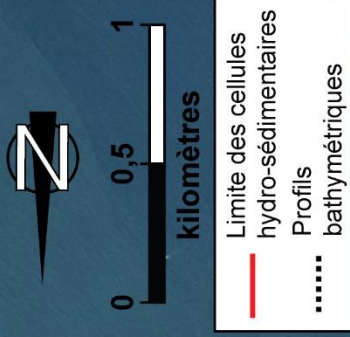
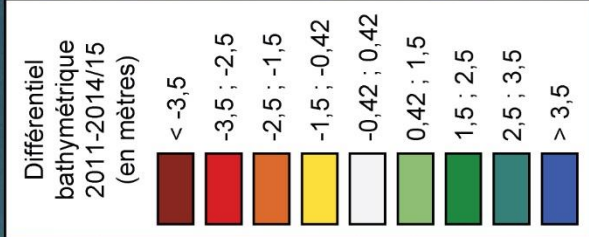


37. Le Boucanet - Port Camargue

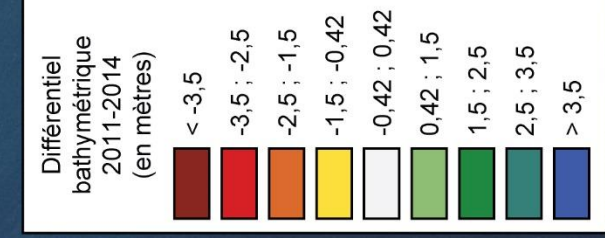
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| m ³ | -35 929 ±29 060 | 215 ±189 | -2 613 ±6 948 | -38 327 ±35 197 |
| m ³ /m ² | -0,079 ±0,064 | 0,004 ±0,003 | -0,022 ±0,050 | -0,061 ±0,056 |

38. Port Camargue - Baronnets

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| m ³ | -79 856 ±29 430 | -5 510 ±38 | -4 378 ±1 286 | -89 744 ±30 754 |
| m ³ /m ² | -0,015 ±0,006 | -0,038 ±0,000 | -0,002 ±0,001 | -0,12 ±0,004 |

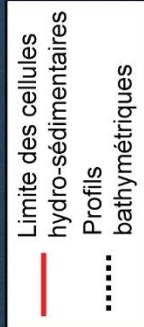
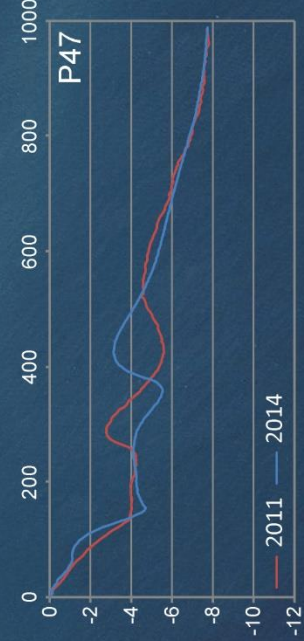


