



Détermination du stock sableux littoral terre/mer

Corrélation des données de sismique terrestre, de géoradar et de sismique marine

Rapport Final OBSCAT cycle 3
Décembre 2021

Université de Perpignan Via Domitia
Laboratoire CEFREM



Travaux effectués par :

Nicolas ROBIN, Olivier RAYNAL, Mathieu ROLLAND, Christine SOTIN, Bertil HEBERT et Raphaël CERTAIN,

Laboratoire CEFREM, Université de Perpignan Via Domitia, 52 avenue Paul Alduy, 66 860 Perpignan cedex, France.

Contacts :

nicolas.robin@univ-perp.fr

olivier.raynal@univ-perp.fr

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

N. ROBIN, O. RAYNAL, M. ROLLAND, C. SOTIN, B. HEBERT, R. CERTAIN, 2021. Estimation des stocks sableux à terre et en mer sur le territoire de l'Obscat, rapport OBSCAT cycle 3, p. 62.

Table des matières

Introduction.....	3
Méthodologie.....	4
Geo-radar	4
Sismique terrestre	4
Sismique marine (sismique réflexion THR).....	6
Indice de l'estimation du stock à terre et en mer	7
Lecture des fiches résultat	8
Résultats.....	9
Synthèse.....	20
Conclusions et Perspectives	21
Bibliographie.....	21
Annexe 1 : ZONE 1 : Leucate Plage et Mouret	22
Annexe 2 : ZONE 2 : Leucate - village naturiste.....	26
Annexe 3 : ZONE 3 : Le Barcarès – le Lydia.....	29
Annexe 4 : ZONE 4 : Le Barcarès – le Miramars	32
Annexe 5 : ZONE 5 : Torreilles - villages des sables.....	35
Annexe 6 : ZONE 6 : Sainte-Marie-la-Mer	40
Annexe 7 : ZONE 7 : Canet-en-Roussillon – Lido nord.....	45
Annexe 8 : ZONE 8 : Canet-en-Roussillon – Lido sud	49
Annexe 9 : ZONE 9 : Saint-Cyprien nord.....	54
Annexe 10 : ZONE 10 : Argelès-sur-Mer – le Racou	57

Introduction

L'érosion côtière et la submersion marine représentent des menaces importantes pour le bien-être et la prospérité des populations qui vivent sur la frange littorale. La superficie de plage perdue chaque année sur les côtes européennes est évaluée à 1 500 hectares (EUROSION, 2004). Les estimations précisent que l'érosion et la submersion toucheront prochainement 158 000 personnes/an en Europe, et 50% des zones humides disparaîtront à cause de la montée du niveau de la mer induite par le changement climatique. La question de la résilience du système littoral sableux se pose alors face à l'évolution des paramètres globaux (Masselink et al., 2019 ; Vousdoukas et al., 2020) et à une empreinte anthropique croissante.

En région Occitanie et plus particulièrement sur le territoire de l'unité sédimentaire du Roussillon, l'évaluation du stock sédimentaire sur la frange littorale est un élément clé dans la compréhension du fonctionnement naturel du système (Certain et al., 2005 ; Brunel et al., 2014 ; Robin et al., 2018). Ce stock (marin et terrestre) intervient dans la dynamique sédimentaire du milieu et dans les interactions complexes avec les conditions hydrodynamiques. De plus il permet de mettre en relief l'évolution des bilans sédimentaires effectués sur plusieurs échelles de temps (suivis OBSCAT, projet REVOLSED 2012-2014 (UPVD-DREAL-LR) et SIMILAR 2013-2017 (UPVD-DREAL-LR)). Il est un élément de réflexion important à prendre en considération pour la gestion intégrée du système et l'aménagement futur du territoire. De manière plus spécifique, l'évaluation de l'épaisseur sableuse à terre s'inscrit dans une prospection de l'effet moyen terme de l'érosion du trait de côte afin d'anticiper l'éventualité d'un changement de nature sédimentaire du littoral ou de l'influence d'un substrat dans le mécanisme de recul, au grés de cette dynamique. Accessoirement, la donnée récoltée dans le cadre de ce projet peut également être utilisée pour apporter des éléments de réflexion sur la problématique de la gestion de l'eau grâce à l'identification de la présence du biseau salé.

Le volume du stock sédimentaire en mer est maintenant bien évaluée à l'échelle régionale suite au projet LITTOSIS 2012-2014 (UPVD-DREAL-LR) mais son estimation à terre reste encore manquante afin d'avoir une vision globale de la ressource en sable.

L'objectif de cette expertise s'inscrit dans la suite du projet ESTER 2017-2018 (2^{ème} cycle OBSCAT) qui avait permis de valider l'utilisation de l'outil géoradar sur cette même thématique, sur un site test (Torreilles) de l'OBSCAT. Il vise à proposer un document unique à l'échelle du périmètre de l'OBSCAT sur l'estimation de l'épaisseur du stock sédimentaire terre-mer.

Méthodologie

Afin d'atteindre les objectifs de cette étude, la méthodologie repose sur l'acquisition de données géophysiques à terre à l'aide d'un géo-radar et d'un outil de sismique terrestre. Ces relevés ont été réalisés sur 10 secteurs du périmètre de l'OBSCAT (Leucate village et Mouret, Leucate naturiste, Port Barcares Lydia, Port Barcares les Miramars, Toreilles village des sables, Sainte Marie, Canet Lido nord, Canet Lido sud, St Cyprien nord, Argeles Le Racou). En complément, l'information portant sur le stock en mer a pour origine le rapport LITOSSIS 2012-2014 (UPVD-DREAL-LR).

Geo-radar

Le géo-radar (GPR) est une méthode géophysique non-invasive qui permet d'obtenir une coupe du sol en deux dimensions. Cette technique, de plus en plus utilisée depuis les années 1990 (Neal, 2004), a pour intérêt de pouvoir imager rapidement et de façon continue les structures sédimentaires situées en sub-surface (jusqu'à une dizaine de mètres de profondeur) de l'objet étudié (e.g., Bristow and Jol, 2003; Rodriguez and Meyer, 2006).

Son fonctionnement repose sur l'émission, la propagation et la réflexion d'ondes électromagnétiques hautes fréquences (centaines de MHz) dans le sol. A la réception du signal les discontinuités électriques enregistrées par l'appareil symbolisent les différentes interfaces et les hétérogénéités sédimentaires présentes dans le sol. L'image générée permet ainsi de visualiser les dépôts, les pendages et les organisations sédimentaires. Toutefois l'utilisation de l'outil GPR dans les environnements comprenant des infiltrations d'eaux salines est limitée, due à une perturbation du signal trop importante.

Les fréquences des antennes communément utilisées pour l'étude des environnements côtiers varient entre 100 et 500 MHz. Une antenne de basse fréquence (ex : 100 MHz) aura un signal qui pénétrera plus profondément dans le sol (~10m) qu'une antenne de plus haute fréquence (soit environ 6-8 m pour une antenne de 250 MHz). La résolution verticale du signal est contrôlée par la longueur d'onde ($\lambda = \text{vitesse/fréquence}$) et est considérée comme étant égale au quart de celle-ci ($r = \lambda/4$). Ainsi pour une onde électromagnétique se propageant dans un sol sableux et graveleux, la vitesse sera comprise entre 0.09 et 0.13 m/ns (Neal and Roberts, 2000; Neal, 2004). Dans le cas de notre étude nous considérons une vitesse moyenne de 0.1 m/ns, une résolution $r_{100\text{MHz}} = 0,25$ m et $r_{250\text{MHz}} = 0,10$ m.

Pour ce projet, une moyenne de 5 profils GPR (antennes MALA de fréquence 100 et 250 MHz) transversaux au trait de côte ont été enregistrés sur chaque secteur. Les profils ont été traités sous Reflex-Win V8.2 (recalage du zéro, filtres, suppression des bruits de fond, correction d'amplitude, correction topographique) et la description de l'imagerie des profils radar (géométries, unités, faciès) est similaire à celle utilisée en stratigraphie sismique. Un DGPS-RTK a été couplé au géo-radar afin de localiser les profils et d'enregistrer la topographie associée.



Figure 1 : Photographie de la campagne d'acquisition GPR, imageant l'antenne 250 MHz couplé à une antenne DGPS.

Sismique terrestre

La sismique réfraction est une méthode de prospection géophysique non destructive permettant d'interpréter les propriétés des structures géologiques (figure 2). L'analyse des variations des vitesses de propagation des ondes sismiques permet de remonter aux caractéristiques lithologiques des sédiments et de définir dans notre cas la profondeur d'un substratum rocheux.

Le principe de cette méthode est de mesurer les temps d'arrivée des ondes de compression (P) issues d'une source sismique artificielle (frappe à la masse) en fonction de la distance. Les milieux les plus compacts possèdent des vitesses élevées (roche, sédiment induré) comparé aux milieux meubles (alluvions, sable) possédant des vitesses plus faibles.

