

UPVD
Université de Perpignan Via Domitia



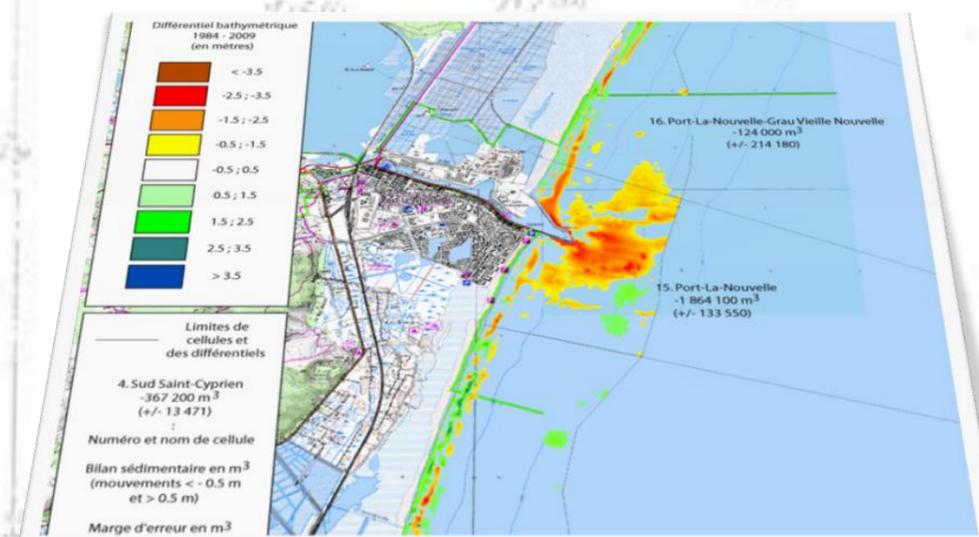
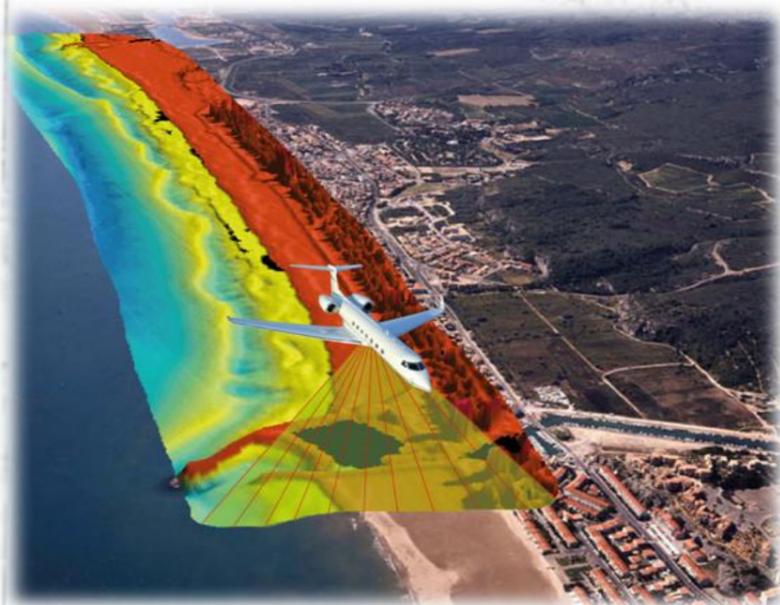
Atlas de l'évolution des fonds et des budgets sédimentaires séculaires de l'avant côte du Languedoc-Roussillon 1895 / 1984 / 2009

CEFREM 2012

C. Brunel, R. Certain, N. Robin, N. Aleman, O. Raynal, J-P. Barusseau et F. Sabatier.

Brunel Cédric : cedric.brunel@univ-perp.fr

Certain Raphael : certain@univ-perp.fr



Notice

Afin de déterminer et quantifier l'évolution bathymétrique à long-terme de l'avant côte du Languedoc-Roussillon, trois levés de sondes bathymétriques (1895, 1984 et 2009 (2006 pour l'Ouest Camargue)) ont été traités puis analysés (Table 1) (Brunel et al., en préparation).

Les données bathymétriques de 1895 (données les plus anciennes et les plus précises qui existent pour l'étude quantitative de l'évolution des fonds en Languedoc-Roussillon) ont été collectées par triangulation en utilisant des théodolites couplés avec un cercle hydrographique. Les mesures de sondes ont été effectuées à la cordelette plombée, depuis des embarcations propulsées à la rame par mer d'huile et/ou belle, dont la position est mesurée par le suivi de théodolites. La profondeur de chaque point de sonde a été évaluée par un lissage de plusieurs points de mesures successifs, de manière à annuler l'erreur liée à la houle. Une correction marégraphique des sondes est effectuée à partir d'enregistrements marégraphiques durant une année dans un port de référence proche de la zone cartographiée. Les cotes minimales du plan d'eau sont reportées aux valeurs des sondes, pour quelles respectent les conditions des cartes marines : représenter les profondeurs par plus basses mers. L'ensemble de ces points de sondes sont compilés sur des minutes de construction et des cartes marines conservées au SHOM (Service Hydrographique de la Marine). Ces minutes de construction et cartes marines du Languedoc-Roussillon n'ont pas été analysées scientifiquement avant Brunel (2010). Leur traitement est basé sur des méthodes classiques utilisées dans de nombreuses études d'évolution morphologique du littoral (Dolan et al., 1991). Elles ont été scannées, digitalisées et géoréférencées en Lambert 93. La correction géométrique des minutes de construction et des cartes marines a été faite avec ER Mapper© en se basant sur la BD-ortho 1998© de l'IGN. Ensuite les points de sondes ont été digitalisés manuellement dans un système géographique d'information (S.I.G.) Map Info 7.5©.

Les données bathymétriques de 1984 (base de données bathymétriques la plus proche de la Mission Racine et couvrant l'ensemble du Languedoc-Roussillon) ont été extraites depuis la base de données HistoLitt®, une compilation de points de sondes géoréférencés fournies par le SHOM et l'IGN.

Les données bathymétriques de 2006 ont été levées au sondeur mono faisceau et DGPS par la société Sémantic pour le compte de la DIREN PACA. Les données bathymétriques de 2009 ont été extraites depuis un levé LIDAR aéroporté effectué par la société FUGRO pour la DREAL.

L'ensemble des sondes ont été rapportées en Lambert 93 et zéro NGF. Selon le SHOM la marge d'erreur verticale maximum n'excède pas ± 0.3 m pour les levés du 19^{ème} siècle (1895) et ± 0.2 m pour les levés du 20^{ème} siècle (1984). Selon Sémantic elle n'excède pas ± 0.2 m pour le levé de 2006. Selon Aleman et al. (2011) la marge d'erreur verticale n'excède pas ± 0.3 m pour le levé Lidar (2009) (Table 1). La marge d'erreur horizontale est estimée à ± 10 m pour les données de 1895 et 1984 et ± 0.2 m pour les données de 2009/2006, mais du fait d'une pente moyenne de la bathymétrie très faible, ces imprécisions horizontales entraînent des marges d'erreurs négligeables dans le calcul des volumes obtenus. Pour chaque date, un modèle numérique de terrain a été calculé par interpolation linéaire (TIN : Numerical

Triangulation Interpolation). Les volumes érodés ou sédimentés entre deux périodes sont déterminés par la comparaison des modèles numériques de terrain. En accord avec les marges d'erreurs des données, une valeur de ± 0.5 m a été retenue comme seuil à partir duquel les variations de la bathymétrie entre 1895 / 1984, 1984 / 2009 et 1895 / 2006 peuvent être considérées comme significatives. Une valeur de ± 0.6 m a été retenue comme seuil à partir duquel les variations de la bathymétrie entre 1895 et 2009 peuvent être considérées comme significatives. Ainsi, le budget sédimentaire entre 1895 / 1984, 1984 / 2009 et 1895 / 2006 en m^3 est obtenu par la différence entre les gains (mouvements bathymétriques $>$ à 0.5 m) et les pertes (mouvements bathymétriques $<$ à 0.5 m), les variations bathymétriques comprises entre -0.5 m et + 0.5 m étant utilisées pour calculer la marge d'erreur des volumes obtenus. Entre 1895 et 2009, le budget sédimentaire en m^3 est obtenu par la différence entre les gains (mouvements bathymétriques $>$ à 0.6 m) et les pertes (mouvements bathymétriques $<$ à 0.6 m), les variations bathymétriques comprises entre -0.6 m et + 0.6 m étant utilisées pour calculer la marge d'erreur des volumes obtenus.

La limite au large des différentiels bathymétriques varie entre -8 m et -12 m. Comme la profondeur moyenne de fermeture pluriannuelle varie entre -6 and -8 m (Durand, 1999; Sabatier et al., 2004), les cubatures prennent en compte la majorité des mouvements de l'avant côte qui sont sous le contrôle des vagues. Cependant, le budget sédimentaire localement négatif suggère la possibilité de pertes de sédiments hors de la zone cartographiée, très probablement vers le large. Enfin, les évolutions de la plage aérienne n'ont pu être prises en compte dans les calculs de cubature car il n'existe pas de données altimétriques pour 1895 et 1984. Le budget sédimentaire est calculé de 1895 à 1984, de 1895 à 2009 et de 1984 à 2009 (2006 pour l'Ouest Camargue), tout d'abord pour l'ensemble du Languedoc-Roussillon (entre Argelès et Port-Camargue) (Figures 1 et 2) et pour les 4 principaux ensembles géographiques du Languedoc-Roussillon : le Roussillon (entre Argelès et le cap de Leucate), le Narbonnais (entre le cap de Leucate et le cap d'Agde), le lido de Sète (entre le cap d'Agde et Sète) et le Golfe d'Aigues Mortes (entre Sète et Port-Camargue) (Figure 2). Ensuite, 22 cartes illustrent les variations bathymétriques de l'avant côte et les volumes associés de 1895 à 1984 et de 1984 à 2009 (ou 2006), par unités hydrosédimentaires.

| Date | Type de données | Source | Surface | Densité | Marge d'erreur verticale (m) |
|-------------|----------------------------------|------------------------|---|--------------------|-------------------------------------|
| 1895 | <i>Minutes et cartes marines</i> | <i>SHOM</i> | <i>Toute la zone</i> | <i>1 pt / 50 m</i> | <i>+/- 0.30</i> |
| 1984 | <i>HistoLitt®</i> | <i>SHOM</i> | <i>Toute la zone Excepté 3 km de linéaire côtier au sud de Sète</i> | <i>1 pt / 50 m</i> | <i>+/- 0.20</i> |
| 2009 | <i>LIDAR</i> | <i>FUGRO/ DREAL LR</i> | <i>Toute la zone</i> | <i>1 pt / 10 m</i> | <i>+/- 0.30</i> |
| 2006 | <i>Levé sondeur</i> | <i>DIREN PACA</i> | <i>Ouest Camargue</i> | <i>1 pt / 50 m</i> | <i>+/- 0.20</i> |

table 1. Données bathymétriques utilisées pour le calcul des cubatures 1895/1984/2006/2009.

Budget sédimentaire du Languedoc-Roussillon.

Sur l'ensemble de la période d'étude (1895 / 2009) le budget global de l'avant côte du Languedoc-Roussillon (d'Argelès au Boucanet) est de $-26.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ (± 4.6) (Fig. 1) (Brunel et al., en préparation).

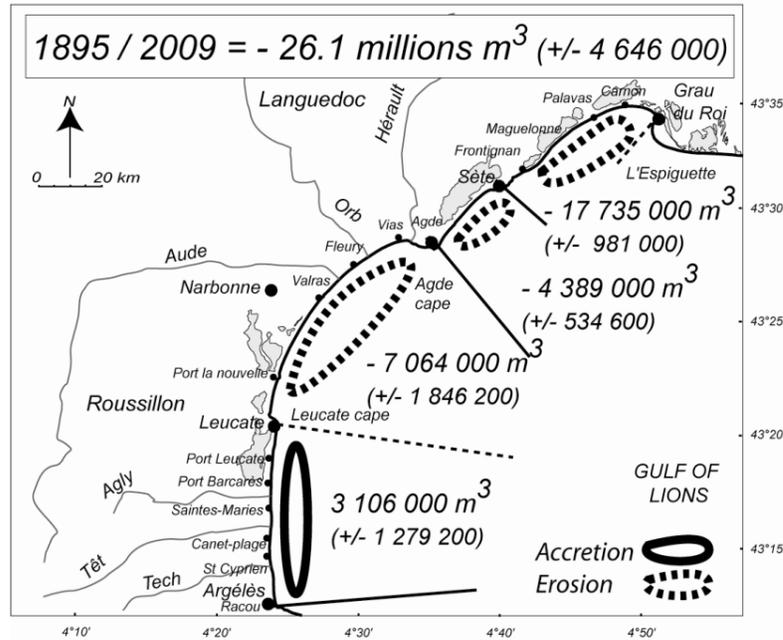


Fig. 1. Budget sédimentaire entre 1895 et 2009 par compartiments et marges d'erreur (en m^3 , d'Argelès au Boucanet).

Pour la première période (1895 / 1984) (Fig. 2), le budget global du Languedoc-Roussillon est positif avec $4.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ (± 3.5) de gains, mais pour la seconde période (1984 / 2009) (Fig. 2), le budget global est en érosion avec $-30.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ (± 4.2) de sédiments érodés sur les 25 dernières années. On observe donc dans le temps un basculement d'une situation de léger excédant (1895 / 1984) à une situation d'érosion de l'avant côte (1984 / 2009) (Fig. 2).

Dans le temps et spatialement, on observe des nuances par grands compartiments : Roussillon, Narbonnais, Lido de Sète et Golfe d'Aigues Mortes (Fig. 2). Ainsi, pour la première période (1895 / 1984), les compartiments en accretion correspondent à la moitié sud du Languedoc-Roussillon avec $9.4 \times 10^6 \text{ m}^3$ (± 0.6) gagnés dans le Roussillon et $8.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ (± 1.4) dans le Narbonnais, alors que les compartiments de la moitié Nord du Languedoc-Roussillon sont en érosion avec $-1.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ (± 0.6) perdus pour le lido de Sète et $-12.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ (± 0.8) perdus dans le golfe d'Aigues Mortes.

Pour la seconde période 1984 / 2009, l'ensemble des compartiments sont en érosion avec $-6.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ (± 1.6); $-15.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ (± 1.5); $-3.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ (± 0.2) et $-4.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ (± 0.8) perdus respectivement pour le Roussillon, Narbonnais, Lido de Sète et Golfe d'Aigues Mortes. Dans la

deuxième période, l'érosion se généralise donc à l'ensemble des compartiments. On observe donc une intensification de l'érosion dans le Nord et une inversion de tendance dans le Sud. Les volumes en jeu durant les deux périodes ne sont pas de même amplitude car les volumes gagnés en 89 ans (1895 / 1984) sont 7 fois inférieurs aux volumes érodés en 25 ans (1984 / 2009). On constate donc au cours du XX^{ème} siècle une intensification significative des processus d'érosion de l'avant côte à l'échelle du Languedoc-Roussillon.

Enfin, de Port Camargue au Saintes-Maries-de-la-Mer (Cartes de différentiels p 25 et 26, et hors figures 1, 2 et 3) ce sont $65 \times 10^6 \text{ m}^3$ (± 0.5) de sédiments qui ont été érodés de 1895 à 1984 et $26 \times 10^6 \text{ m}^3$ (± 26) érodés de 1984 à 2006, pour un déficit total de $91 \times 10^6 \text{ m}^3$ de sédiments (± 26.5) de 1895 à 2006.