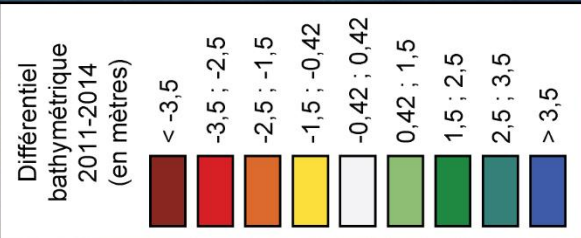
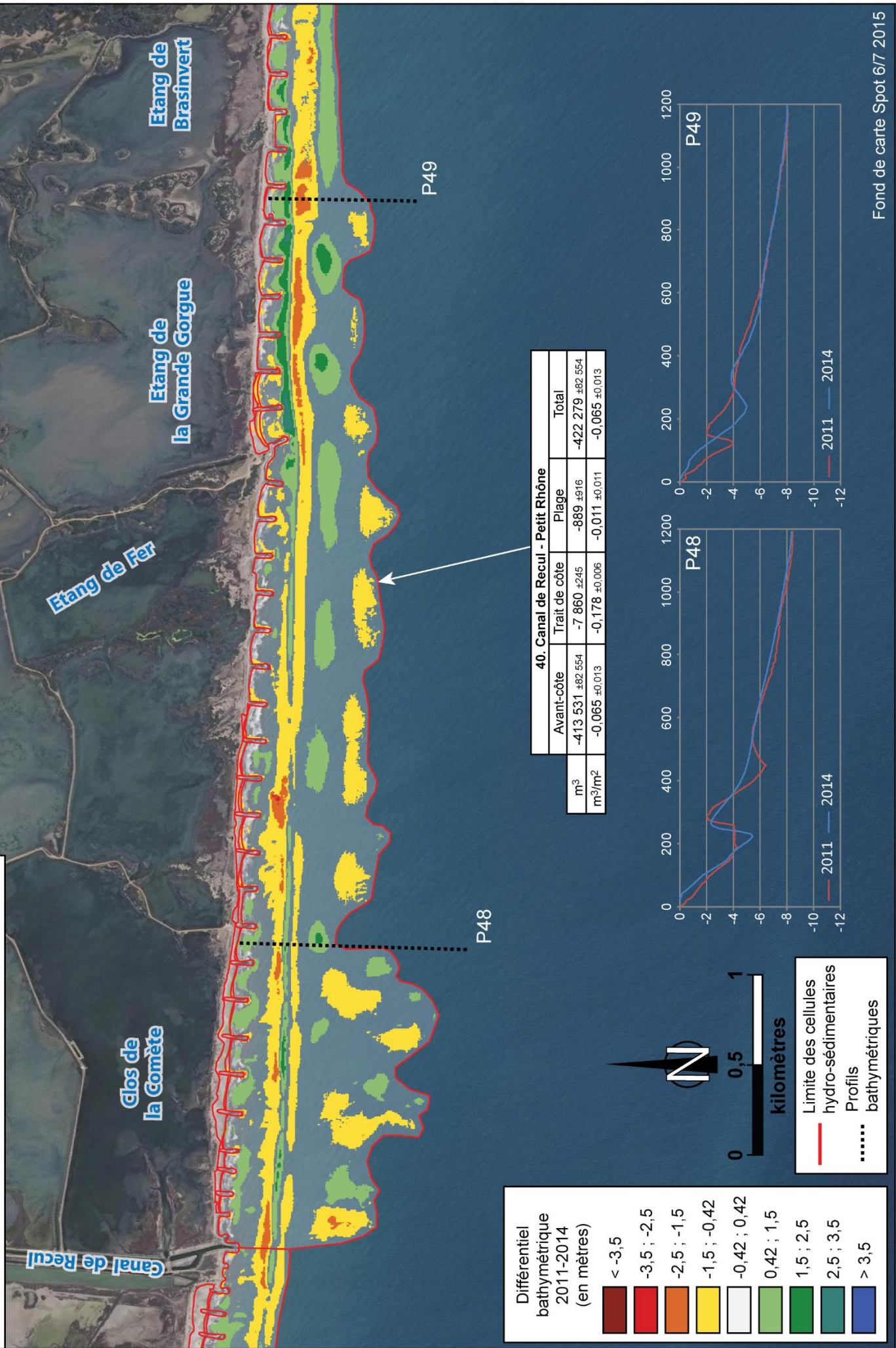
Atlas de l'évolution morphologique et du budget sédimentaire 2011-2014 du littoral du Languedoc-Roussillon



| 38. Port Camargue - Baronnets | | | | |
|--------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
| m ³ | -79 856 ±29 430 | -5 510 ±38 | -4 378 ±1 286 | -89 744 ±30 754 |
| m ³ /m ² | -0,015 ±0,006 | -0,038 ±0,000 | -0,002 ±0,001 | -0,12 ±0,004 |

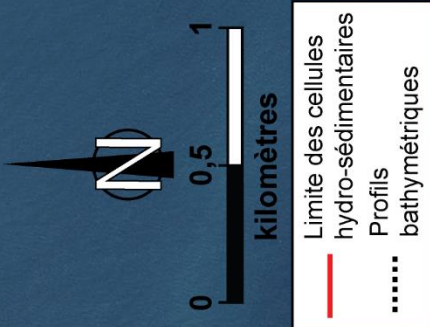
| 39. Baronnets - Canal de Recul | | | | |
|--------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
| m ³ | -46 356 ±12 445 | -2 12 ±435 | -7 410 ±2 789 | -53 978 ±15 670 |
| m ³ /m ² | -0,14 ±0,004 | 0,007 ±0,015 | -0,042 ±0,016 | -0,015 ±0,004 |