Les mesures de sismique réfraction sont réalisées suivant des profils transversaux au littoral. Chaque profil est instrumenté par une suite de géophones alignés et espacés de 5 m. L'acquisition se fait par longueur de 120, équipés de 24 géophones, durant laquelle la position des impacts (source de l'onde) varie le long du profil. Cette configuration permet une pénétration

du signal à une profondeur de l'ordre de 30 m. L'instrument utilisé est un **DaqLink 4** et l'enregistrement des données sismiques est géré par le logiciel **VScope**.



Figure 2 : Photographie de la campagne d'acquisition de sismique terrestre. Un opérateur paramètre et surveille l'enregistrement de l'arrivée des ondes P (au premier plan). La source des ondes est issue de la frappe à la masse en différents points le long du profil (en arrière-plan). Géophones cerclés de rouge.

Le post-traitement se fait avec une chaîne de logiciel **SeisImager**. Le pointé des premières arrivées des ondes sismiques P est effectué avec le logiciel **Pickwin**. Le traitement de ces pointés est fait sur **Plotrefa**. Les résultats, correspondant aux vitesses de propagation de l'onde, sous forme de coupes du sous-sol, permettent de mettre en évidence des zones de contraste de vitesse entre des milieux différents (modèle tomographique). Ces différences peuvent être dues à la présence ou non d'eau dans le milieu et à la nature lithologique.

Le couplage de cette donnée avec la topographie issue d'un DGPS RTK permet de rendre compte au mieux des structures internes le long du profil.

A partir de la coupe tomographique (figure 3) et de l'abaque des vitesses des ondes P dans les milieux (figure 4), ainsi qu'avec la connaissance géologique de terrain (affleurements, autres données géophysiques), nous avons émis des hypothèses synthétisées dans un modèle lithologique en coupe.

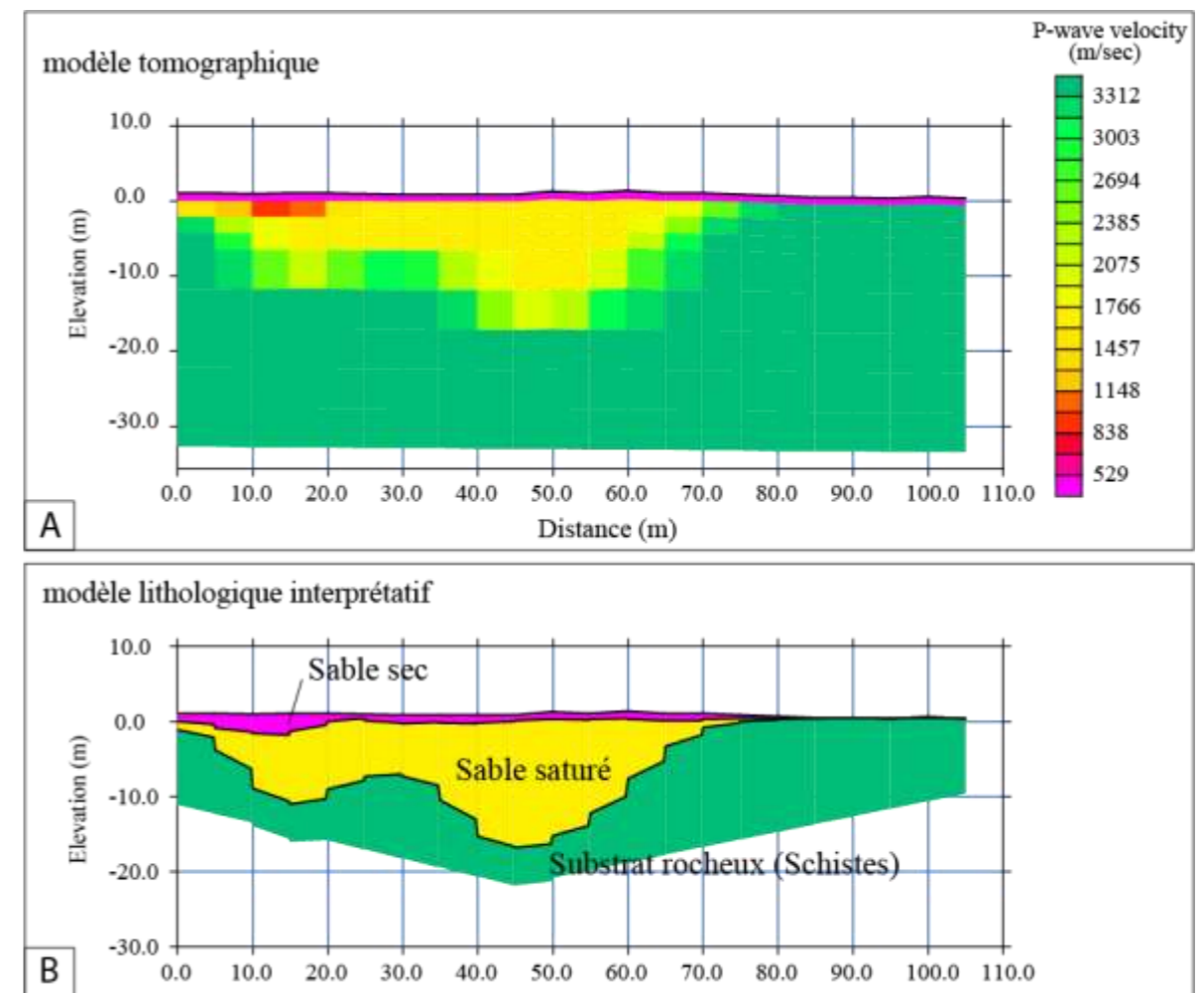


Figure 3 : A- Modèle tomographie d'un profil longitudinal de la plage de Bernardi (Anse de Paulilles). B- Modèle lithologique interprétatif associé.

Nature de la formation	Vitesse des ondes de compression m/s		Masse spécifique en T/m ³	
	Hors nappe	Sous nappe	Hors nappe	Sous nappe
Terre végétale	250-350			
Eboulis	300-700	1500-2500	1.5-2	2-2.3
Sable fin	300-700	1450-1700	1.4-1.6	1.9-2
Graves	500-900	1700-2300	1.6-2.1	2-2.3
Argile	500-1400	1400-1700	1.3-1.7	1.8-2.1
Marnes	1800-2100	2100-3000	1.5-2.1	1.9-2.3
Grès	800-3000	2000-4000	1.6-1.9	2-2.2
Craie fracturée	800-1500	1700-2300	1.7-1.9	2.1-2.2
Craie saine	1800-2500	2300-3200	1.9-2.1	2.2-2.3
Calcaire fracturé	900-2000	1700-3000	2-2.2	2.2-2.5
Calcaire compact	3000-5000	3500-5000	2.3-2.4	2.4-2.5
Granite fracturé	1000-2500	2500-4500	1.8-2.1	2.1-2.3
Granite sain	4500-5500	4500-5500	2.3-2.5	2.4-2.6
Gneiss fracturé	1000-2500	2500-4500	1.9-2.2	2.2-2.5
Gneiss sain	5000-6000	5000-6000	2.3-2.6	2.5-2.7
Basalte fracturé	800-2500	2300-4500	1.7-2.1	2.1-2.3
Basalte sain	5500-6000	5500-6000	2.5-2.8	2.6-3
Quartzite fracturé	700-2500	1800-3500	1.6-2.1	2-2.3
Quartzite sain	3000-4500	3500-5000	2.3-2.4	2.4-2.5
Schiste altéré	500-2000	1700-2500	1.3-2.2	1.8-2.4
Schiste sain	2500-4500	3000-4500	2.1-2.5	2.3-2.6
Gypse	1000-3500		1.8-2.4	
Glace	3500-4000	3500-4000	0,95	
Nappe d'eau libre	1450-1500	1450-1500	1	

Figure 4 : Abaque des vitesses des ondes P dans les différents types de lithologies.

Notons que le modèle de sismique terrestre introduit un biais car l'étude des ondes P impose un modèle de vitesse qui augmente forcément avec la profondeur.

Sismique marine (sismique réflexion THR)

Les données de volume du prisme sableux d'avant-côte sont issues du projet de recherche LITTOSIS ayant pour but de caractériser le prisme littoral sableux régional par des campagnes d'acquisition de sismique réflexion très haute résolution et de granulométrie.