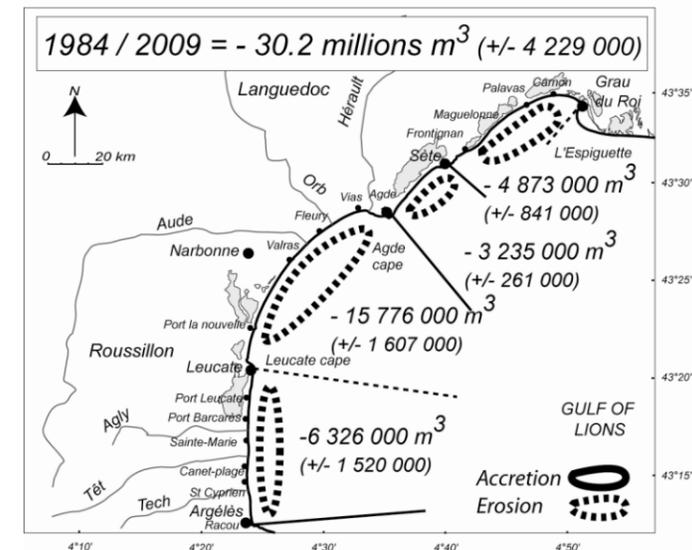
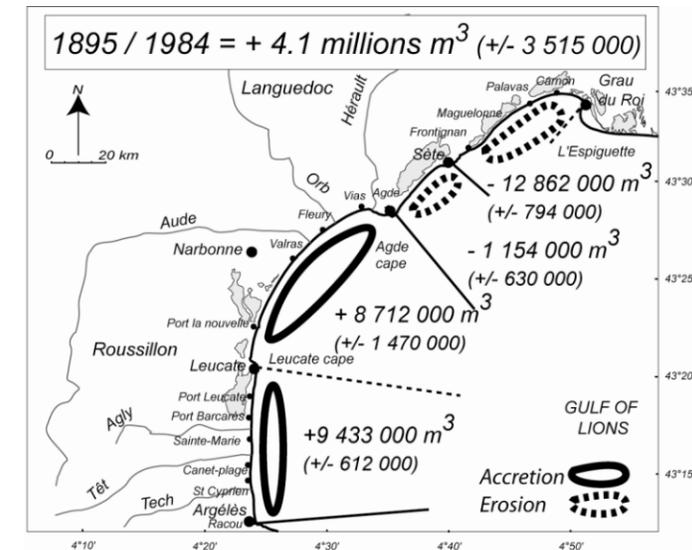


Fig. 2. Budget sédimentaire entre 1895/1984 et 1984/2009, par compartiments et marges d'erreur (en m^3 d'Argelès au Boucanet).

Résultats par unités hydrosédimentaires.

Le Languedoc-Roussillon peut être divisé en 36 unités hydrosédimentaires (d'Argelès au Boucanet). Ces unités sont définies en fonction du budget sédimentaire et de limites structurales qui contraignent le comportement morphodynamique de l'avant côte. Ces limites peuvent être naturelles (cap rocheux, embouchures de fleuves) ou anthropiques (jetées portuaires).

Le Roussillon peut être divisé en 12 unités hydrosédimentaires (Fig. 3, Compartiment 1). Dans ce compartiment, entre 1895 et 1984, les unités localisées au droit des embouchures des fleuves et en amont dérive de chaque aménagement portuaire connaissent les gains les plus importants. Ainsi les unités du Tech de la Têt et de l'Agly (unités 3, 7, 8) gagnent respectivement $2 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.02)$; $0,4 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.04)$ et $2,7 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.02)$ au niveau de leurs embouchures et les unités de Saint-Cyprien, Canet, Port Barcarès et Port Leucate (unités 4, 6, 9, 11), gagnent respectivement $0,4 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.3)$; $1,7 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.1)$; $0,7 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.2)$ et $2,9 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.07)$ en amont dérive des jetées portuaires. Entre ces unités en accrétion s'intercalent des unités au budget sédimentaire stable ou en légère accrétion (unités 2, 5) et seules les unités 1 et 12 sont en érosion aux extrémités Sud et Nord du compartiment avec $-0,37 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.01)$ et $-2 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.03)$. Pendant la seconde période 1984 / 2009, toutes les unités sont en érosion entre $-2 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.4)$ et $-0,03 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.03)$. L'évolution du budget sédimentaire s'est donc inversé à la fin du XX^{ème} siècle, excepté pour les unités situées aux extrémités du compartiment (unités 1 et 12) dont l'érosion s'est poursuivie: $-0,2 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.04)$ et $-0,6 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.1)$ respectivement.

Le Narbonnais peut être divisé en 13 unités (Fig. 3, Compartiment 2). Durant la première période (1895 / 1984), le budget sédimentaire des unités du sud (unités 14 à 21) est stable ou positif (entre $0,07$ et $3,7 \times 10^6 \text{ m}^3$), alors que les unités situées au Nord de l'embouchure de l'Orb sont dans l'ensemble en érosion (unités 22 à 24) (entre $-0,3$ et $-2,5 \times 10^6 \text{ m}^3$). Pour la seconde période (1984 / 2009), la majorité des compartiments sont en érosion avec une perte moyenne de $-1,2 \times 10^6 \text{ m}^3$ par unité.

Le lido de Sète, peut être divisé en 4 unités (Fig. 3, Compartiment 3). Faute de points de sondes disponibles en 1984, seul le bilan sédimentaire des unités 26, 27 et 28 a pu être calculé. Entre 1895 / 1984, seule l'unité 28 au nord est en érosion ($-2,2 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.7)$), alors que le reste du lido (unités 26, 27) est en accrétion avec $0,5 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.08)$ et $0,5 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.15)$. Entre 1984 / 2009 l'ensemble du lido est en érosion, avec $-2,2 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.07 \text{ m}^3)$ perdus au Nord (unité 28), $-0,6 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.1)$ perdus au centre du lido (unité 27) et $-0,3 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.15)$ perdus au Sud (unité 26).

Au Nord, le golfe d'Aigues Mortes, peut être divisé en 7 unités (Fig. 3, Compartiment 4). Presque toutes les unités sont en érosion sur les deux périodes avec une perte moyenne par unité de $-1,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ entre 1895 / 1984 et $-0,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ entre 1984 / 2009. Spatialement l'érosion touche le Sud et le centre du secteur (unités 30 à 34), alors que les unités 35 et 36 à l'extrémité Nord du Golfe semblent relativement préservées de phénomènes d'érosion intense.

Enfin, à l'est du Golfe d'Aigues Mortes, en connexion plus ou moins directe avec les dynamiques sédimentaires de l'Ouest Camargue et extrêmement influencés par la construction de Port-Camargue, l'unité 37 (Le Boucanet – Port Camargue) gagne $5,3 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.5)$ de 1895 à 1984 et l'unité 38 (Port Camargue – Saintes-Maries-de-la-Mer) perd $-65 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.5)$. De 1984 à 2006 ces deux unités perdent respectivement $-0,3 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 0.06)$ et $-26 \times 10^6 \text{ m}^3 (\pm 26)$.

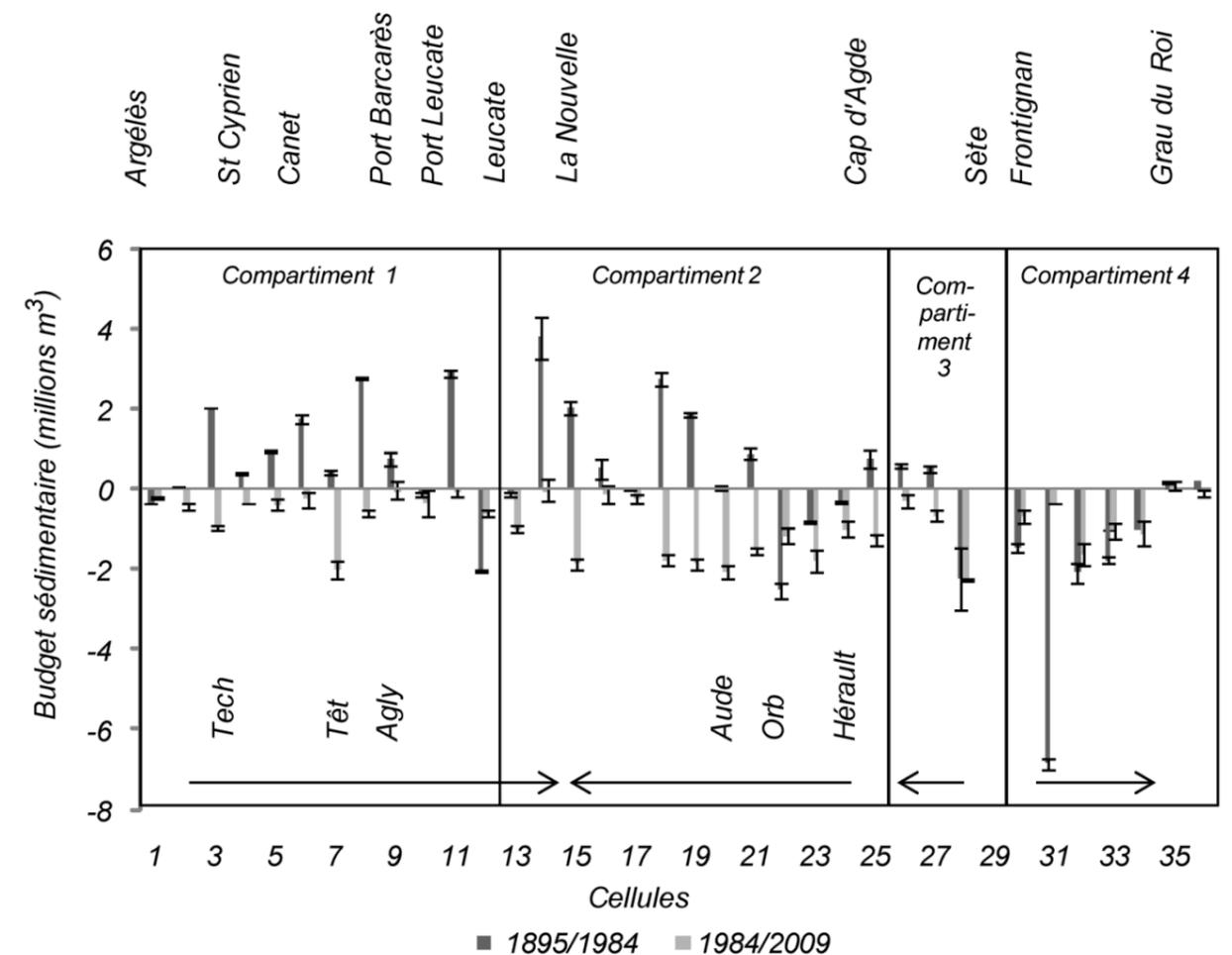


Fig. 3. Budget sédimentaire sur la période 1895 / 1984 et 1984 / 2009 par compartiments et marges d'erreur (en m³). Les flèches indiquent le sens dominant de la dérive littorale.

Présentation de planches de l'Atlas.

La cartographie de l'évolution des fonds du Languedoc-Roussillon est divisée en 11 secteurs (Fig. 4 et sommaire ci-dessous). Pour chacun des secteurs, une première carte présente le différentiel 1895/1984 et une seconde carte présente le différentiel 1984/2009.

- Argelès – Grau de l'étang de Canet. p 5-6.
- Grau de l'étang de Canet – Port-Barcarès. p 7-8.
- Port-Barcarès – Cap Leucate. p 9-10.
- Cap Leucate – Grau de la Vieille Nouvelle. p 11-12.
- Grau de la Vieille Nouvelle – Sud embouchure Aude. p 13-14.
- Sud embouchure Aude – Portiragnes Plage. p 15-16.
- Portiragnes Plage – Cap d'Agde. p 17-18.
- Cap d'Agde – Sète. p 19-20.
- Frontignan – Palavas. p 21-22.
- Palavas – Port Camargue. p 23-24.
- Port Camargue – Saintes-Maries-de-la-Mer. p 25-26.

Chaque secteur est divisé en unités hydrosédimentaires. Pour chaque unité est donné dans un tableau le nom de cellule correspondant aux limites du linéaire côtier concerné, le bilan sédimentaire brut en m³, en m³/m² et en m³/an avec les marges d'erreurs associées (Table 2).

| 1. Le Racou - Argelès | | |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | -379 020 | 5937 |
| /m ² | -1,10 | 0,02 |
| /an | -4259 | 67 |

table 2. Exemple de tableau de valeurs de bilan sédimentaire par unité sédimentaire.

Référence pour citer ce Document :

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). 27p.

Références bibliographiques :

- Aleman, N., Robin, N., Certain, R., Vanroye, C., Barusseau, J.P., Bouchette, F., 2011. Typology of nearshore bars in the Gulf of Lions (France) using LIDAR technology. *Journal of Coastal Research*, SI 64, 721-725.
- Brunel, C., (2013). Tempêtes et élévation de la mer. Le cas des plages Françaises de Méditerranée. Harmattan, Paris. 285 pp.
- Brunel, C., Certain, R., Sabatier, F., Robin, N., Barusseau, J.P., Aleman, N., Raynal, O. (en préparation). Secular sediment budget and seismic stratigraphy of the Languedoc-Roussillon shoreface (Western Gulf of Lions, France).
- Brunel, C., 2010. Evolution séculaire de l'avant-cote de la méditerranée française, Impact de l'élévation du niveau de la mer et des tempêtes. Thèse de 3^{ème} cycle. Université d'Aix en Provence. 470 p.
- Dolan, R., Fenster, M.S., Holme, S.J., 1991. Temporal analysis of shoreline positions: a test of algorithms. *Journal of Coastal Research* 3 (1), 723-744.
- Durand, P., 1999. L'évolution des plages de l'Ouest du Golfe du Lion au XX^{ème} siècle, thèse de doctorat, Université lumière Lyon 2, 1999.
- Sabatier, F., Stive, M., Pons, F., 2004. Longshore variation of depth of closure on a micro-tidal wave-dominated coast. *International Conference of Coastal Engineering 2004*, American Society of Civil Engineering, Lisboa, 2329-2339.