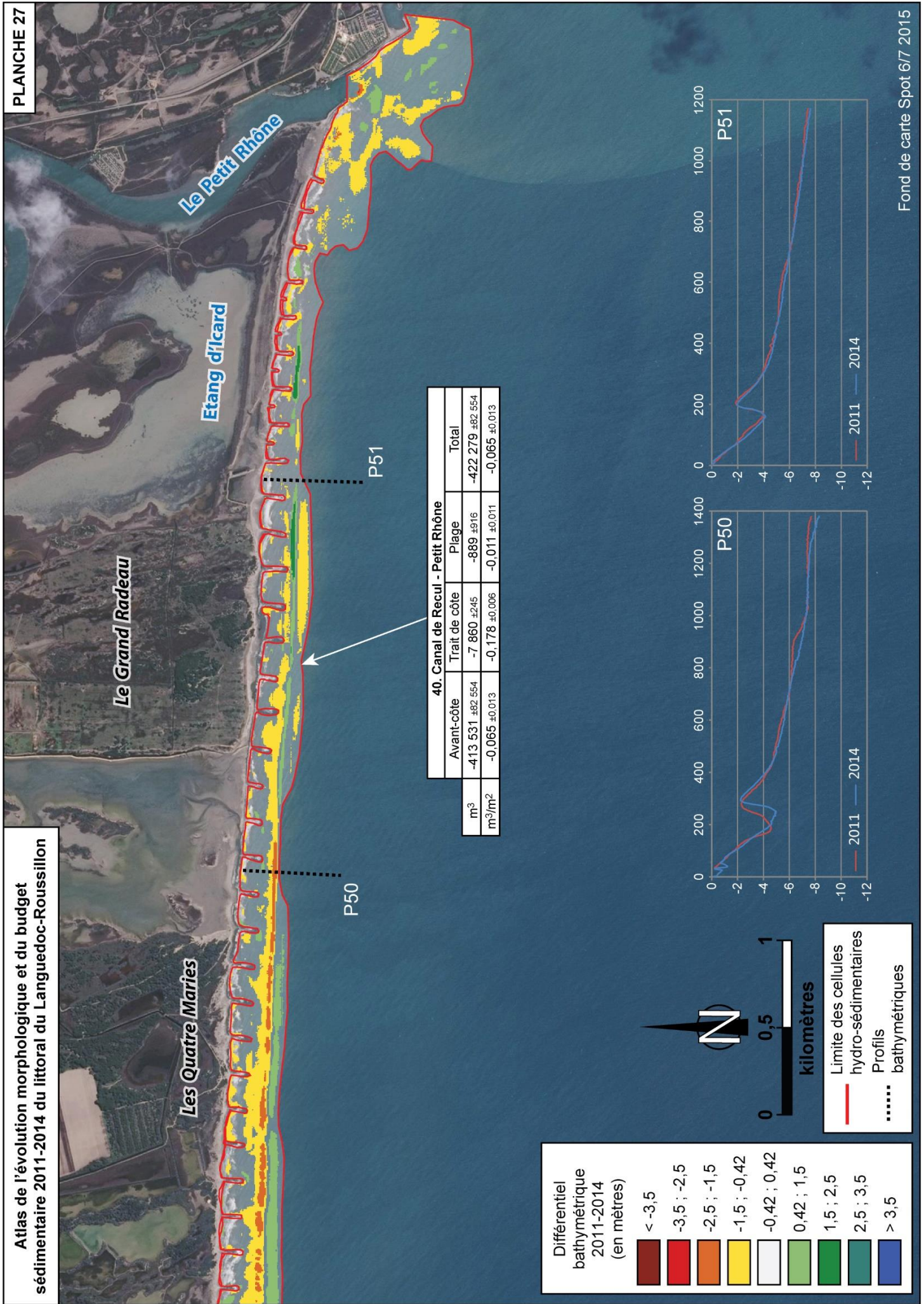




40. Canal de Recul - Petit Rhône

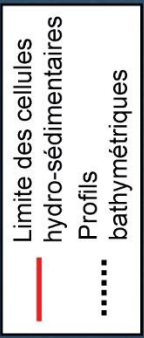
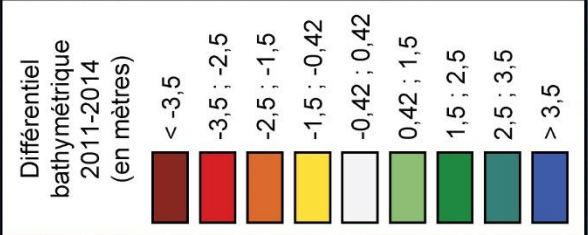
| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|------------------|---------------|---------------|------------------|
| m ³ | -413 531 ±82 554 | -7 860 ±245 | -889 ±916 | -422 279 ±82 554 |
| m ³ /m ² | -0,065 ±0,013 | -0,178 ±0,006 | -0,011 ±0,011 | -0,065 ±0,013 |





40. Canal de Recul - Petit Rhône

| | Avant-côte | Trait de côte | Plage | Total |
|--------------------------------|------------------|---------------|---------------|------------------|
| m ³ | -413 531 ±82 554 | -7 860 ±245 | -889 ±916 | -422 279 ±82 554 |
| m ³ /m ² | -0,065 ±0,013 | -0,178 ±0,006 | -0,011 ±0,011 | -0,065 ±0,013 |





LMUSCA
CEFREM – UPVD
52 avenue Paul Alduy
66860 Perpignan Cedex 9
Tél : 04 68 66 20 57



DREAL-Occitanie
Division Risques Naturels et Littoral
520 all Henri II de Montmorency
34000 Montpellier