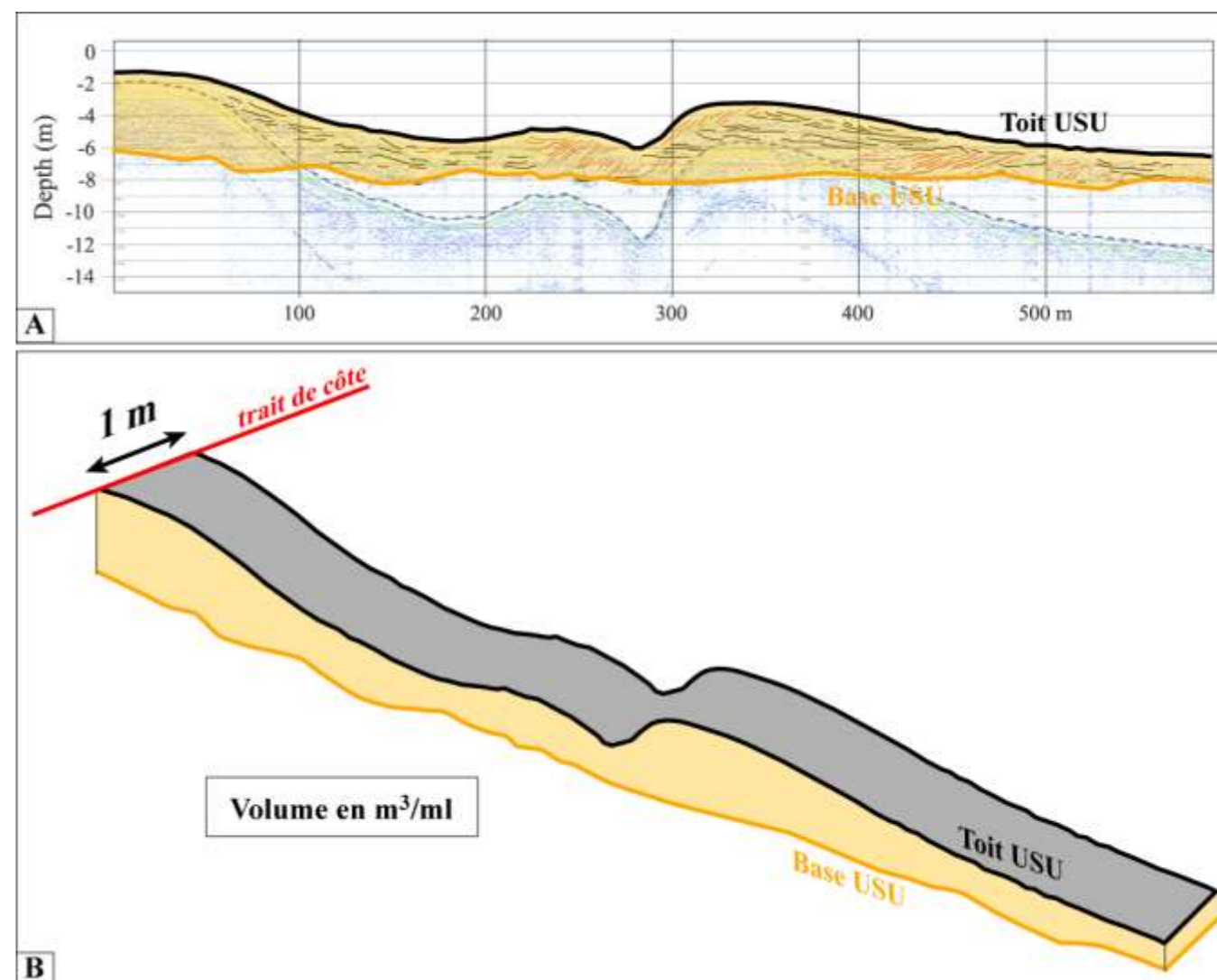


Figure 5 : A – exemple d'interprétation sismique de la base et du toit de l'USU. Notons la présence d'un multiple, marqué ici en pointillés. B – Schéma de détermination du volume de l'USU en m³ par mètre linéaire (m³/ml).

Lors de ces campagnes d'acquisition LITTOSIS, le sondeur de sédiment utilisé est le modèle SES 2000 compact, de la société Innomar, ayant une technologie paramétrique. Cette technologie se base sur un phénomène physique générant des ondes basses fréquences à partir de deux signaux de haute intensité acoustique envoyés simultanément à deux fréquences légèrement différentes (fréquence primaire : 94-110 kHz et fréquence secondaire : 5-15 kHz).

Ces deux fréquences interagissent durant la propagation du signal et génèrent des ondes basses fréquences avec des propriétés intéressantes. Le train d'onde envoyé est très court permettant une très bonne résolution verticale et horizontale. La résolution verticale est de 5 cm et une résolution horizontale de moins de 7 % de la profondeur d'eau. Un système GPS RTK est couplé au système d'acquisition de sismique THR afin d'obtenir une géolocalisation précise des profils. Au cours de la mission LITTOSIS 2012, environ 400 profils ont été obtenus sur une distance de 100 km. En 2013, une deuxième campagne d'acquisition complète ces données avec environ 150 profils. Les profils transversaux à la côte sont séparés de 400 m. Ils débutent à 50-100 m du trait de côte (en fonction de la bathymétrie et des conditions de houle qui permettent ou pas d'approcher la plage) et finissent à environ 800 m au large.

L'interprétation sismique a été réalisée dans le logiciel Kingdom Suite. Elle avait pour but de déterminer précisément la base et le toit de l'Unité sableuse supérieure du prisme littoral (*figure 5*). Dans la suite de ce rapport, cette unité sera appelée USU, pour « Upper Sediment Unit » ([Certain et al., 2005](#)). Cette USU correspond aux sables mobilisables naturellement par les houles et la dérive littoral à l'échelle d'un événement de tempête jusqu'à l'échelle séculaire.

A partir de la détermination de la base et du toit de l'USU, on calcule le volume de cette unité en extrapolant son aire, sur le profil, sur une longueur de côte de 1 mètre (*figure 4*). On obtient ainsi le volume de l'USU en m³ par mètre linéaire (m³/ml).

Indice de l'estimation du stock à terre et en mer

La compilation et l'interprétation des données de géophysique marine et terrestre permet de proposer un indicateur portant sur l'estimation du stock sédimentaire en mer et à terre. Cet indicateur a pour objectif de faciliter au gestionnaire la lecture des résultats. Il est basé sur une interprétation locale et relative des résultats vis-à-vis de l'emprise spatiale à l'échelle du territoire de l'OBSCAT. Sa définition dans ce rapport n'est donc pas basée sur une synthèse méthodologique issue de la bibliographie nationale/internationale quasi-inexistante sur le sujet mais sur l'expérience des co-auteurs.

Ainsi, trois seuils du stock sédimentaire ont été définis vis-à-vis de leur possible impact sur la dynamique du système :

Indice du stock à terre :

Faible : Epaisseur inférieure à 5/7 m

Moyen : Epaisseur comprise entre 5/7 m et 15 m

Fort : Epaisseur supérieure à 15 m

Indice du stock en mer :