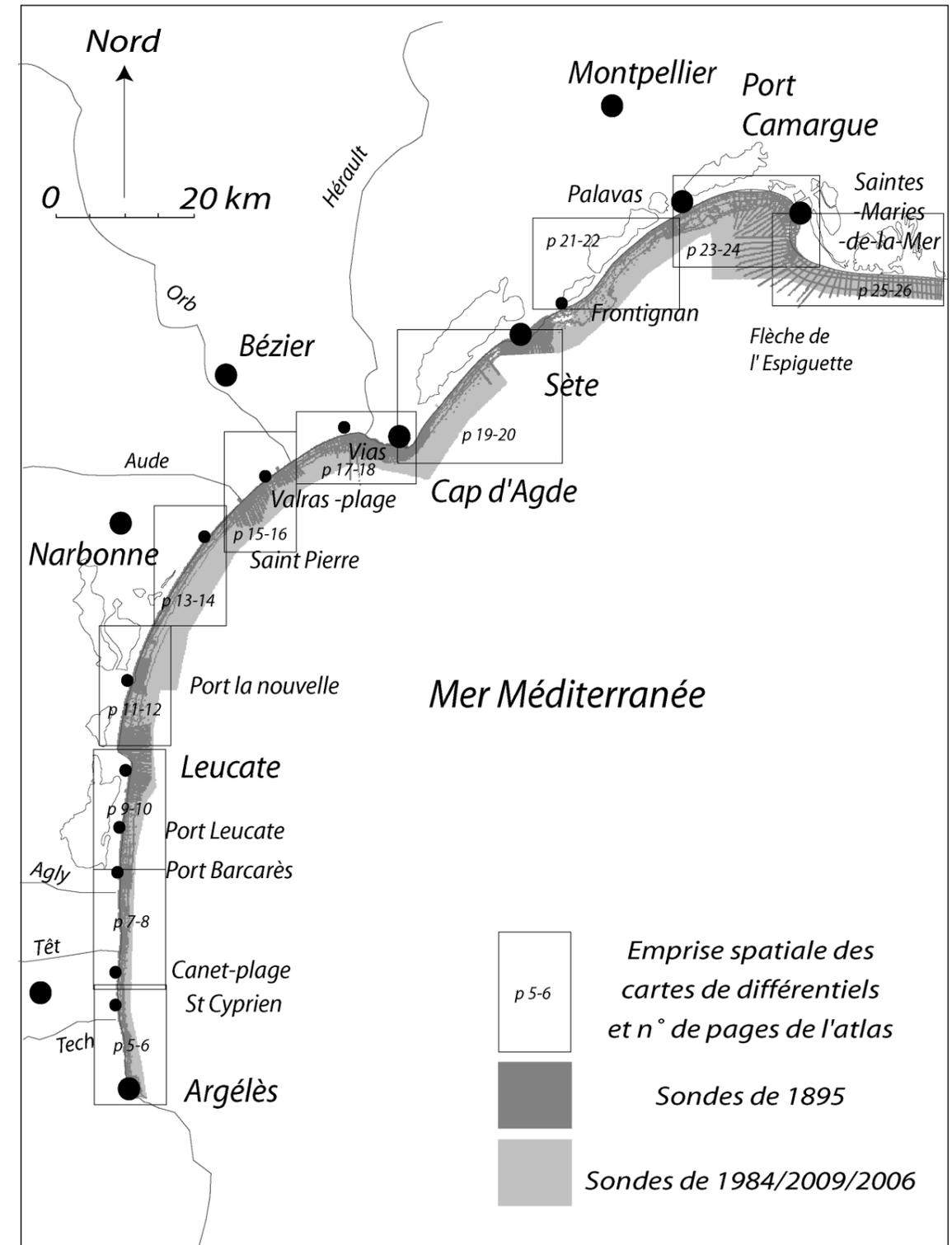
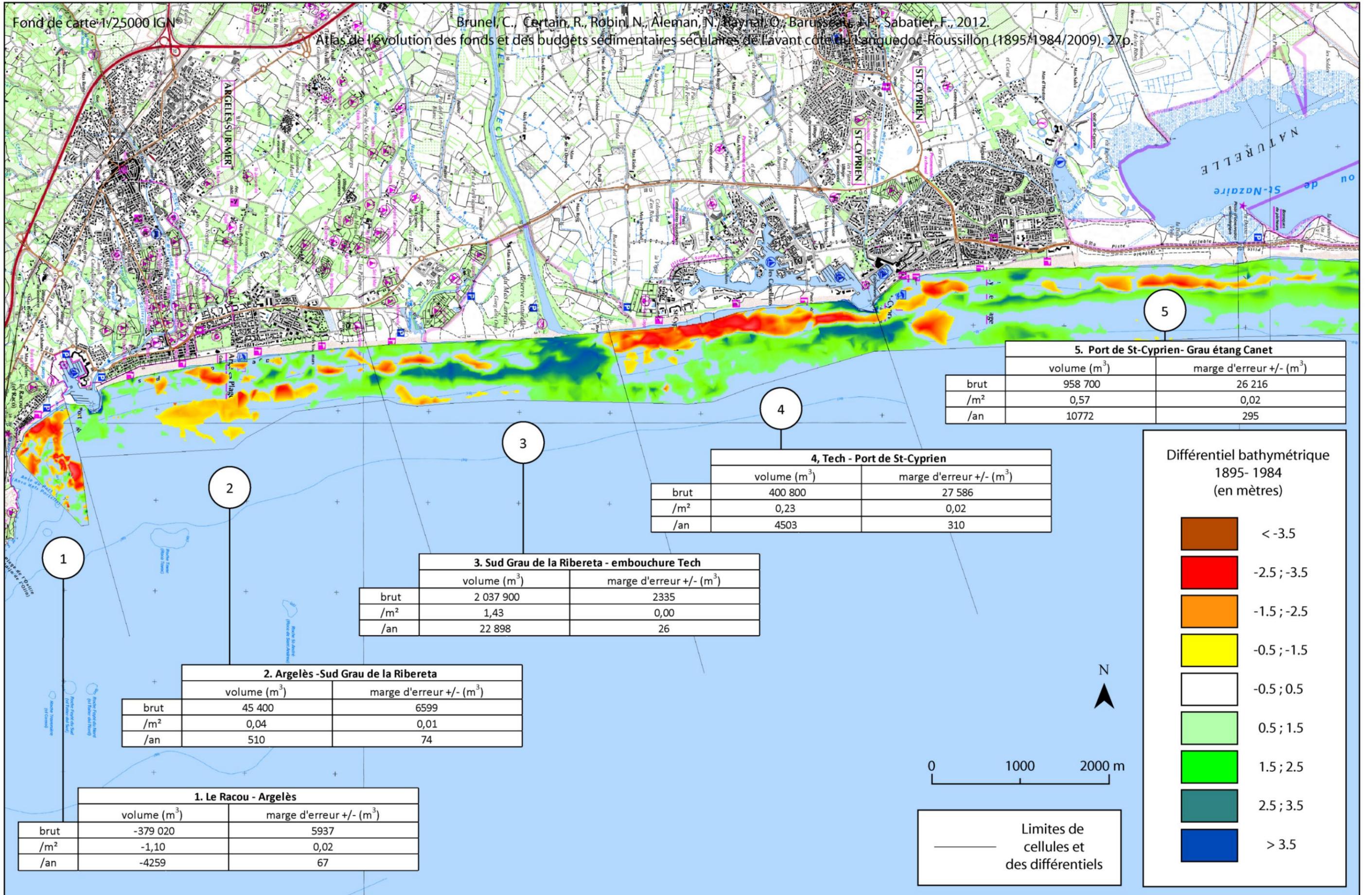


Fig. 4. Emprise spatiale des semis des sondes 1895/1984/2009 (2006 pour l'ouest Camargue) et des cartes de différentiels bathymétriques.



1. Le Racou - Argelès

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -379 020 | 5937 |
| /m ² | -1,10 | 0,02 |
| /an | -4259 | 67 |

2. Argelès - Sud Grau de la Ribereta

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | 45 400 | 6599 |
| /m ² | 0,04 | 0,01 |
| /an | 510 | 74 |

3. Sud Grau de la Ribereta - embouchure Tech

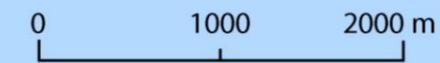
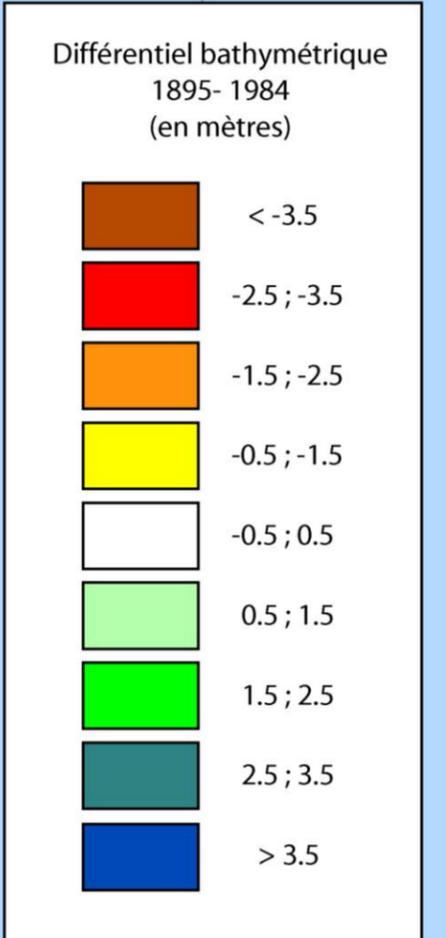
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | 2 037 900 | 2335 |
| /m ² | 1,43 | 0,00 |
| /an | 22 898 | 26 |

4. Tech - Port de St-Cyprien

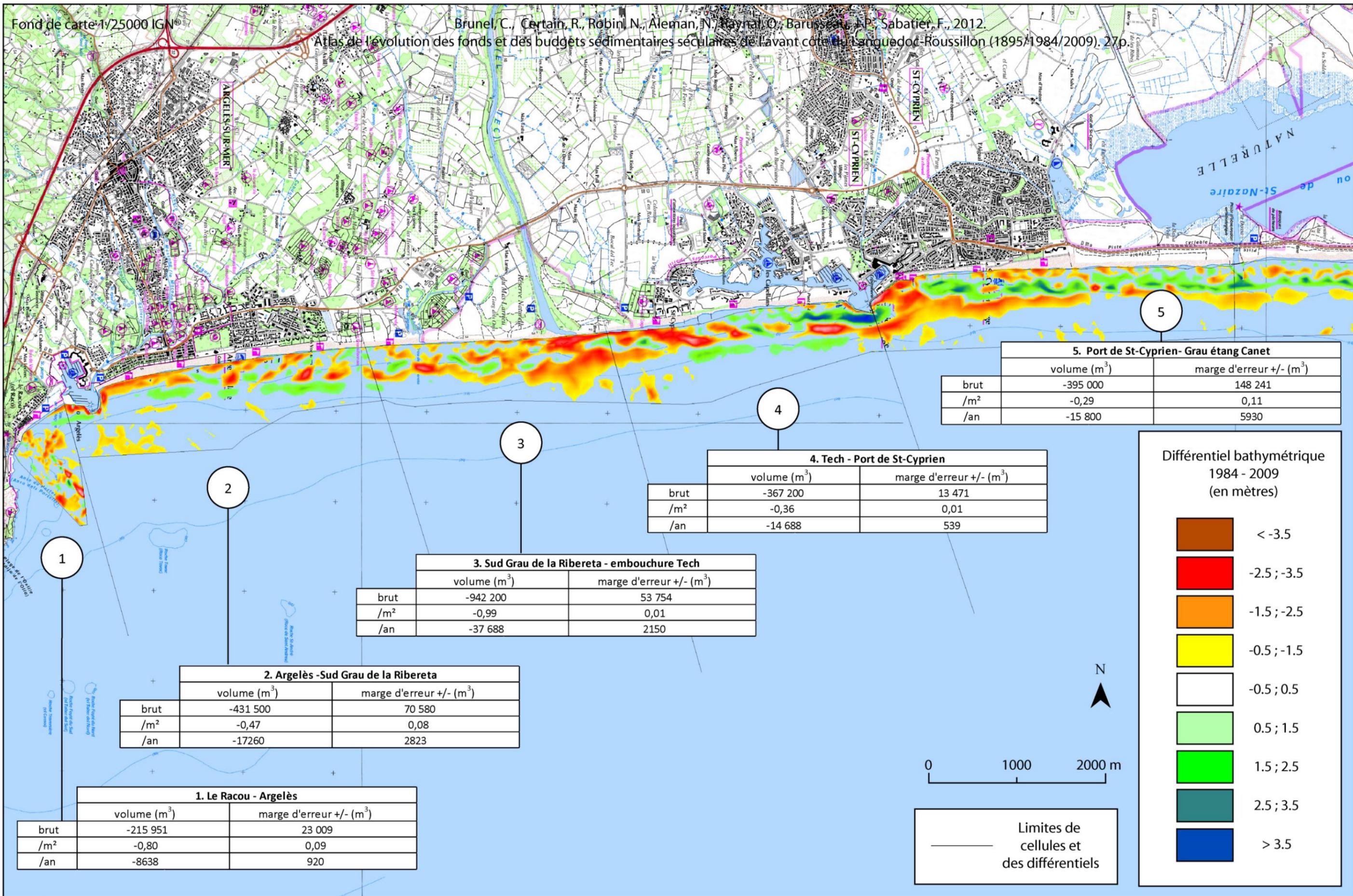
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | 400 800 | 27 586 |
| /m ² | 0,23 | 0,02 |
| /an | 4503 | 310 |

5. Port de St-Cyprien- Grau étang Canet

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | 958 700 | 26 216 |
| /m ² | 0,57 | 0,02 |
| /an | 10772 | 295 |



Limites de cellules et des différentiels



1. Le Racou - Argelès

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -215 951 | 23 009 |
| /m ² | -0,80 | 0,09 |
| /an | -8638 | 920 |

2. Argelès - Sud Grau de la Ribereta

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -431 500 | 70 580 |
| /m ² | -0,47 | 0,08 |
| /an | -17260 | 2823 |

3. Sud Grau de la Ribereta - embouchure Tech

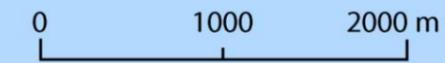
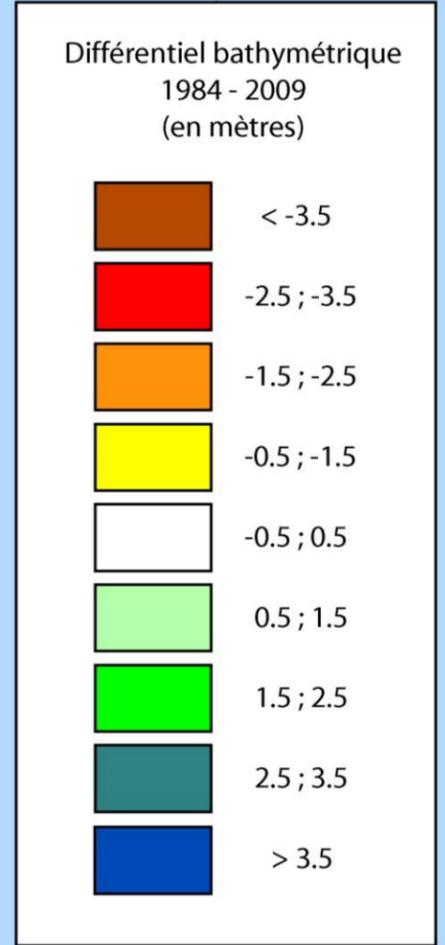
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -942 200 | 53 754 |
| /m ² | -0,99 | 0,01 |
| /an | -37 688 | 2150 |

4. Tech - Port de St-Cyprien

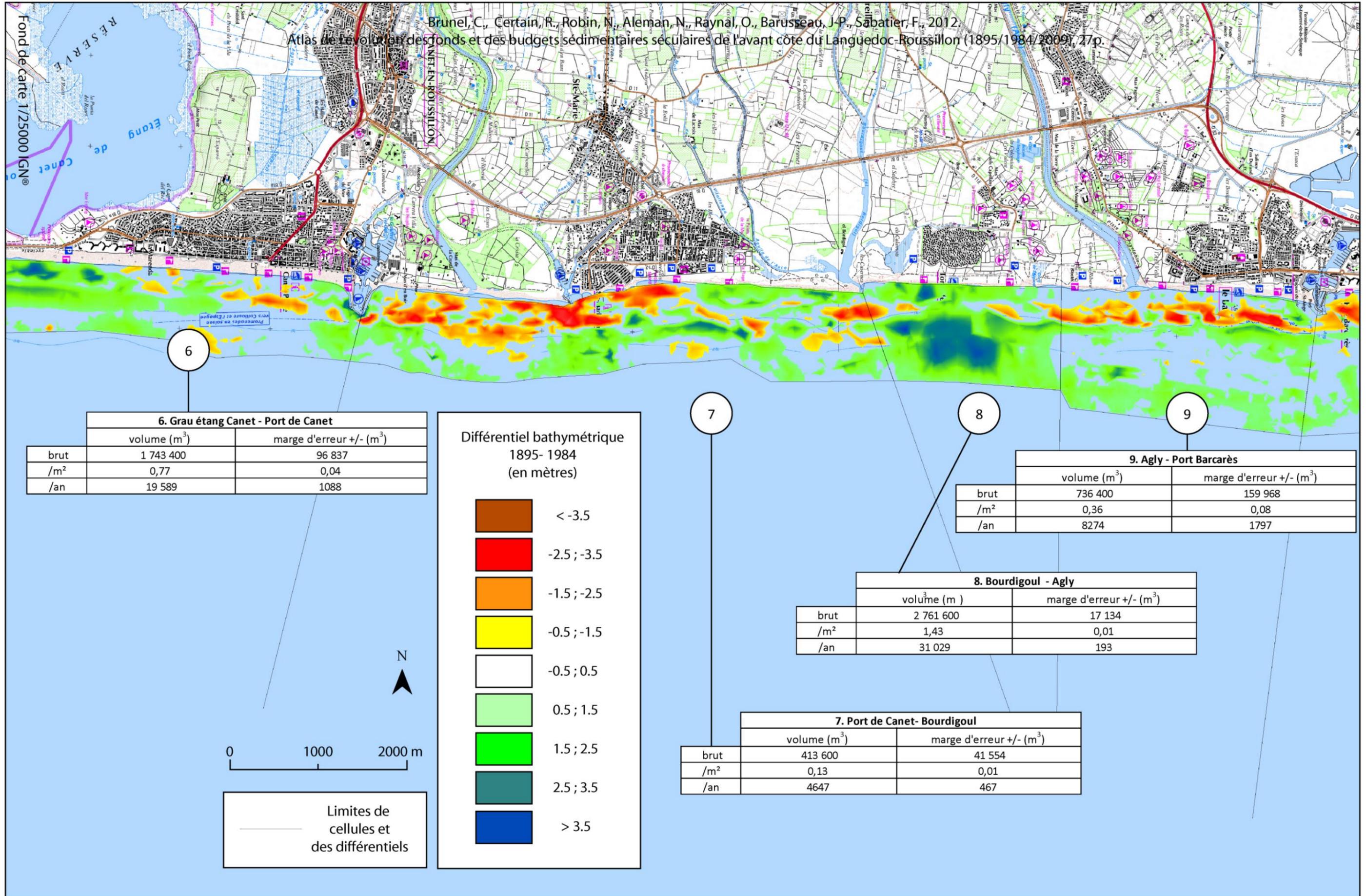
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -367 200 | 13 471 |
| /m ² | -0,36 | 0,01 |
| /an | -14 688 | 539 |