Faible : Epaisseur comprise entre 0 et 1000 m³/ml

Moyen : Epaisseur comprise entre 1000 et 2000 m³/ml

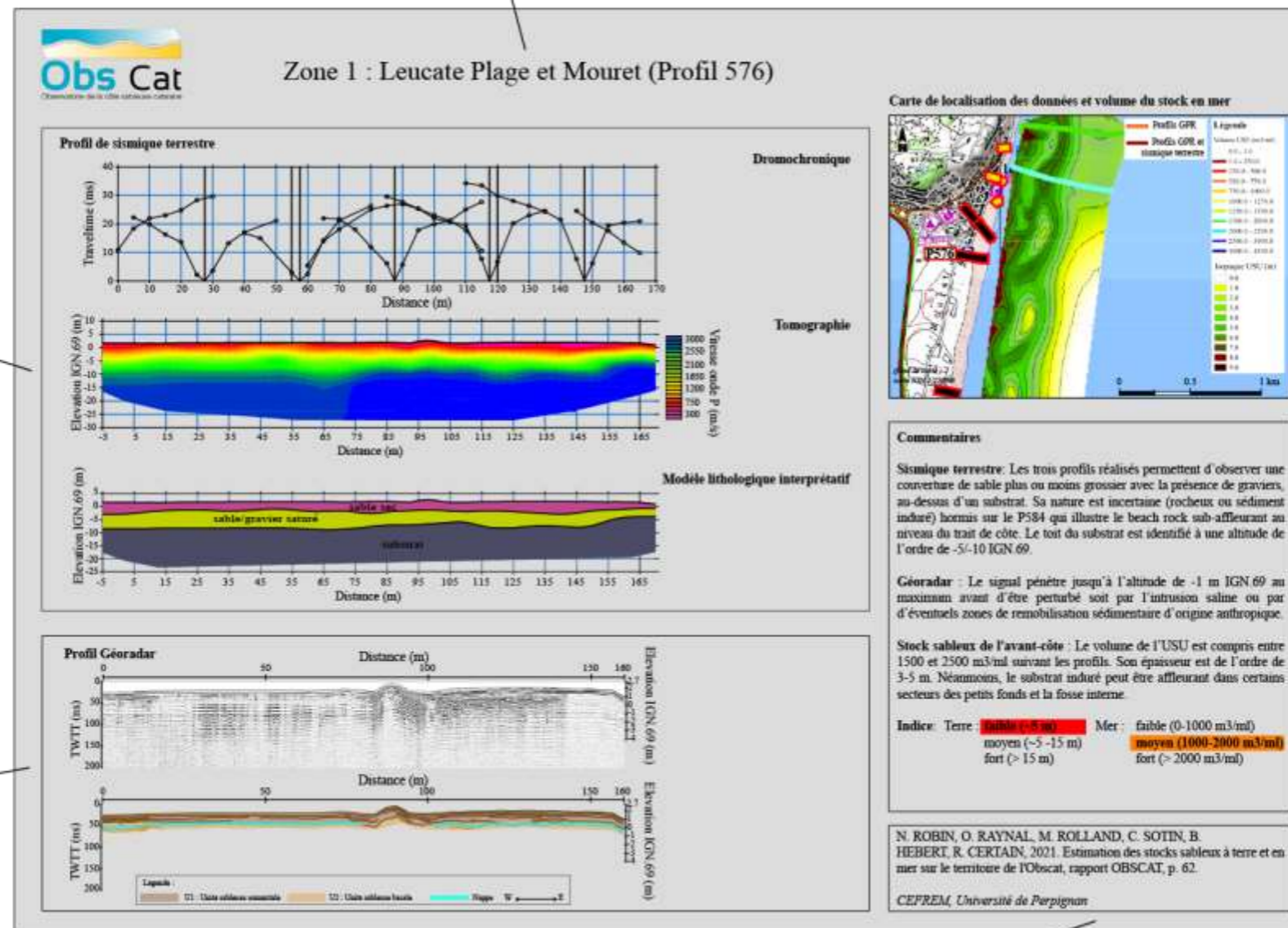
Fort : Epaisseur supérieure à 2000 m³/ml

Nom du secteur OBSCAT et numéro du profil géoradar présenté

Profil de sismique terrestre :

Cette partie présente le graphique des dromochroniques (temps d'arrivée des ondes P sur les profils), le modèle tomographique du profil et le modèle lithologique interprétatif.

Les hypothèses émises pour la construction du profil lithologique sont issues du couplage du profil tomographique et de l'abaque des vitesses des ondes P (figure 3).



Profil Géoradar (GPR) :

Ici sont présentés le profil géoradar brut (en haut) et le profil interprété (en bas).

L'ensemble des profils géoradar a fait l'objet d'un précédent rapport OBSCAT dans le cadre du programme ESTER :

Robin, N., Billy, J., Aleman, N., Barousseau, J.P., Certain, R., Hebert, B., Raynal, O., Sotin, C., 2018. Test portant sur l'évaluation du stock sédimentaire terrestre sur un site pilote OBSCAT appartenant au territoire de PMCU. Rapport final ESTER, pp. 37.

Référence bibliographique du rapport qui recense l'ensemble des fiches résultats.

Carte de localisation :

Cette carte présente l'ensemble de la donnée utilisée dans ce rapport.

A terre, la totalité des profils GPR de la zone est représentée et plus particulièrement ceux présents sur la fiche et en annexe, qui ont fait l'objet de la campagne d'acquisition de sismique terrestre.

En mer, la donnée correspond à celle issue du programme LITTOSIS. Elle prend la forme de profils pour lesquels le volume de l'USU (unité sableuse supérieure) est exprimé en m³/ml et d'une carte isopaque de ce même USU.

Commentaires :

Cette carte présente succinctement les principaux résultats fournis par les trois types de données (sismique terrestre, GPR et sismique marine).

Elle fournit également un indice du volume sableux présent sur la zone OBSCAT. Cette indice à une valeur indicative générale pour permettre la comparaison entre les zones et ne fournit qu'un ordre de grandeur.

Résultats

Les résultats de ce travail sont présentés sous la forme de fiches qui rassemblent toutes les données et les descriptions pour chaque secteurs OBSCAT (*figure 6*).

La partie synthèse de résultats regroupe les 10 secteurs OBSCAT auxquels ont été rajoutés des informations supplémentaires, issues du rapport LITTOSIS (stock en mer) et du rapport ESTER (stock à terre). Cette synthèse (*figure 7*) permet d'avoir une vision la plus aboutie et complète des connaissances sur l'estimation du stock terre/mer sur le territoire de l'OBSCAT.

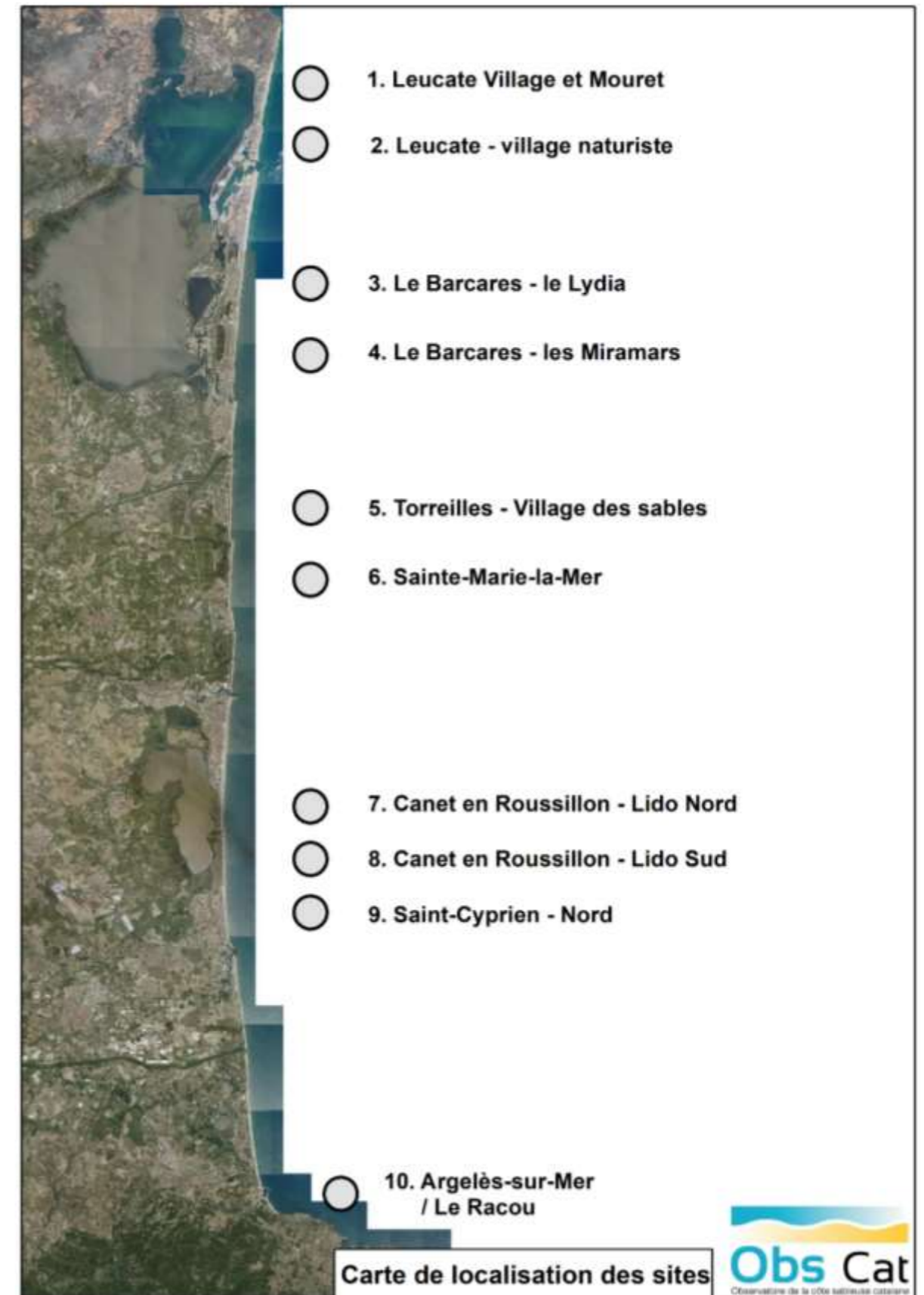
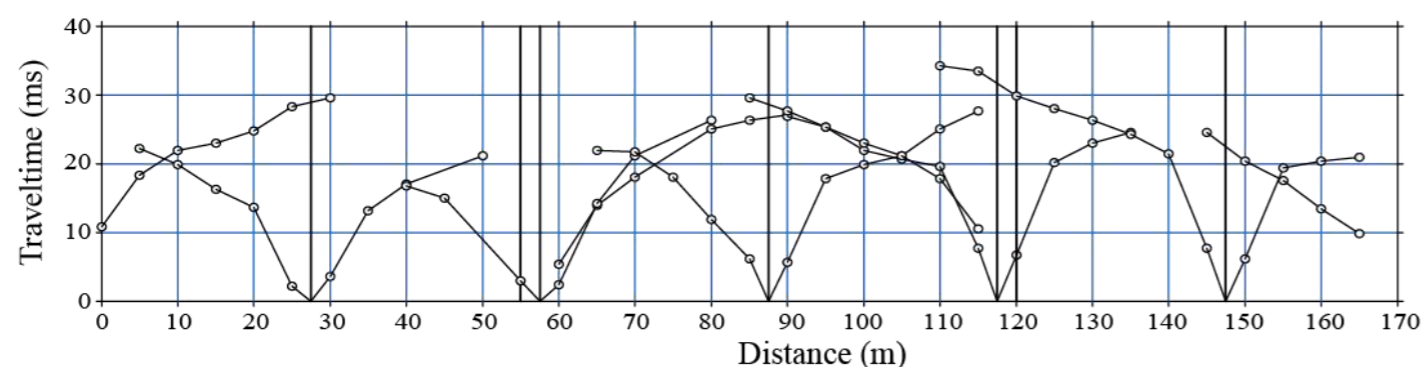
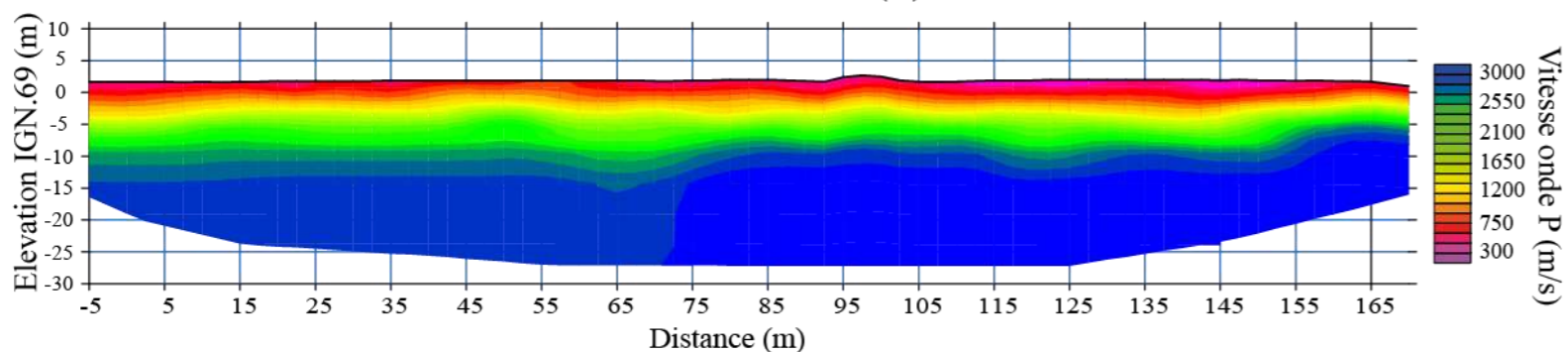