5. Port de St-Cyprien- Grau étang Canet

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -395 000 | 148 241 |
| /m ² | -0,29 | 0,11 |
| /an | -15 800 | 5930 |

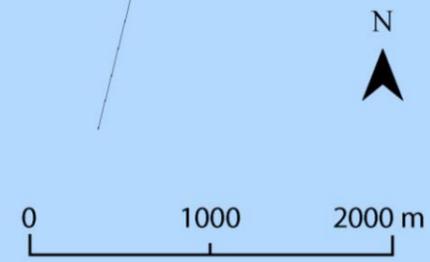
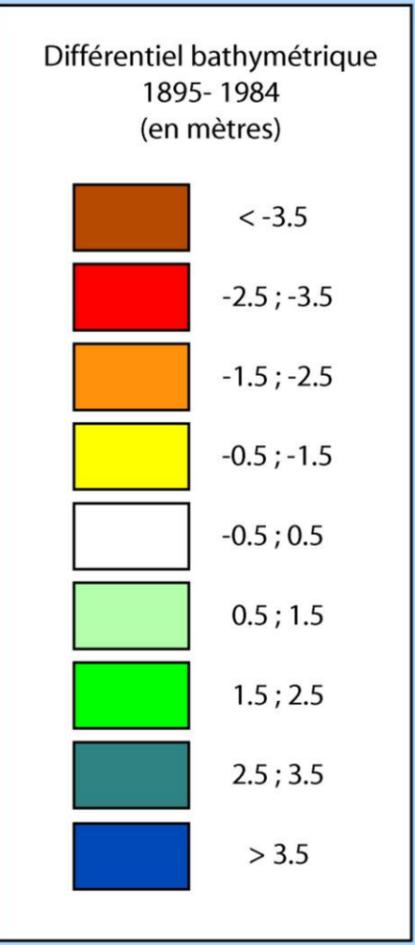


— Limites de cellules et des différentiels



6

| 6. Grau étang Canet - Port de Canet | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | 1 743 400 | 96 837 |
| /m ² | 0,77 | 0,04 |
| /an | 19 589 | 1088 |



Limites de cellules et des différentiels

7

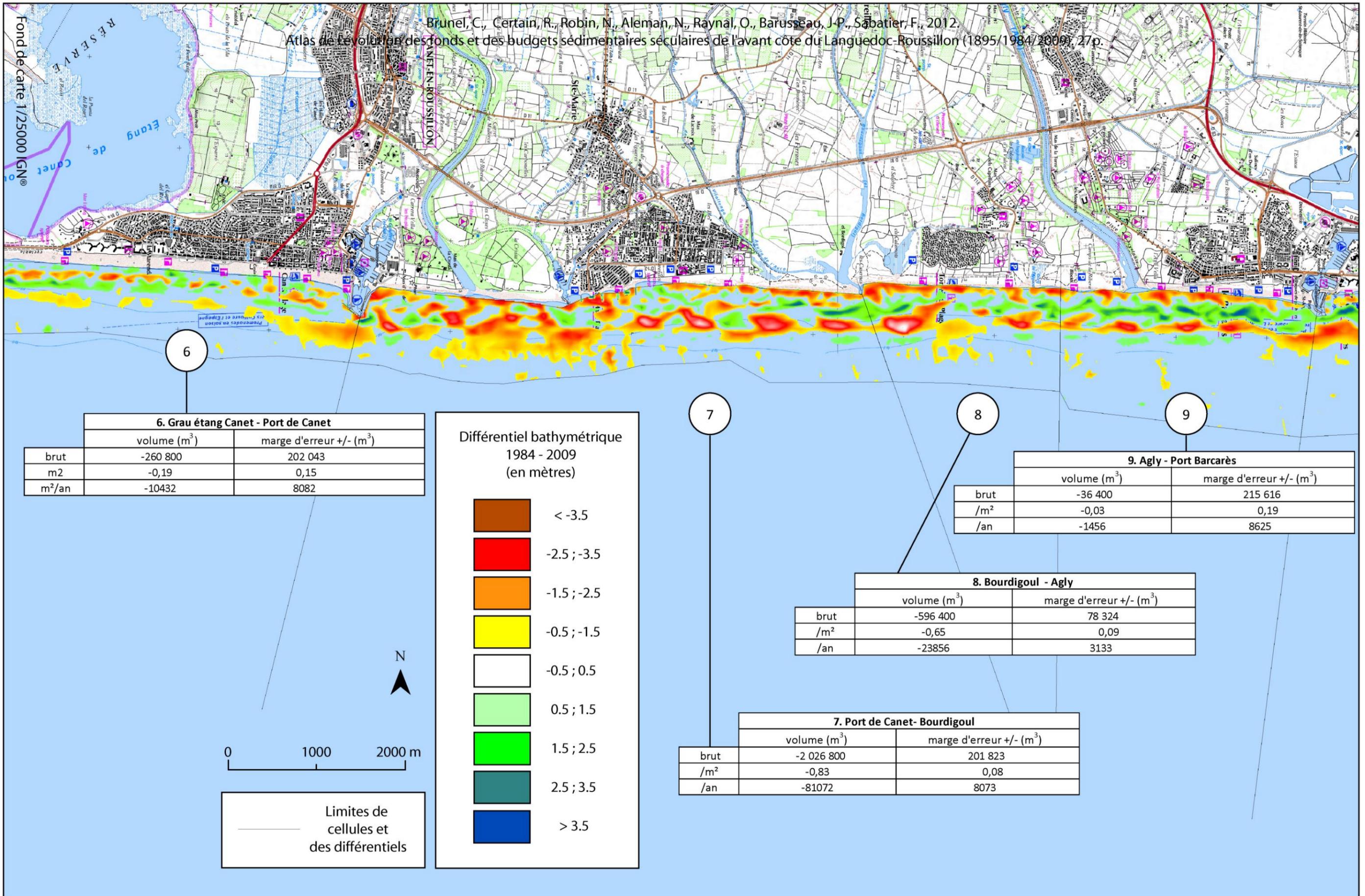
| 7. Port de Canet- Bourdigoul | | |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | 413 600 | 41 554 |
| /m ² | 0,13 | 0,01 |
| /an | 4647 | 467 |

8

| 8. Bourdigoul - Agly | | |
|----------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | 2 761 600 | 17 134 |
| /m ² | 1,43 | 0,01 |
| /an | 31 029 | 193 |

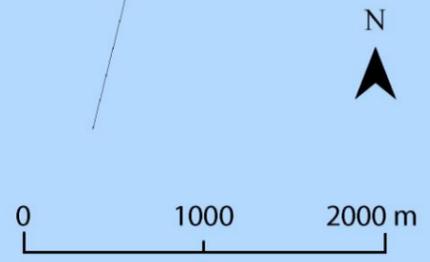
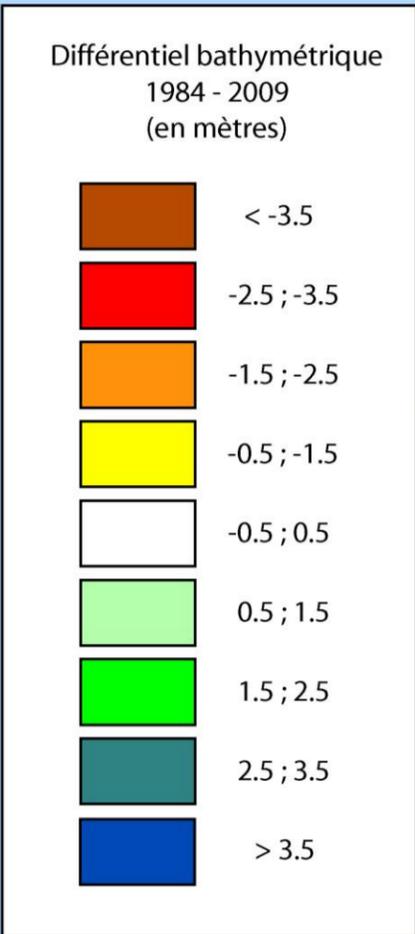
9

| 9. Agly - Port Barcarès | | |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | 736 400 | 159 968 |
| /m ² | 0,36 | 0,08 |
| /an | 8274 | 1797 |



6

| 6. Grau étang Canet - Port de Canet | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | -260 800 | 202 043 |
| m2 | -0,19 | 0,15 |
| m ² /an | -10432 | 8082 |



— Limites de cellules et des différentiels

7

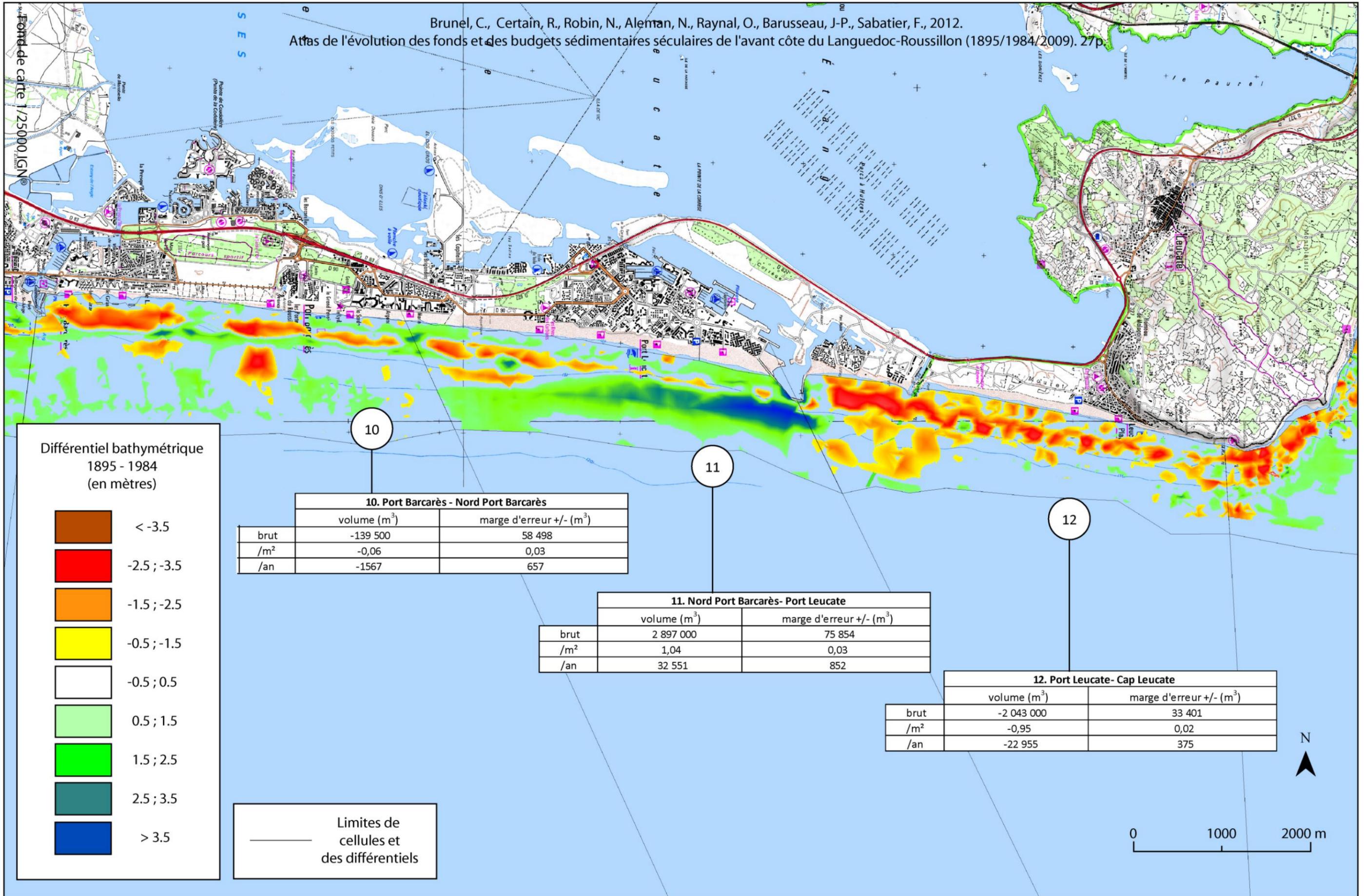
| 7. Port de Canet- Bourdigoul | | |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | -2 026 800 | 201 823 |
| /m ² | -0,83 | 0,08 |
| /an | -81072 | 8073 |

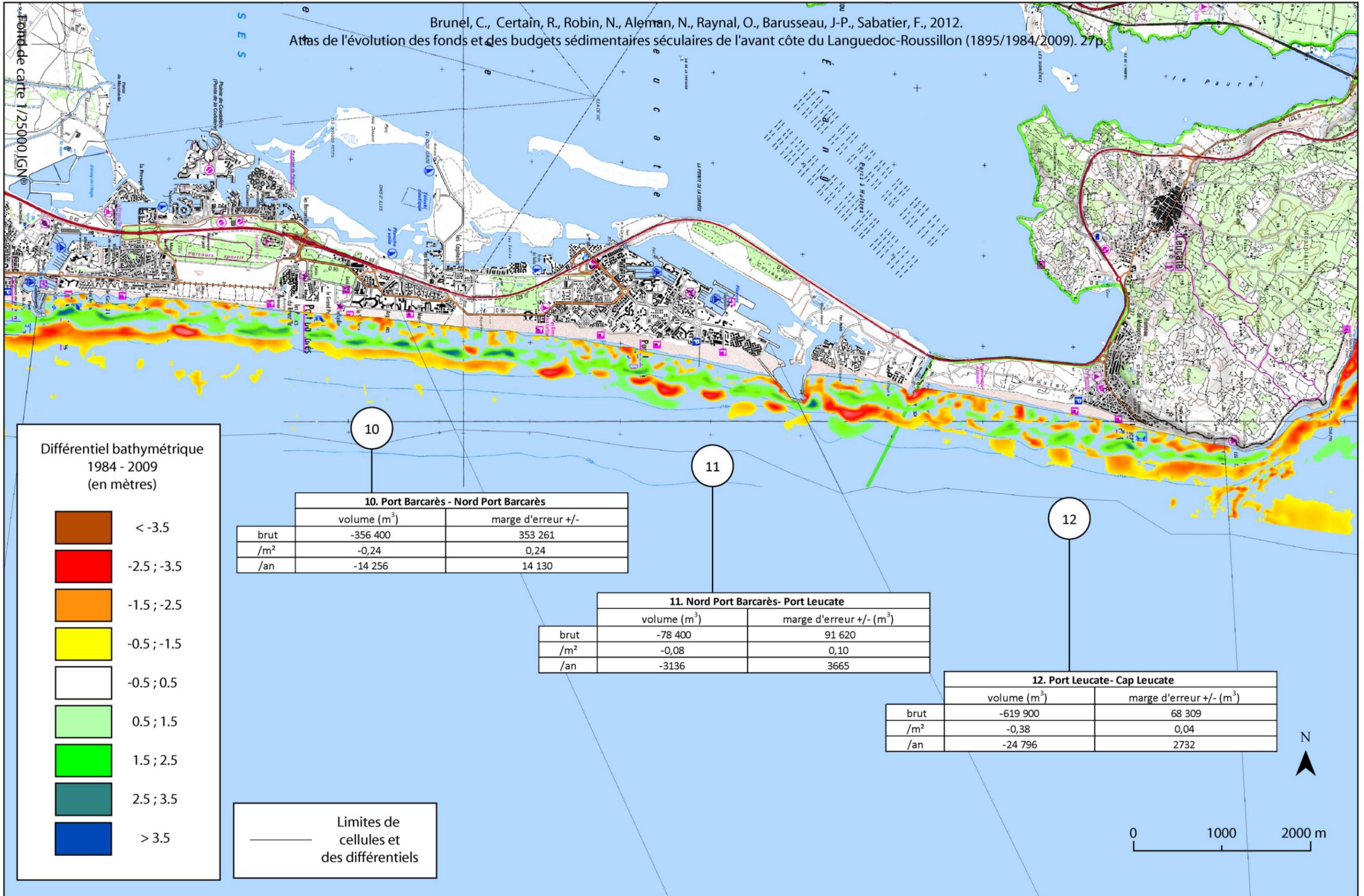
8

| 8. Bourdigoul - Agly | | |
|----------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | -596 400 | 78 324 |
| /m ² | -0,65 | 0,09 |
| /an | -23856 | 3133 |

9

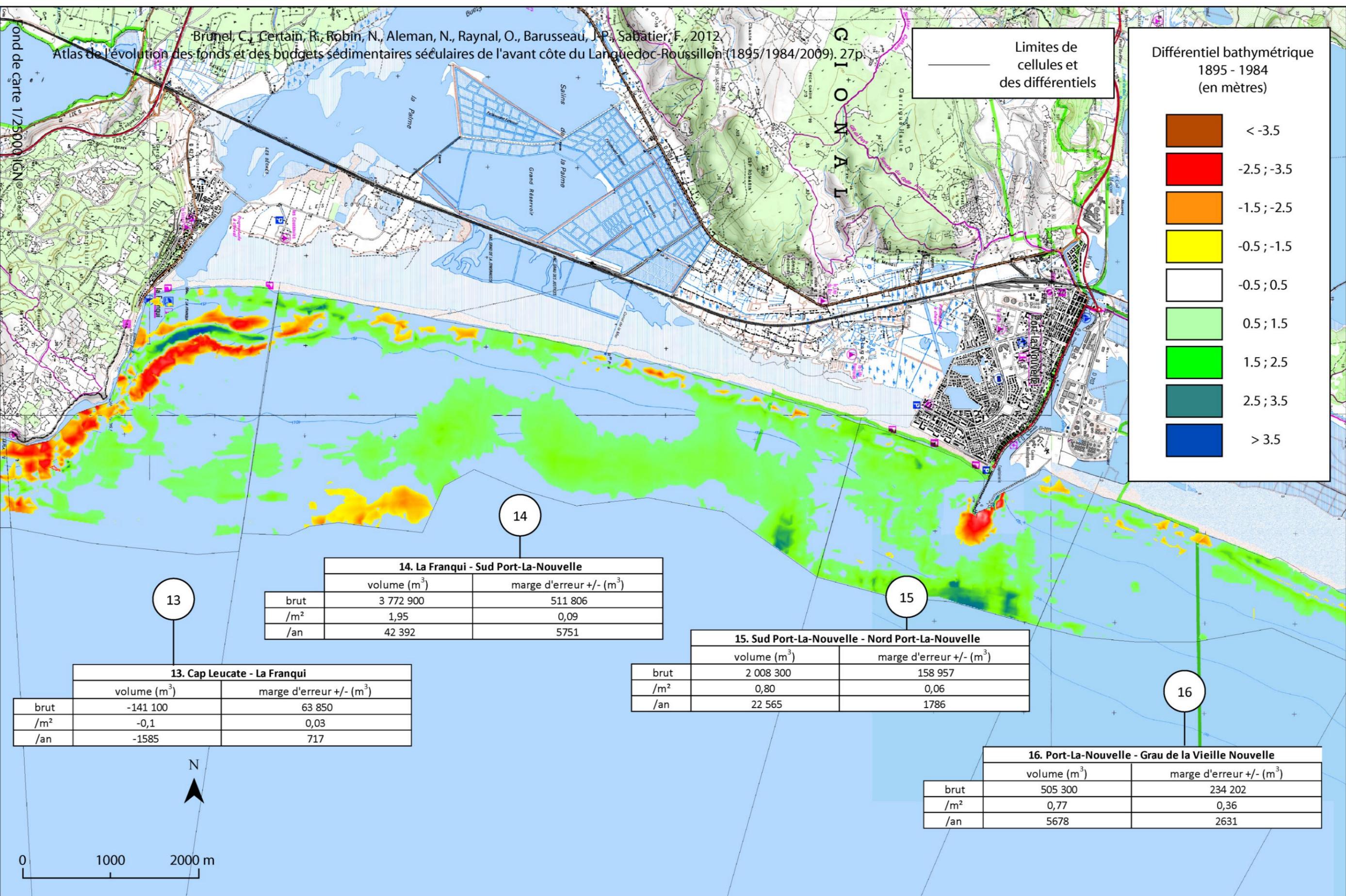
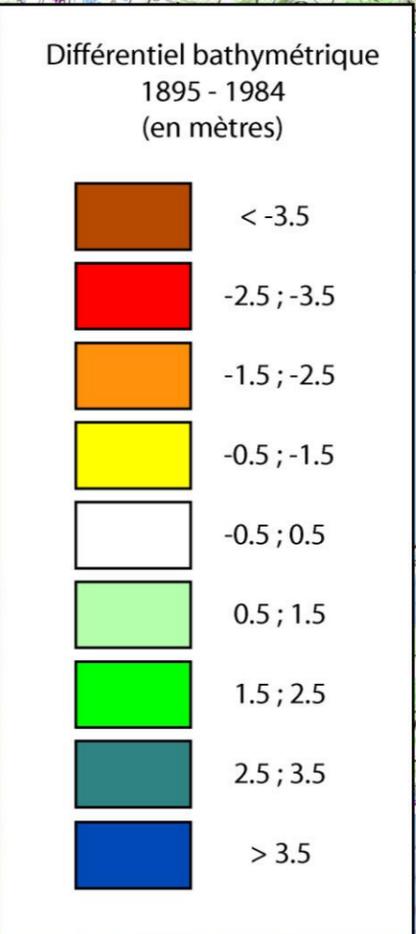
| 9. Agly - Port Barcarès | | |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | -36 400 | 215 616 |
| /m ² | -0,03 | 0,19 |
| /an | -1456 | 8625 |





Echelle de carte 1/25000 (IGN)

Limites de cellules et des différentiels



13

| 13. Cap Leucate - La Franqui | | |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | -141 100 | 63 850 |
| /m ² | -0,1 | 0,03 |
| /an | -1585 | 717 |

14

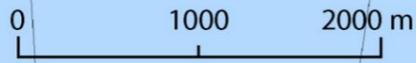
| 14. La Franqui - Sud Port-La-Nouvelle | | |
|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | 3 772 900 | 511 806 |
| /m ² | 1,95 | 0,09 |
| /an | 42 392 | 5751 |

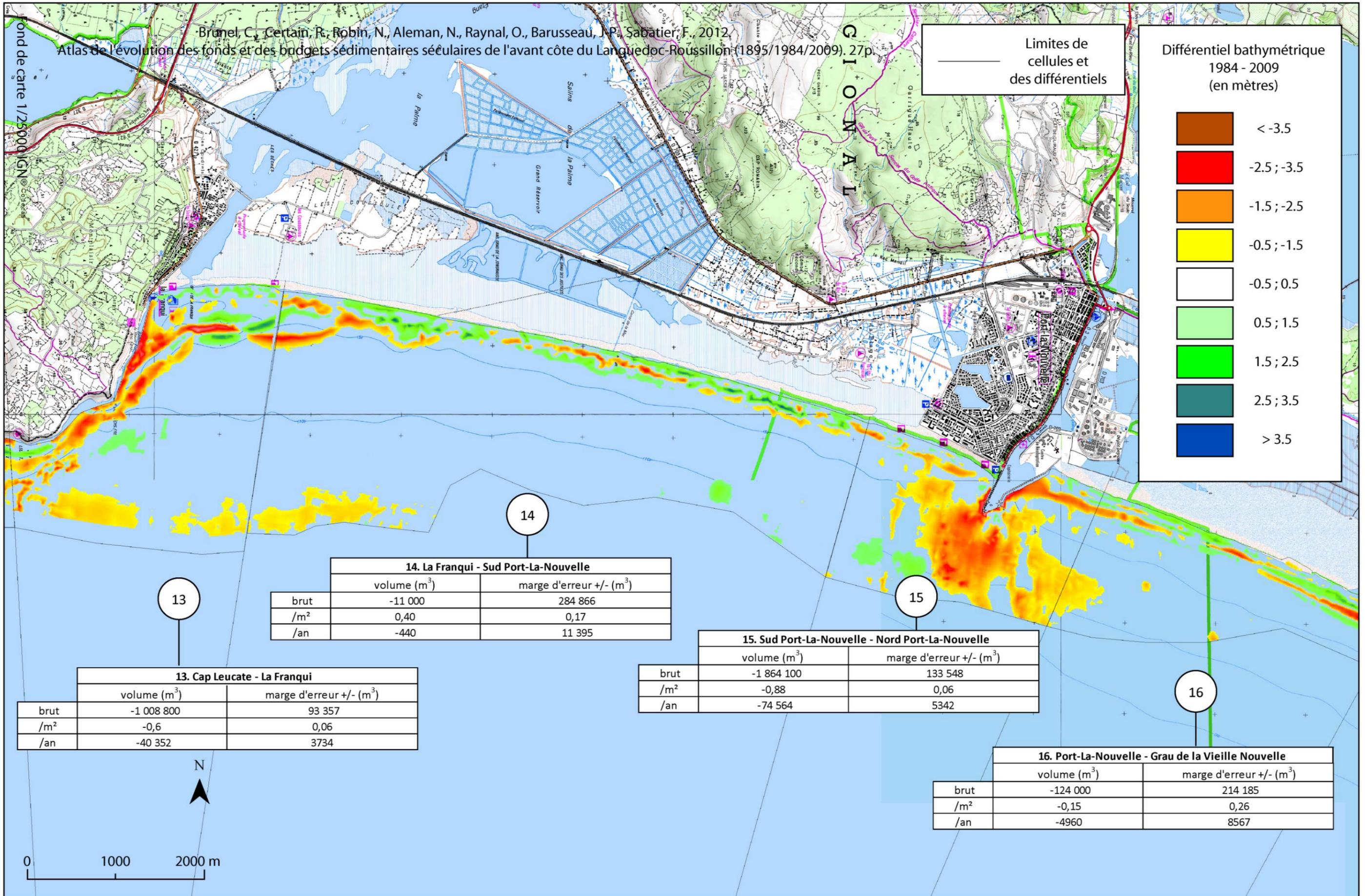
15

| 15. Sud Port-La-Nouvelle - Nord Port-La-Nouvelle | | |
|--|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | 2 008 300 | 158 957 |
| /m ² | 0,80 | 0,06 |
| /an | 22 565 | 1786 |

16

| 16. Port-La-Nouvelle - Grau de la Vieille Nouvelle | | |
|--|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | 505 300 | 234 202 |
| /m ² | 0,77 | 0,36 |
| /an | 5678 | 2631 |





Différentiel bathymétrique
 1895 - 1984
 (en mètres)



Limites de
 cellules et
 des différentiels

17

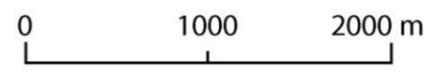
| 17. Grau de la Vieille Nouvelle - Gruissan | | |
|--|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | -7300 | 13 185 |
| /m ² | -0,01 | 0,01 |
| /an | -82 | 148 |

18

| 18. Gruissan - Sud Narbonne-Plage | | |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | 2 746 200 | 174 755 |
| /m ² | 0,85 | 0,05 |
| /an | 30 856 | 1964 |

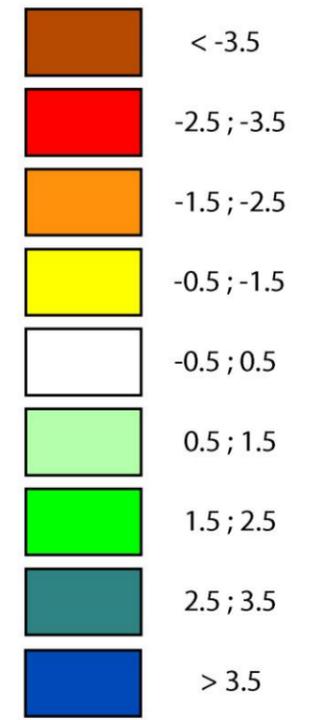
19

| 19. Sud Narbonne-Plage - Sud Aude | | |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | 1 861 400 | 38 709 |
| /m ² | 0,79 | 0,02 |
| /an | 20 915 | 435 |



Fond de carte 1/25000 IGN®

Différentiel bathymétrique
 1984 - 2009
 (en mètres)



Limites de
 cellules et
 des différentiels

17

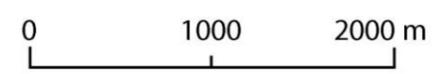
| 17. Grau de la Vieille Nouvelle - Gruissan | | |
|--|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | -255700 | 119920 |
| /m ² | -0,20 | 0,09 |
| /an | -10228 | 4797 |

18

| 18. Gruissan - Sud Narbonne-Plage | | |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | -1 771 000 | 125 208 |
| /m ² | -0,72 | 0,05 |
| /an | -70 840 | 5008 |

19

| 19. Sud Narbonne-Plage - Sud Aude | | |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | -1 880 600 | 124 546 |
| /m ² | -0,68 | 0,05 |
| /an | -75 224 | 4982 |



Différentiel bathymétrique
1895 - 1984
(en mètres)



Limites de
cellules et
des différentiels

20. Sud Aude - Vendres-Plage

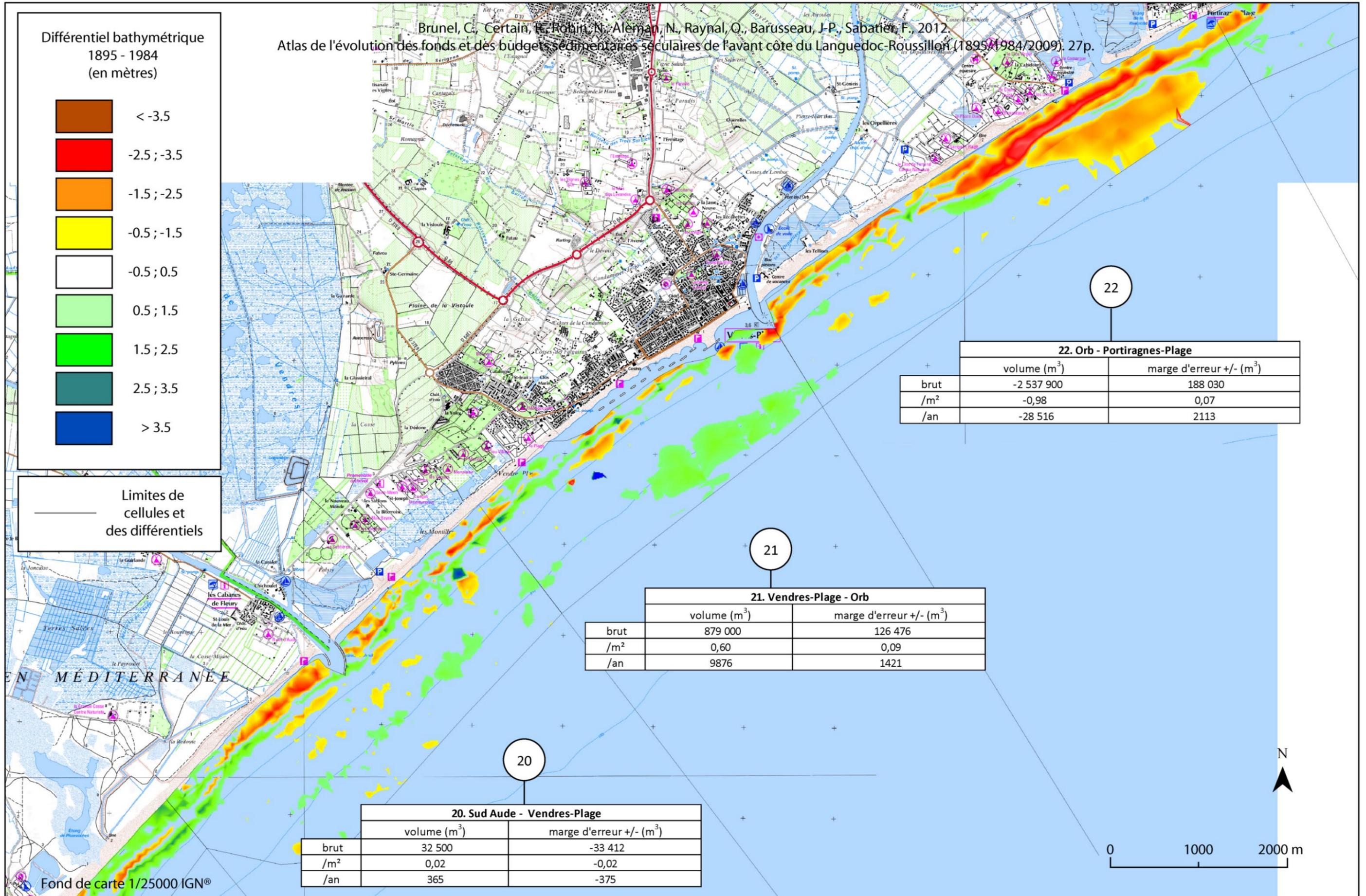
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | 32 500 | -33 412 |
| /m ² | 0,02 | -0,02 |
| /an | 365 | -375 |