Figure 6 : Carte de localisation des 10 secteurs OBSCAT

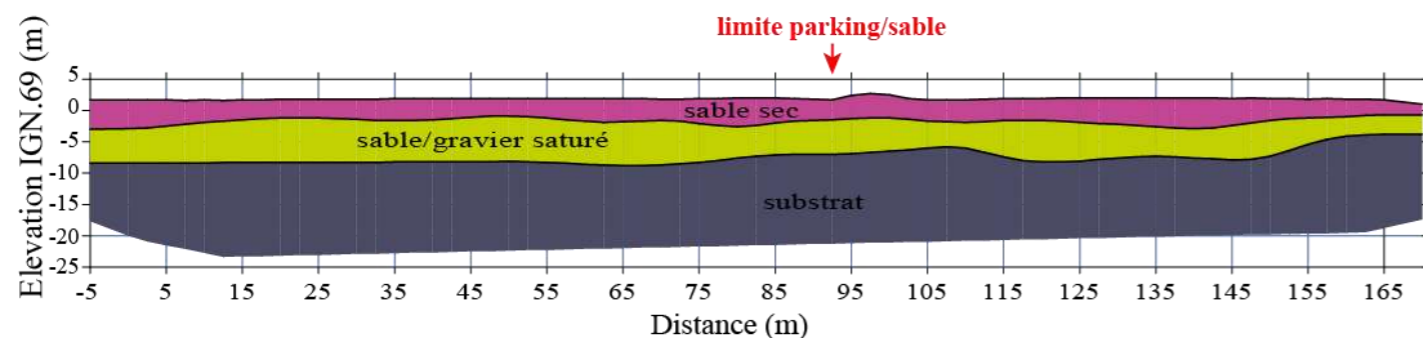
Profil de sismique terrestre



Dromochronique

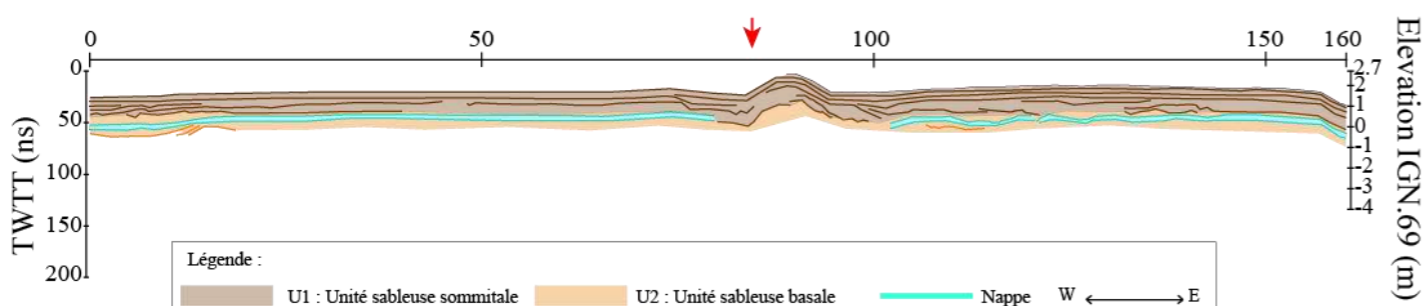
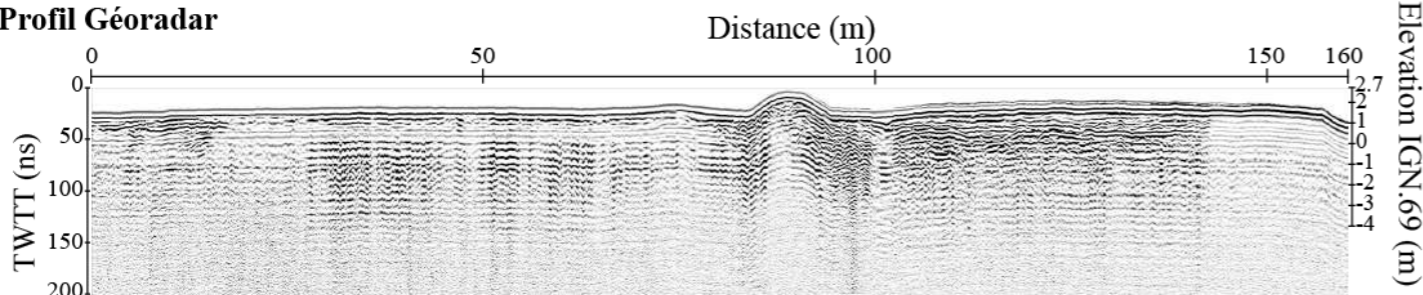


Tomographie



Modèle lithologique interprétatif

Profil Géoradar



Carte de localisation des données et volume du stock en mer



Commentaires

Sismique terrestre: Les trois profils réalisés permettent d'observer une couverture de sable plus ou moins grossier avec la présence de graviers, au-dessus d'un substrat. Sa nature est incertaine (rocheux ou sédiment induré) hormis sur le P584 qui illustre le beach rock sub-affleurant au niveau du trait de côte. Le toit du substrat est identifié à une altitude de l'ordre de -5/-10 IGN.69.