21. Vendres-Plage - Orb

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | 879 000 | 126 476 |
| /m ² | 0,60 | 0,09 |
| /an | 9876 | 1421 |

22. Orb - Portiragnes-Plage

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -2 537 900 | 188 030 |
| /m ² | -0,98 | 0,07 |
| /an | -28 516 | 2113 |



Différentiel bathymétrique
1984 - 2009
(en mètres)



Limites de
cellules et
des différentiels

20. Sud Aude - Vendres-Plage

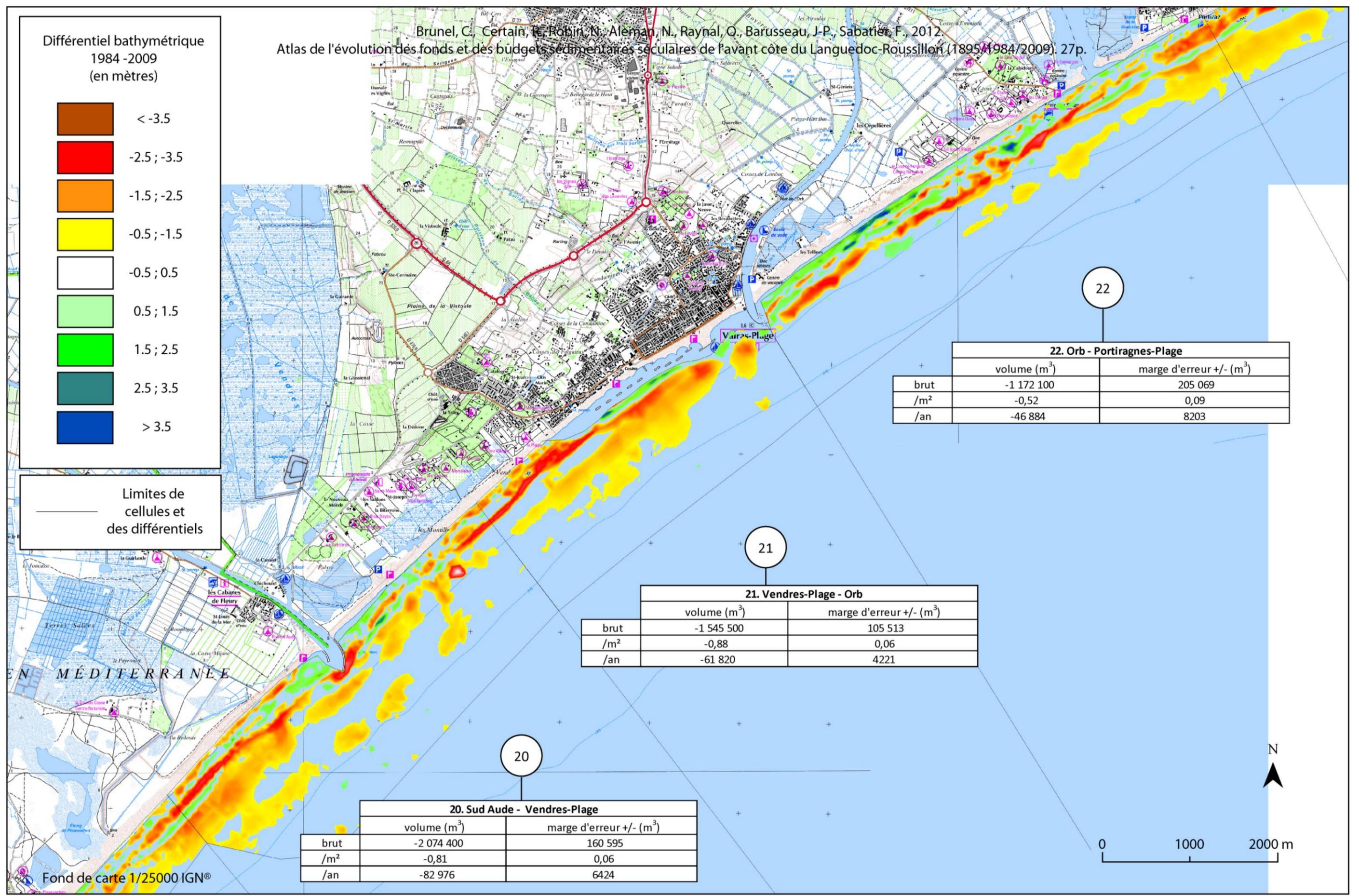
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -2 074 400 | 160 595 |
| /m ² | -0,81 | 0,06 |
| /an | -82 976 | 6424 |

21. Vendres-Plage - Orb

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -1 545 500 | 105 513 |
| /m ² | -0,88 | 0,06 |
| /an | -61 820 | 4221 |

22. Orb - Portiragnes-Plage

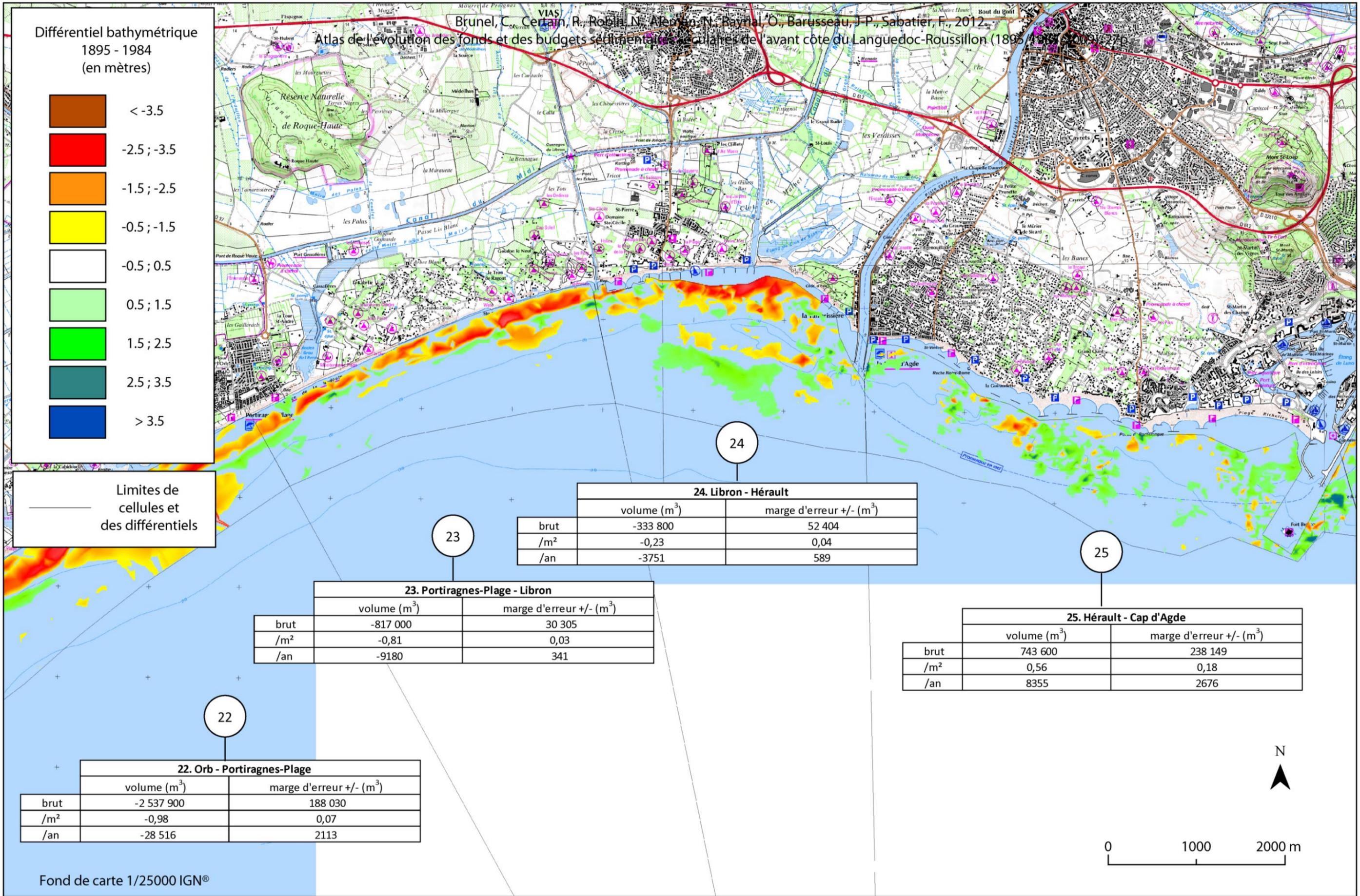
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -1 172 100 | 205 069 |
| /m ² | -0,52 | 0,09 |
| /an | -46 884 | 8203 |



Différentiel bathymétrique
1895 - 1984
(en mètres)



Limites de cellules et des différentiels



22. Orb - Portiragnes-Plage

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -2 537 900 | 188 030 |
| /m ² | -0,98 | 0,07 |
| /an | -28 516 | 2113 |

23. Portiragnes-Plage - Libron

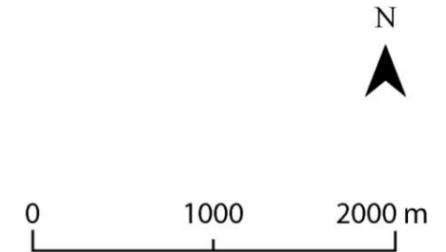
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -817 000 | 30 305 |
| /m ² | -0,81 | 0,03 |
| /an | -9180 | 341 |

24. Libron - Hérault

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -333 800 | 52 404 |
| /m ² | -0,23 | 0,04 |
| /an | -3751 | 589 |

25. Hérault - Cap d'Agde

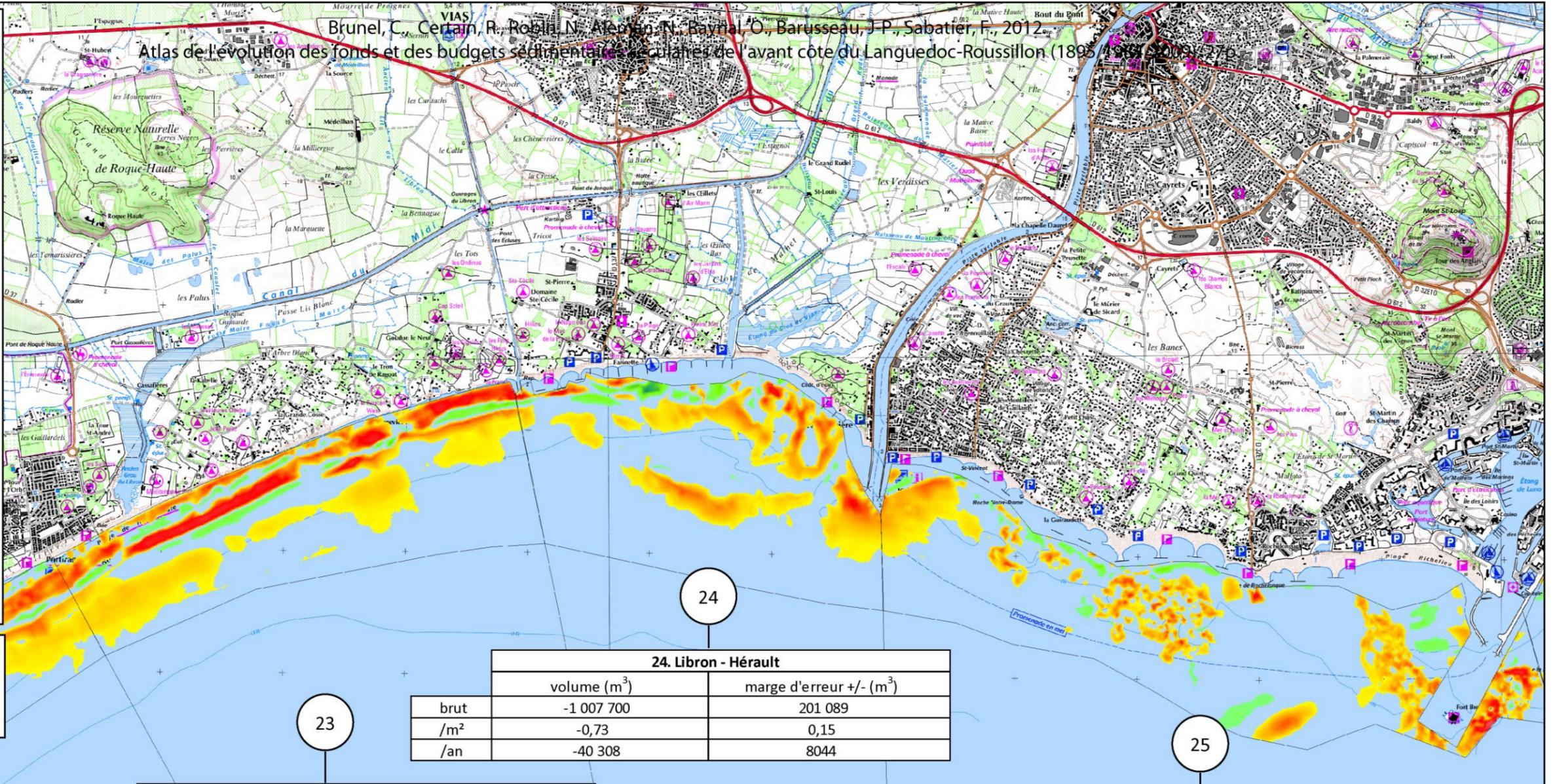
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | 743 600 | 238 149 |
| /m ² | 0,56 | 0,18 |
| /an | 8355 | 2676 |



Différentiel bathymétrique
 1984 - 2009
 (en mètres)



Limites de
 cellules et
 des différentiels



23. Portiragnes-Plage - Libron

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -1 804 400 | 281 668 |
| /m ² | 23,00 | 0,14 |
| /an | -72 176 | 11 267 |

24. Libron - Hérault

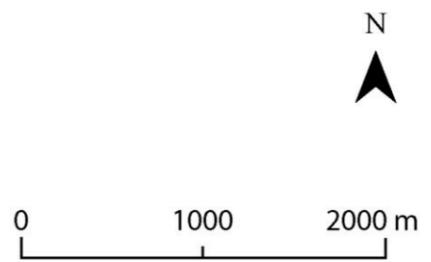
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -1 007 700 | 201 089 |
| /m ² | -0,73 | 0,15 |
| /an | -40 308 | 8044 |