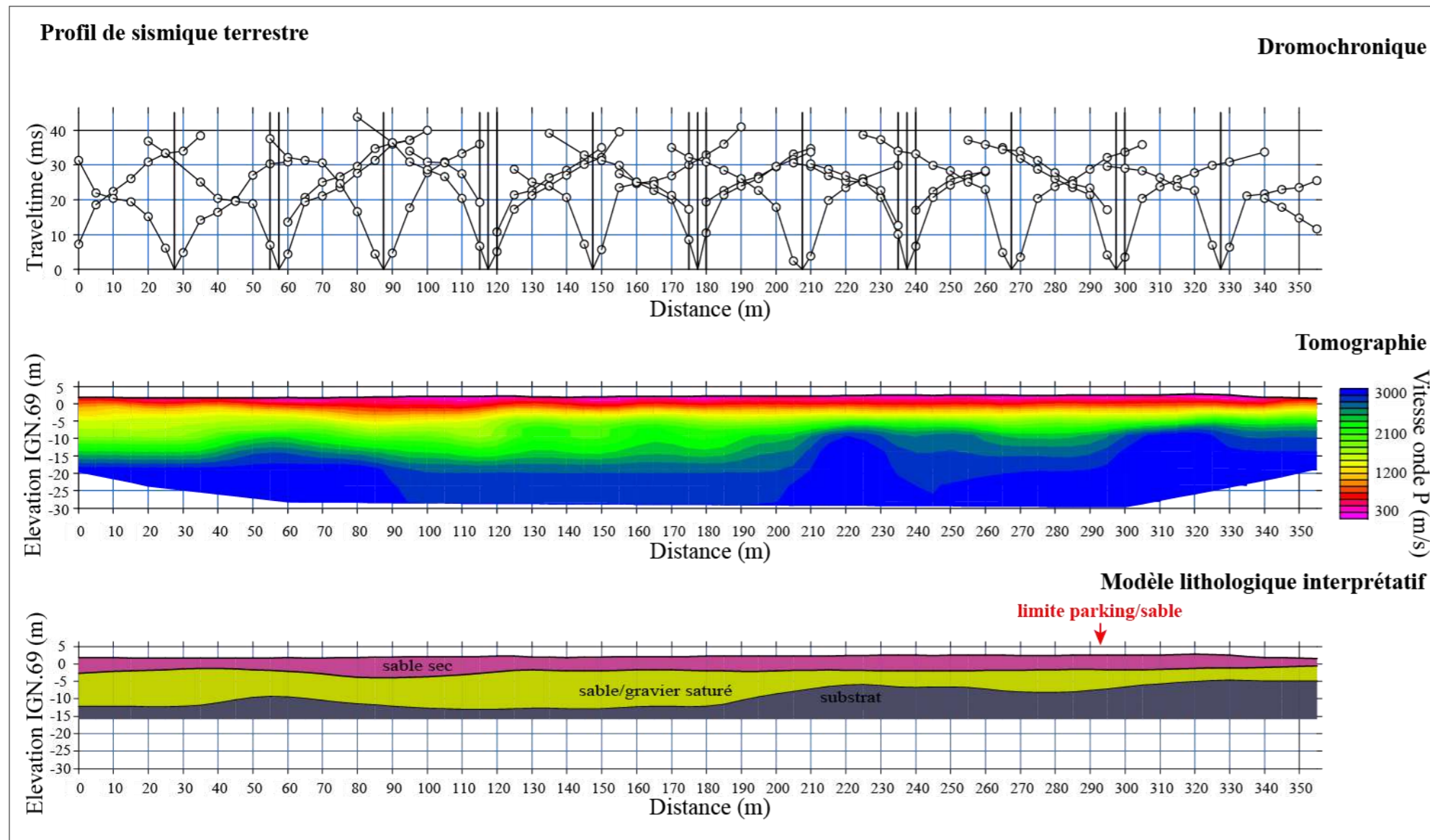
Géoradar : Le signal pénètre jusqu'à l'altitude de -1 m IGN.69 au maximum avant d'être perturbé soit par l'intrusion saline ou par d'éventuels zones de remobilisation sédimentaire d'origine anthropique.

Stock sableux de l'avant-côte : Le volume de l'USU est compris entre 1500 et 2500 m3/ml suivant les profils. Son épaisseur est de l'ordre de 3-5 m. Néanmoins, le substrat induré peut être affleurant dans certains secteurs des petits fonds et la fosse interne.

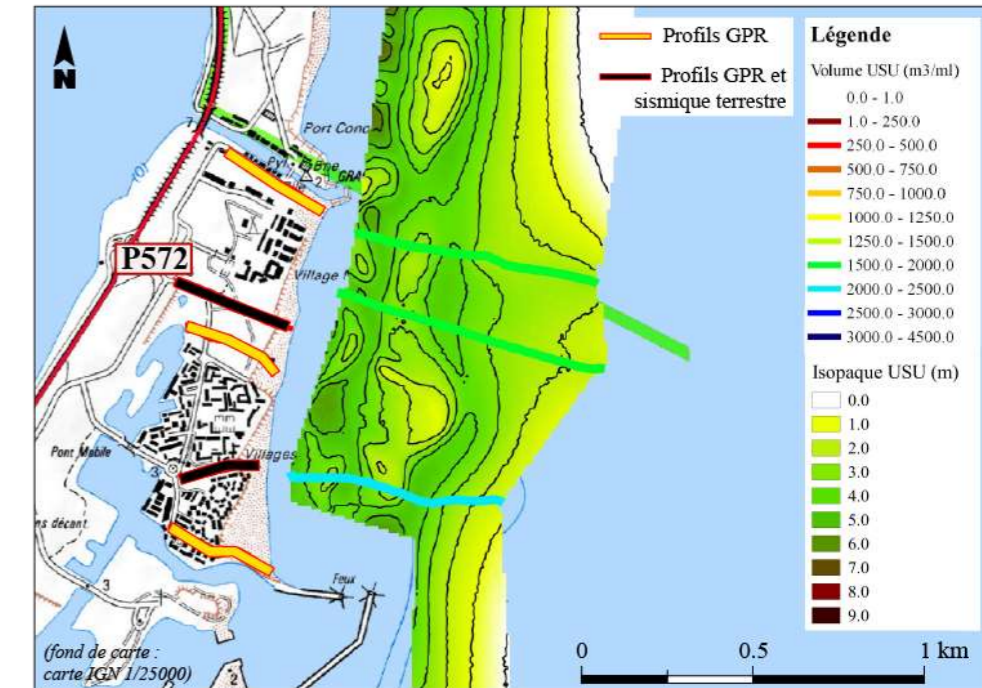
Indice: Terre : faible (~5 m) Mer : faible (0-1000 m3/ml)
 moyen (~5 -15 m) moyen (1000-2000 m3/ml)
 fort (> 15 m) fort (> 2000 m3/ml)

N. ROBIN, O. RAYNAL, M. ROLLAND, C. SOTIN, B. HEBERT, R. CERTAIN, 2021. Estimation des stocks sableux à terre et en mer sur le territoire de l'Obscat, rapport OBSCAT, p. 62.

CEFREM, Université de Perpignan



Carte de localisation des données et volume du stock en mer



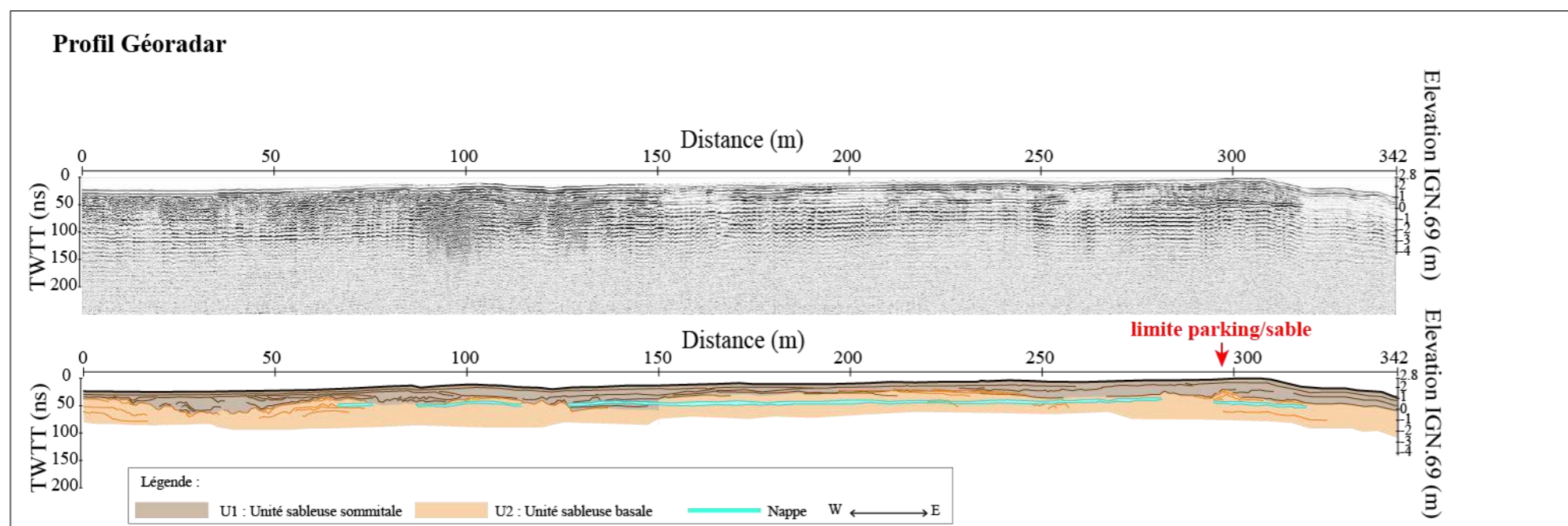
Commentaires

Sismique terrestre : La donnée indique la présence d'un remplissage sableux au-dessus d'un substrat dont la nature est incertaine (rocheux ou sédiment induré) comme sur le site 1. Le toit de ce dernier est identifié à une altitude de l'ordre de -10/-15 IGN.69 excepté sur la section vers la plage où il est identifié à une altitude de l'ordre de -5 m IGN. Les vitesses dans le sédiment saturé semblent montrer des sédiments plus fins dans le sud de la zone.