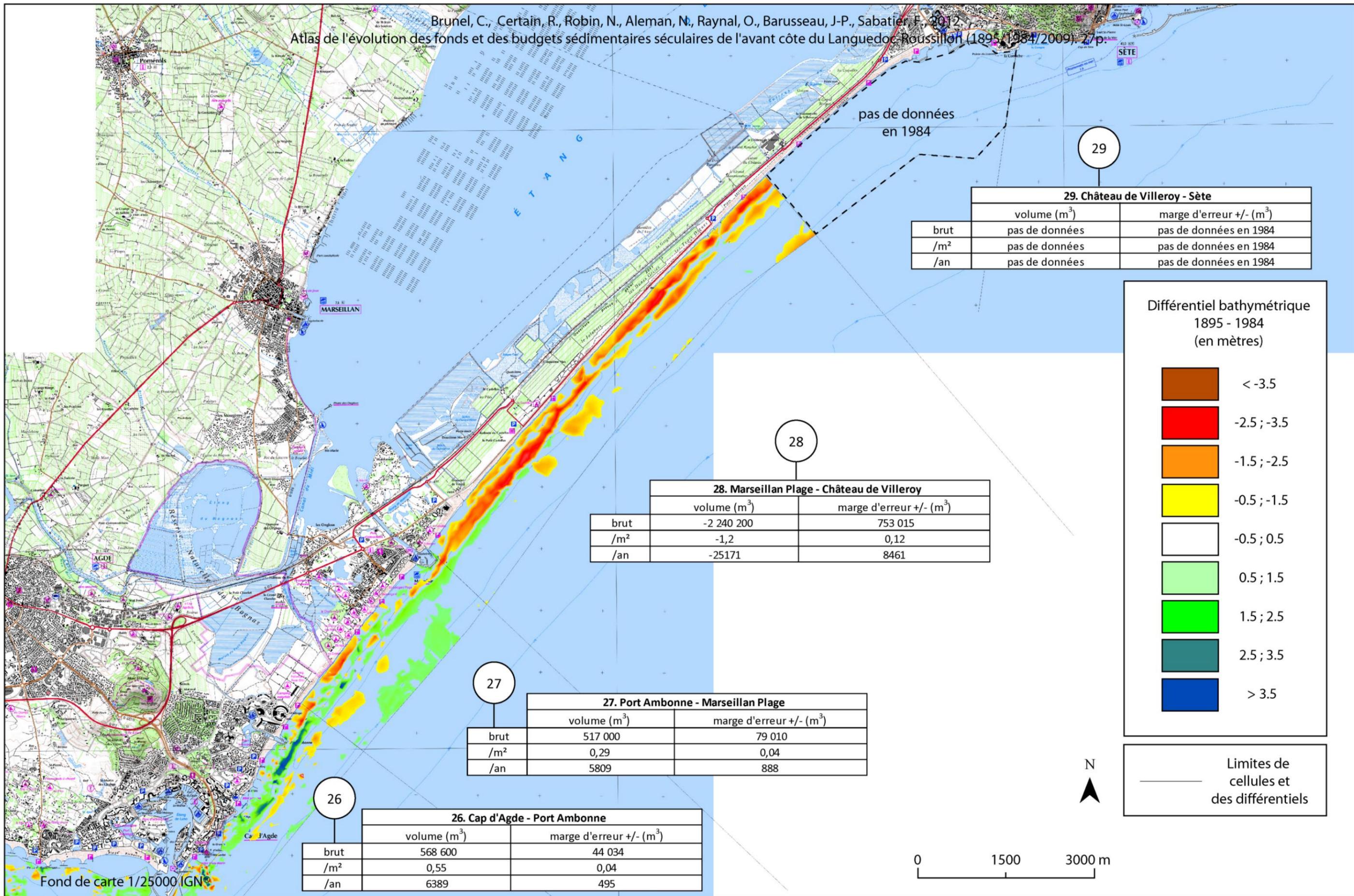
25. Hérault - Cap d'Agde

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -1 257 000 | 138 716 |
| /m ² | -0,73 | 0,08 |
| /an | -50 280 | 5549 |

22. Orb - Portiragnes-Plage

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -1 172 100 | 205 069 |
| /m ² | -0,52 | 0,09 |
| /an | -46 884 | 8203 |





29. Château de Villeroi - Sète

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | pas de données | pas de données en 1984 |
| /m ² | pas de données | pas de données en 1984 |
| /an | pas de données | pas de données en 1984 |

28. Marseillan Plage - Château de Villeroi

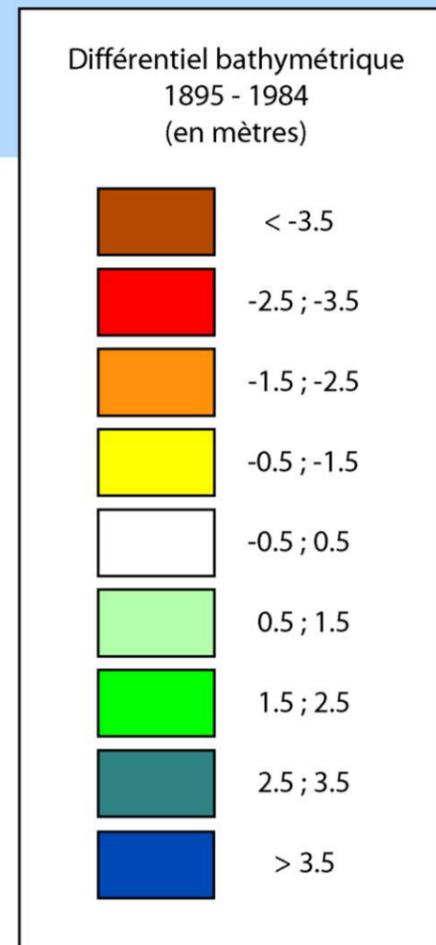
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -2 240 200 | 753 015 |
| /m ² | -1,2 | 0,12 |
| /an | -25171 | 8461 |

27. Port Ambonne - Marseillan Plage

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | 517 000 | 79 010 |
| /m ² | 0,29 | 0,04 |
| /an | 5809 | 888 |

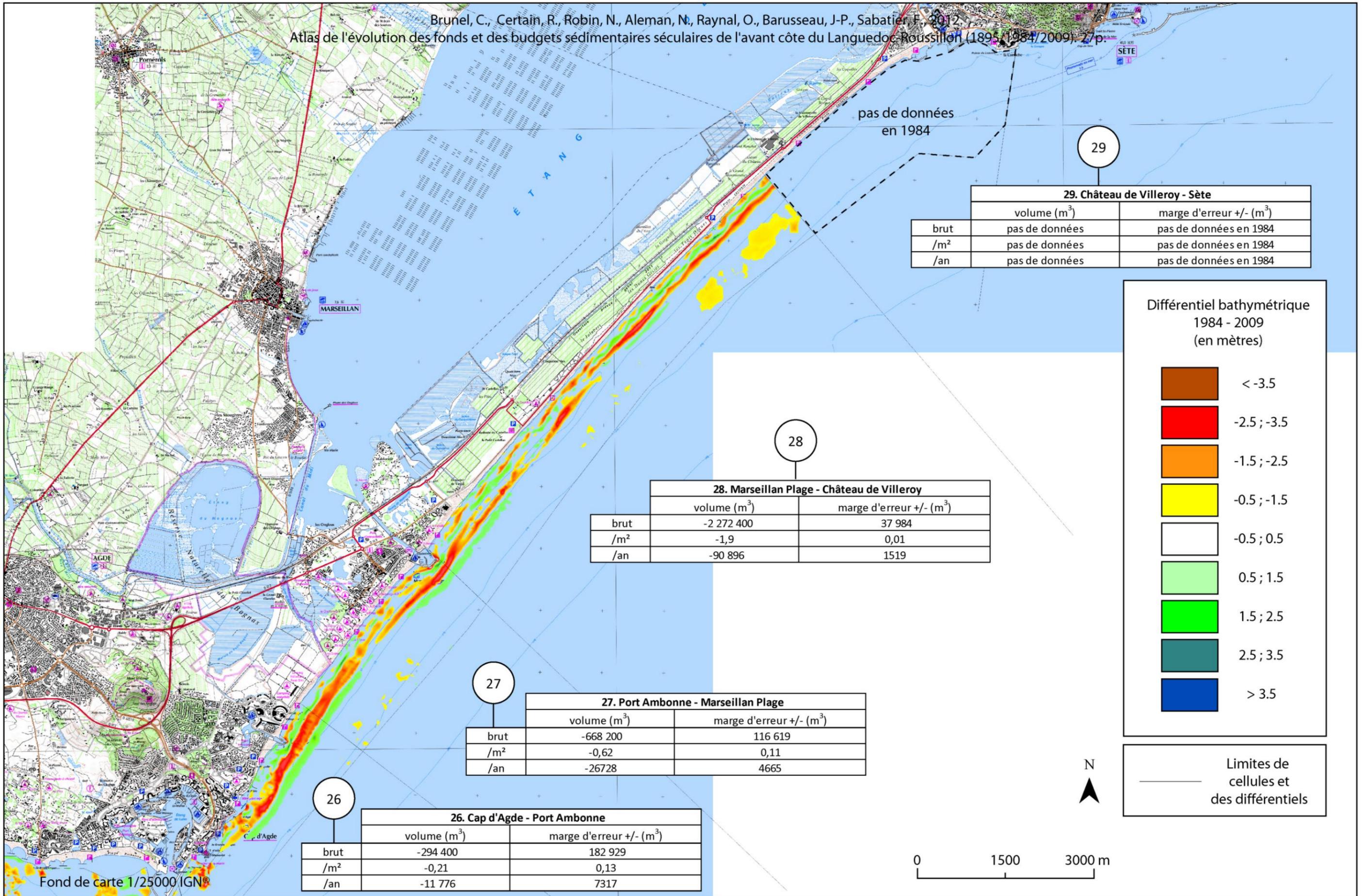
26. Cap d'Agde - Port Ambonne

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | 568 600 | 44 034 |
| /m ² | 0,55 | 0,04 |
| /an | 6389 | 495 |



— Limites de cellules et des différentiels





29. Château de Villeroiy - Sète

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | pas de données | pas de données en 1984 |
| /m ² | pas de données | pas de données en 1984 |
| /an | pas de données | pas de données en 1984 |

28. Marseillan Plage - Château de Villeroiy

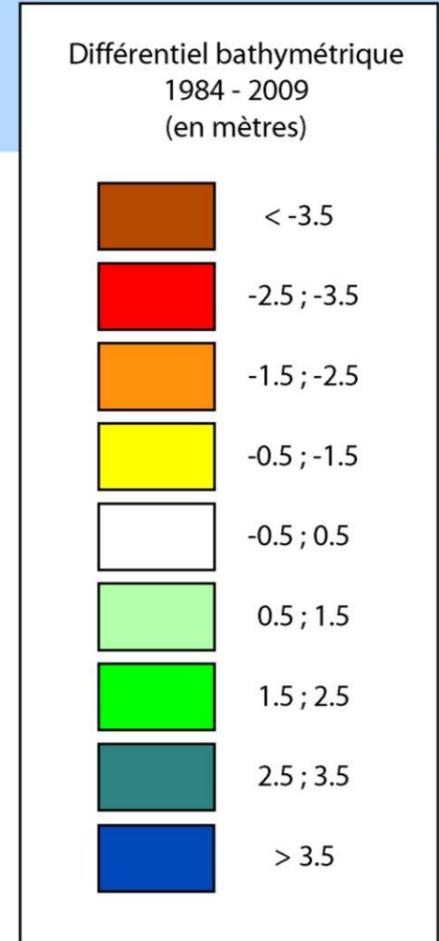
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -2 272 400 | 37 984 |
| /m ² | -1,9 | 0,01 |
| /an | -90 896 | 1519 |

27. Port Ambonne - Marseillan Plage

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -668 200 | 116 619 |
| /m ² | -0,62 | 0,11 |
| /an | -26728 | 4665 |

26. Cap d'Agde - Port Ambonne

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -294 400 | 182 929 |
| /m ² | -0,21 | 0,13 |
| /an | -11 776 | 7317 |



— Limites de cellules et des différentiels

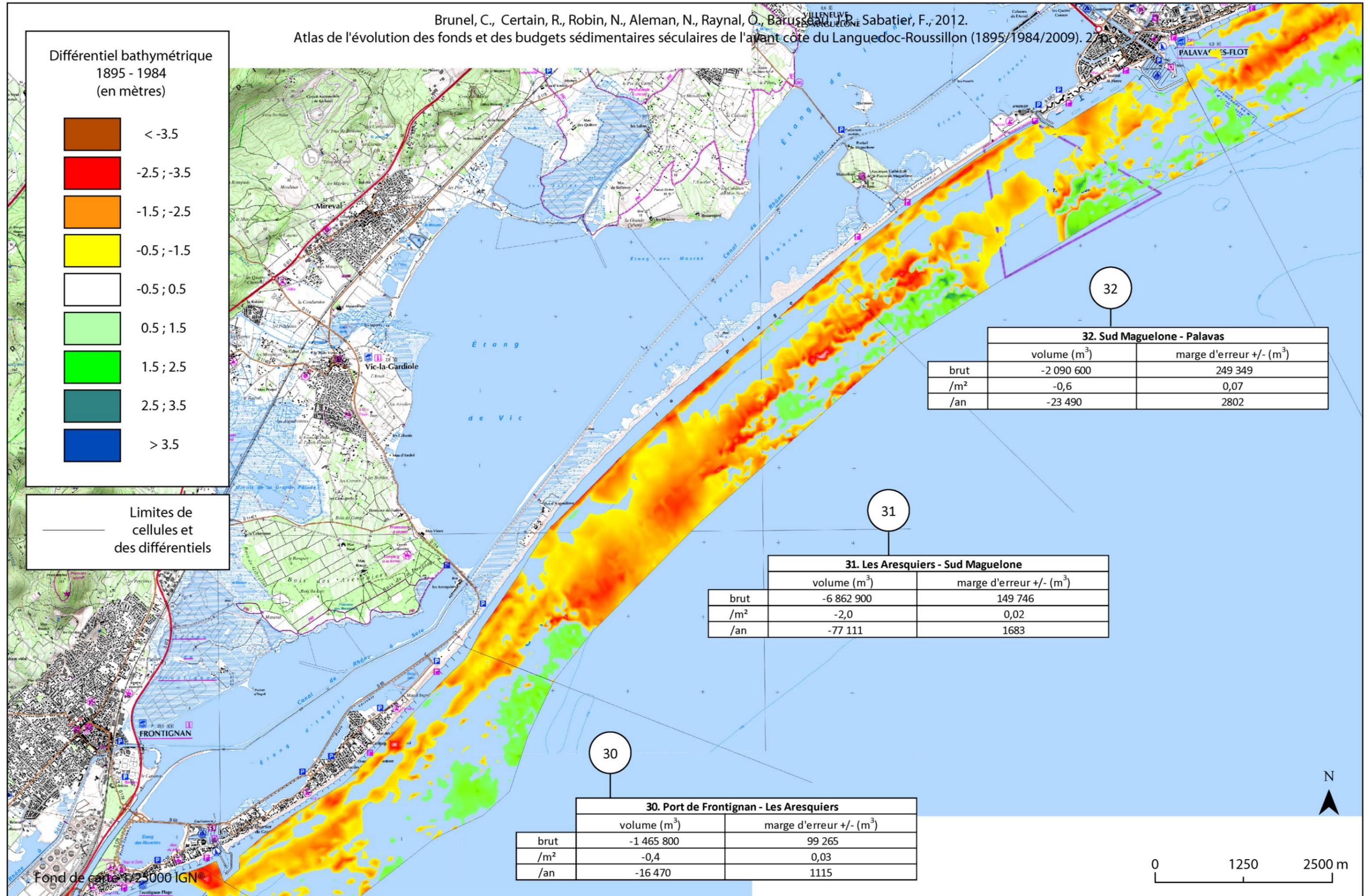
0 1500 3000 m



Différentiel bathymétrique
 1895 - 1984
 (en mètres)



Limites de
 cellules et
 des différentiels



Fond de carte 1:25000 IGN©

30. Port de Frontignan - Les Aresquiers

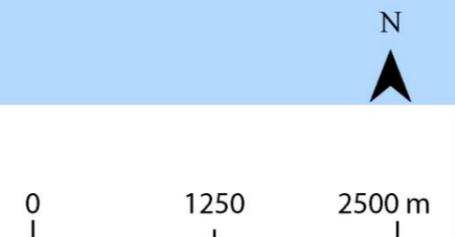
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -1 465 800 | 99 265 |
| /m ² | -0,4 | 0,03 |
| /an | -16 470 | 1115 |

31. Les Aresquiers - Sud Maguelone

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -6 862 900 | 149 746 |
| /m ² | -2,0 | 0,02 |
| /an | -77 111 | 1683 |

32. Sud Maguelone - Palavas

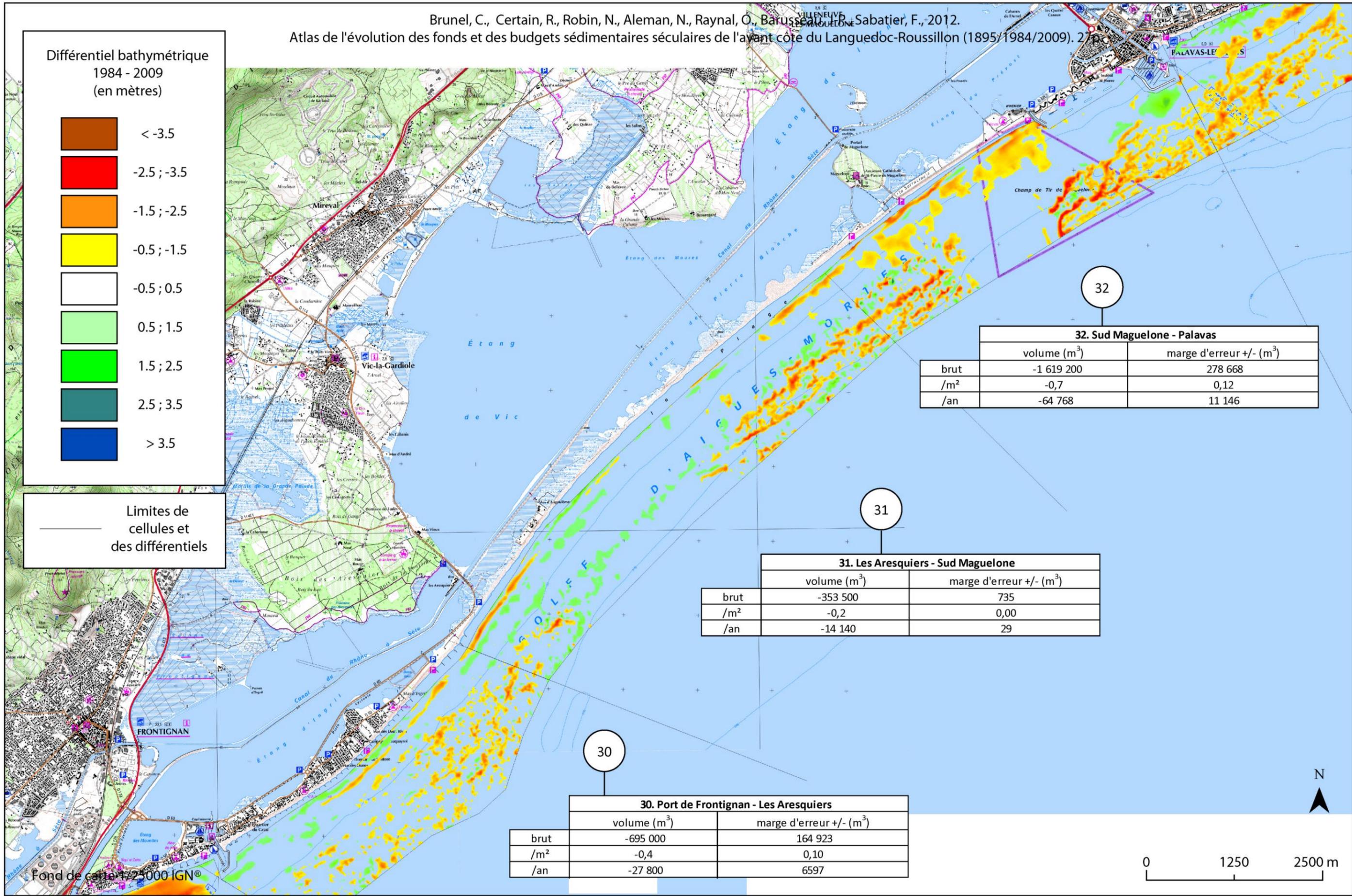
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -2 090 600 | 249 349 |
| /m ² | -0,6 | 0,07 |
| /an | -23 490 | 2802 |



Différentiel bathymétrique
 1984 - 2009
 (en mètres)



Limites de
 cellules et
 des différentiels



32. Sud Maguelone - Palavas

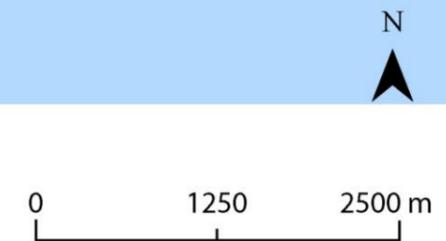
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -1 619 200 | 278 668 |
| /m ² | -0,7 | 0,12 |
| /an | -64 768 | 11 146 |

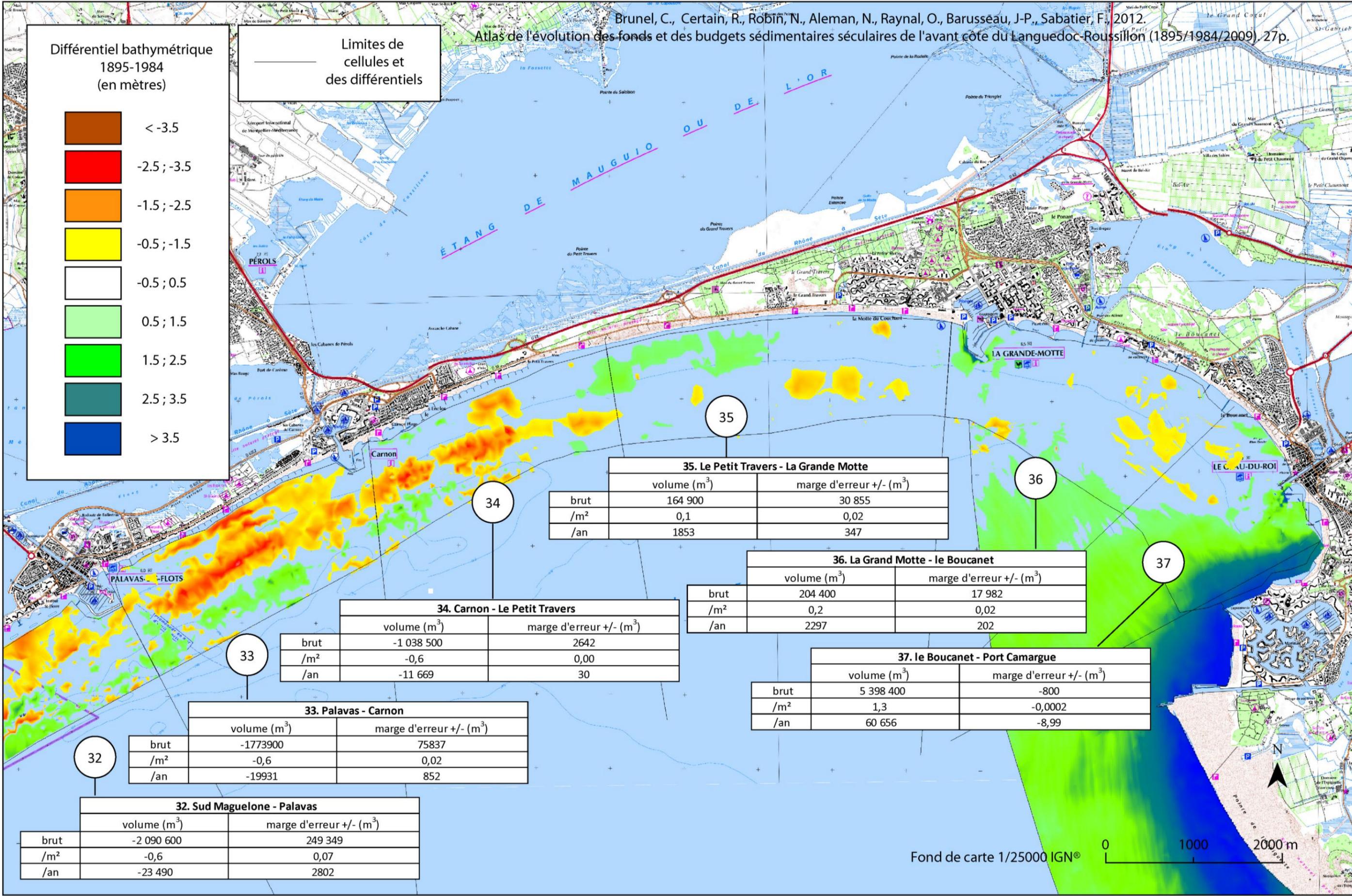
31. Les Aresquiers - Sud Maguelone

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -353 500 | 735 |
| /m ² | -0,2 | 0,00 |
| /an | -14 140 | 29 |

30. Port de Frontignan - Les Aresquiers

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -695 000 | 164 923 |
| /m ² | -0,4 | 0,10 |
| /an | -27 800 | 6597 |





Différentiel bathymétrique 1895-1984 (en mètres)



Limites de cellules et des différentiels

34

| 34. Carnon - Le Petit Travers | | |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | -1 038 500 | 2642 |
| /m ² | -0,6 | 0,00 |
| /an | -11 669 | 30 |

35

| 35. Le Petit Travers - La Grande Motte | | |
|--|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | 164 900 | 30 855 |
| /m ² | 0,1 | 0,02 |
| /an | 1853 | 347 |

36

| 36. La Grand Motte - le Boucanet | | |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | 204 400 | 17 982 |
| /m ² | 0,2 | 0,02 |
| /an | 2297 | 202 |

37

| 37. le Boucanet - Port Camargue | | |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | 5 398 400 | -800 |
| /m ² | 1,3 | -0,0002 |
| /an | 60 656 | -8,99 |

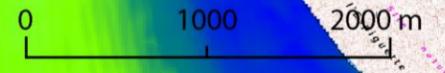
33

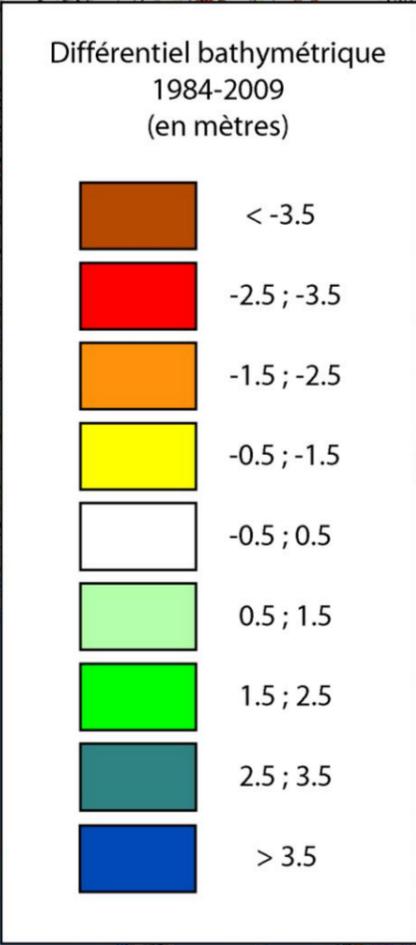
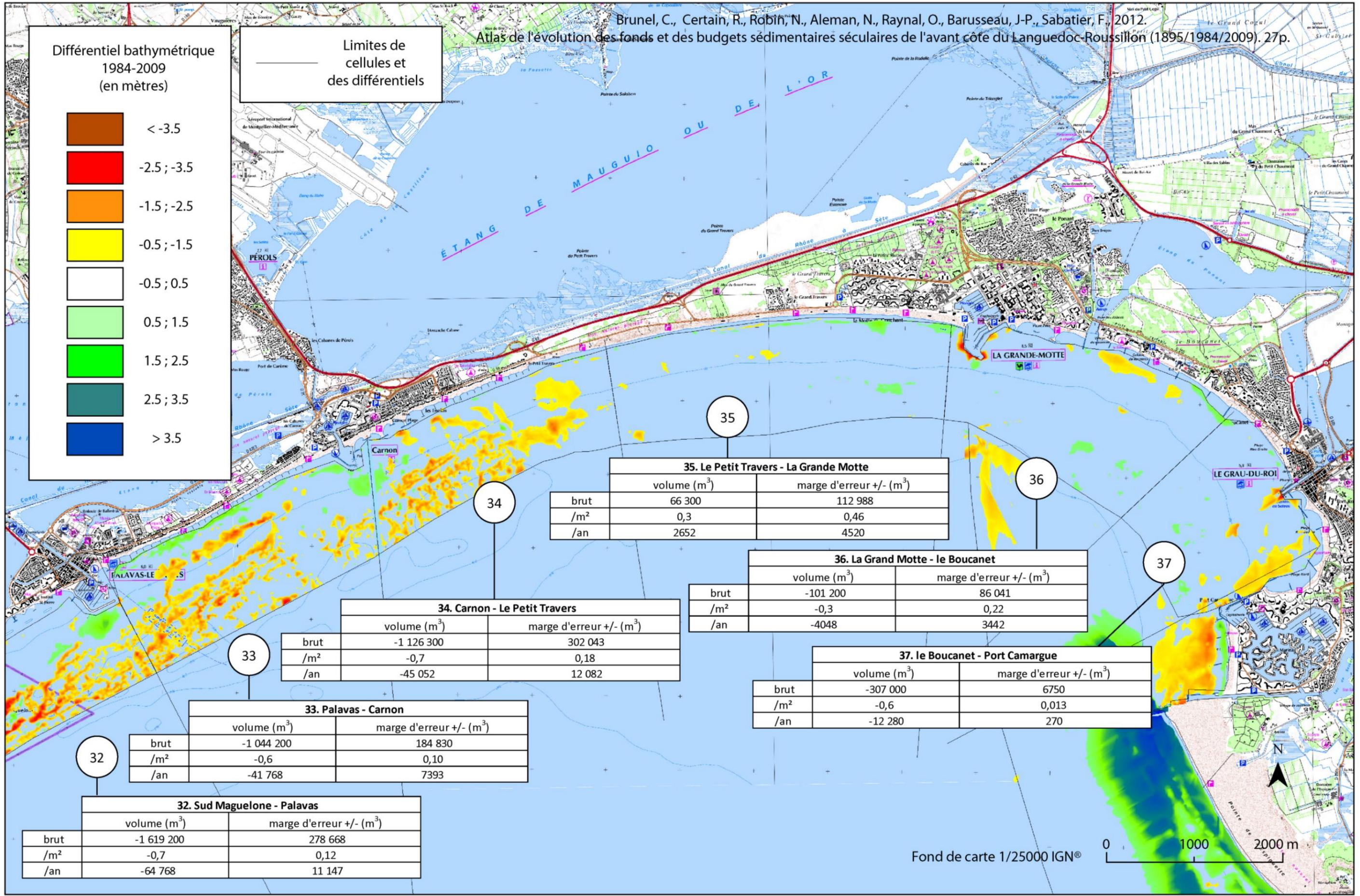
| 33. Palavas - Carnon | | |
|----------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | -1773900 | 75837 |
| /m ² | -0,6 | 0,02 |
| /an | -19931 | 852 |

32

| 32. Sud Maguelone - Palavas | | |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
| brut | -2 090 600 | 249 349 |
| /m ² | -0,6 | 0,07 |
| /an | -23 490 | 2802 |

Fond de carte 1/25000 IGN®





Limites de cellules et des différentiels

35. Le Petit Travers - La Grande Motte

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | 66 300 | 112 988 |
| /m ² | 0,3 | 0,46 |
| /an | 2652 | 4520 |

36. La Grand Motte - le Boucanet

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -101 200 | 86 041 |
| /m ² | -0,3 | 0,22 |
| /an | -4048 | 3442 |

37. le Boucanet - Port Camargue

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -307 000 | 6750 |
| /m ² | -0,6 | 0,013 |
| /an | -12 280 | 270 |

34. Carnon - Le Petit Travers

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -1 126 300 | 302 043 |
| /m ² | -0,7 | 0,18 |
| /an | -45 052 | 12 082 |

33. Palavas - Carnon

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -1 044 200 | 184 830 |
| /m ² | -0,6 | 0,10 |
| /an | -41 768 | 7393 |

32. Sud Maguelone - Palavas

| | volume (m ³) | marge d'erreur +/- (m ³) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| brut | -1 619 200 | 278 668 |
| /m ² | -0,7 | 0,12 |
| /an | -64 768 | 11 147 |

Fond de carte 1/25000 IGN®