Géoradar : Le signal pénètre jusqu'à l'altitude de -1 m IGN.69 au maximum avant d'être perturbé soit par l'intrusion saline ou par d'éventuels zones de remobilisation sédimentaire d'origine anthropique. Le toit de la nappe est à 0 m IGN.69.

Stock sableux de l'avant-côte : Le volume de l'USU est compris entre 1500 et 2500 m³/ml suivant les profils. Son épaisseur est de l'ordre de 3-5 m avec une organisation classique d'épaisseur plus importante au niveau des barres d'avant-côte et plus faible dans les fosses.

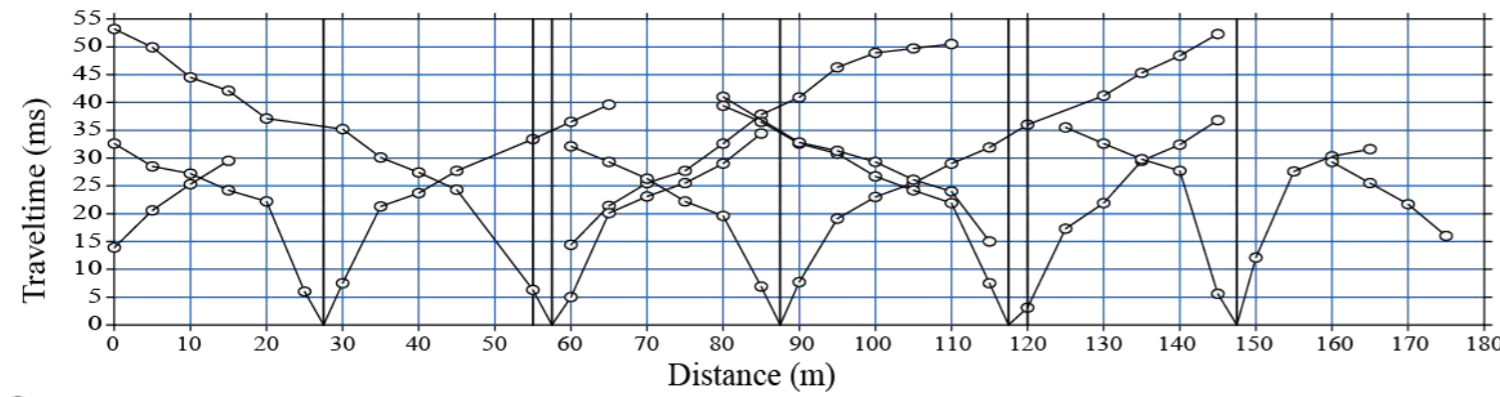
Indice : Terre : faible (~5 m) Mer : faible (0-1000 m³/ml)
moyen (~5 -15 m) moyen (1000-2000 m³/ml)
fort (> 15 m) fort (> 2000 m³/ml)



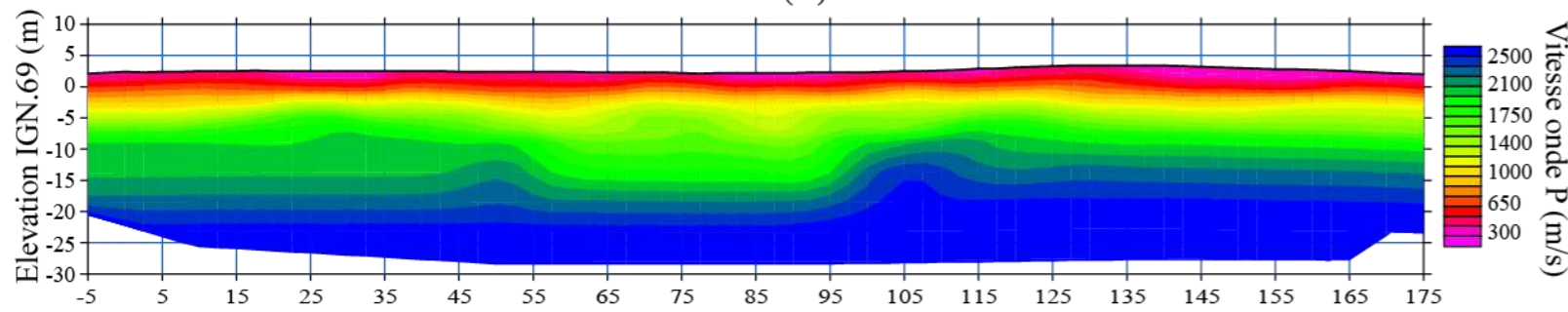
N. ROBIN, O. RAYNAL, M. ROLLAND, C. SOTIN, B. HEBERT, R. CERTAIN, 2021. Estimation des stocks sableux à terre et en mer sur le territoire de l'Obscat, rapport OBSCAT, p. 62.

CEFREM, Université de Perpignan

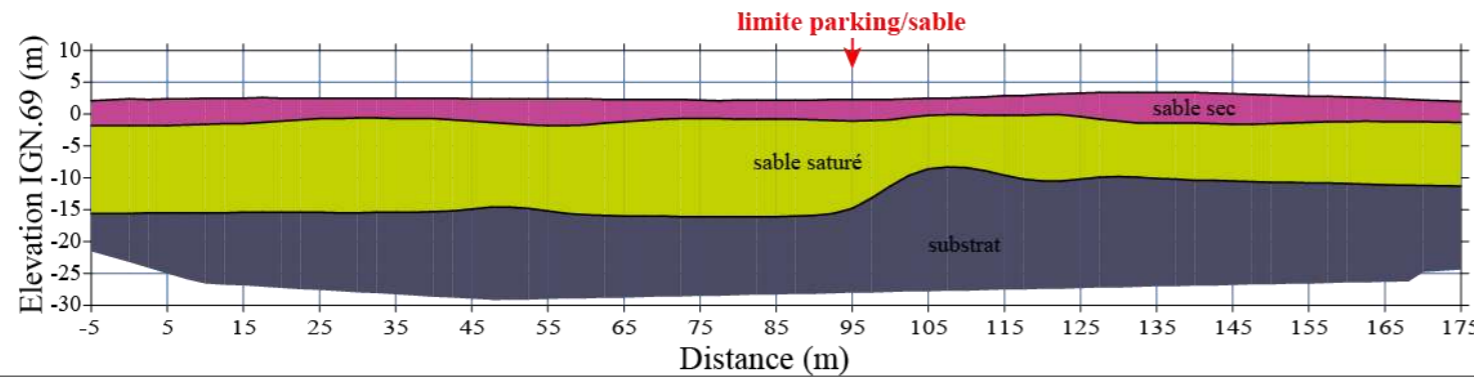
Profil de sismique terrestre



Dromochronique

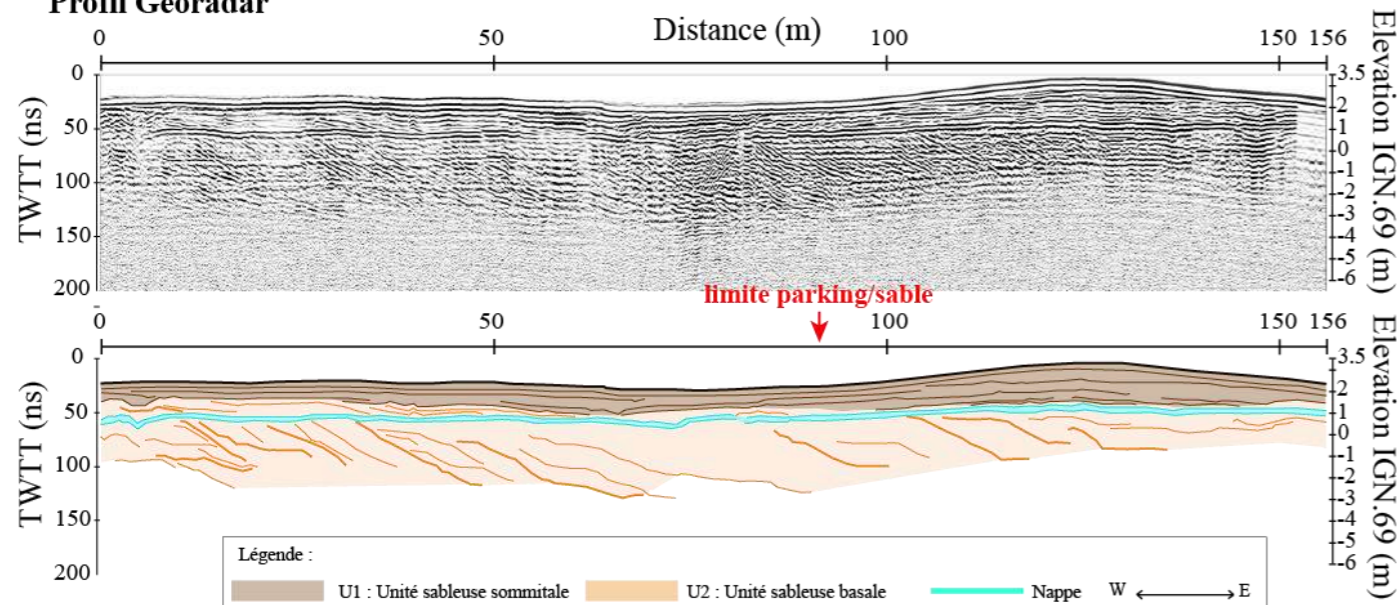


Tomographie

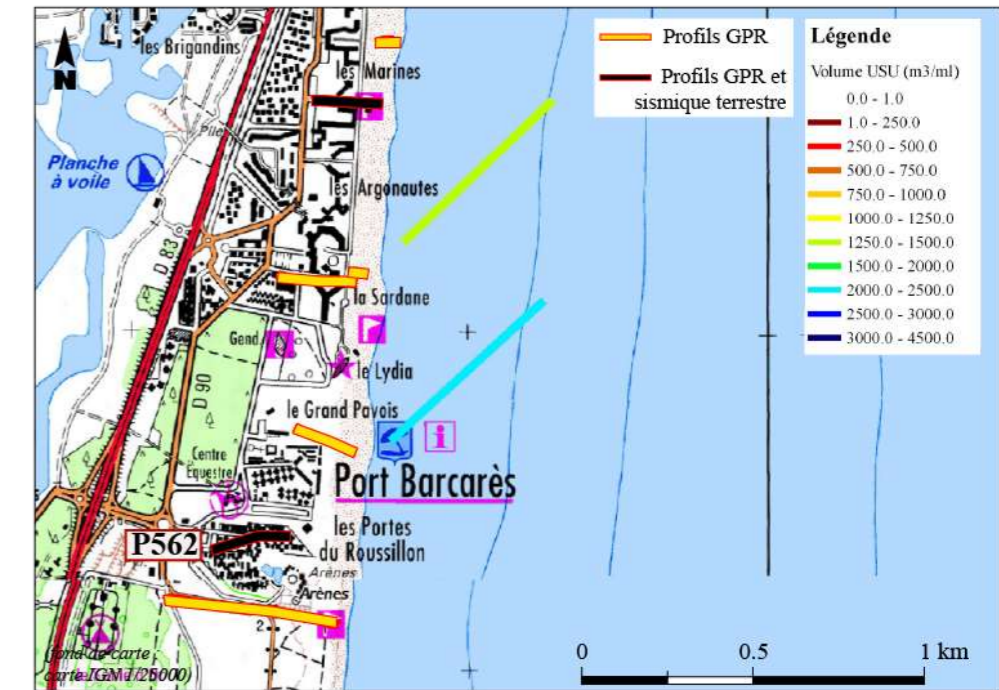


Modèle lithologique interprétatif

Profil Géoradar



Carte de localisation des données et volume du stock en mer



Commentaires

Sismique terrestre : La donnée indique sur le P565 une homogénéité des vitesses qui ne permet pas une hypothèse en terme de lithologie à partir de -10 m IGN.69 (cf partie méthodologique). Sur le P562, le modèle tomographique montre la présence d'un substrat dont le toit varie entre -15 et -10 m IGN.69 lorsqu'on se rapproche au voisinage de la côte.

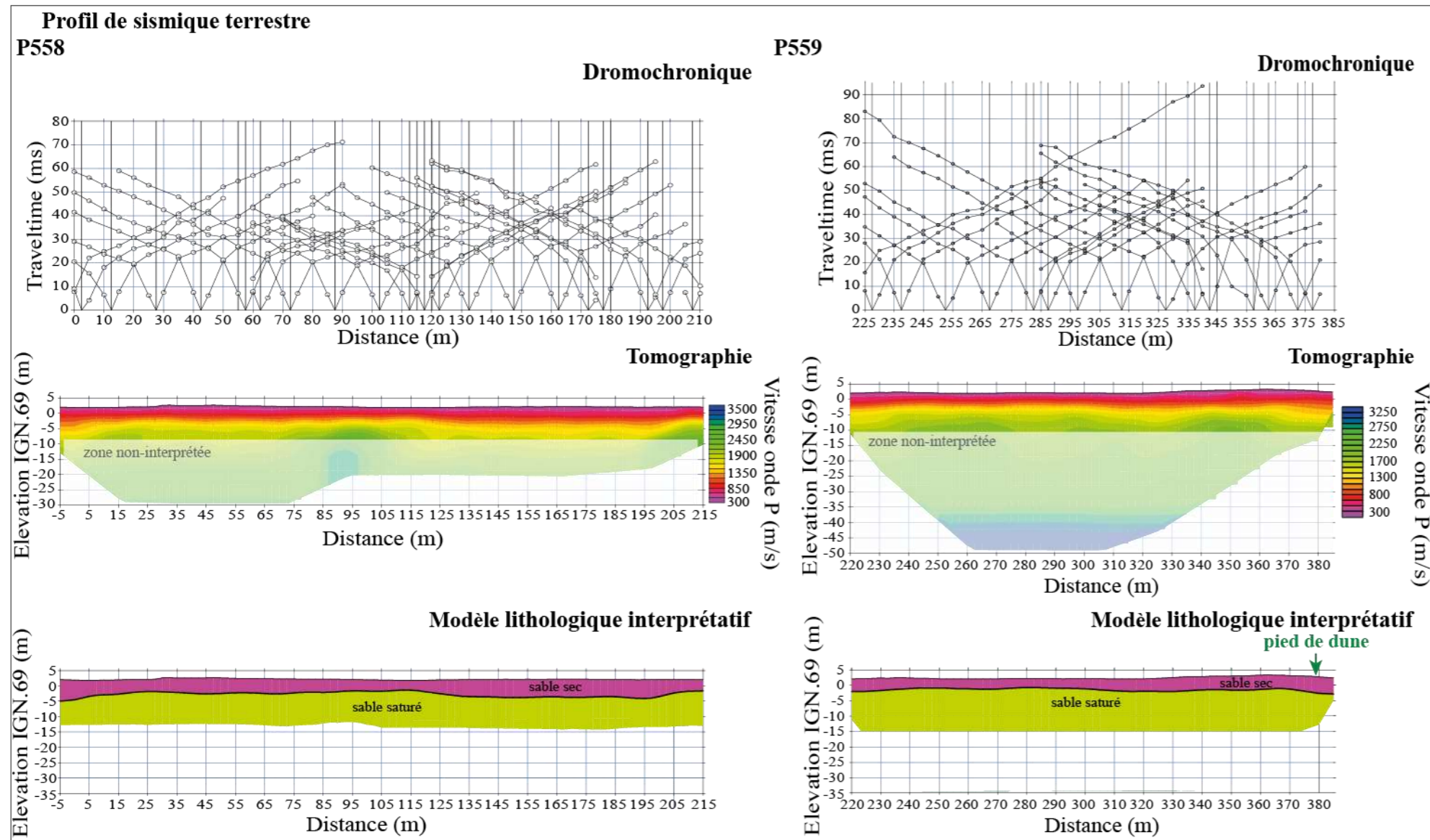
Géoradar : Le signal pénètre jusqu'à l'altitude de -4 m IGN.69 au maximum avant d'être perturbé par l'intrusion saline. Chaque profil confirme la présence d'une couche sédimentaire avec des réflecteurs orientés vers la mer en relation avec la construction du littoral sauf un niveau de la dune moderne (aggradation). Le toit de la nappe est à 0 m IGN.69.

Stock sableux de l'avant-côte : Le volume de l'USU est compris entre 1250 et 2500 m3/ml suivant les deux profils disponibles sur cette zone.

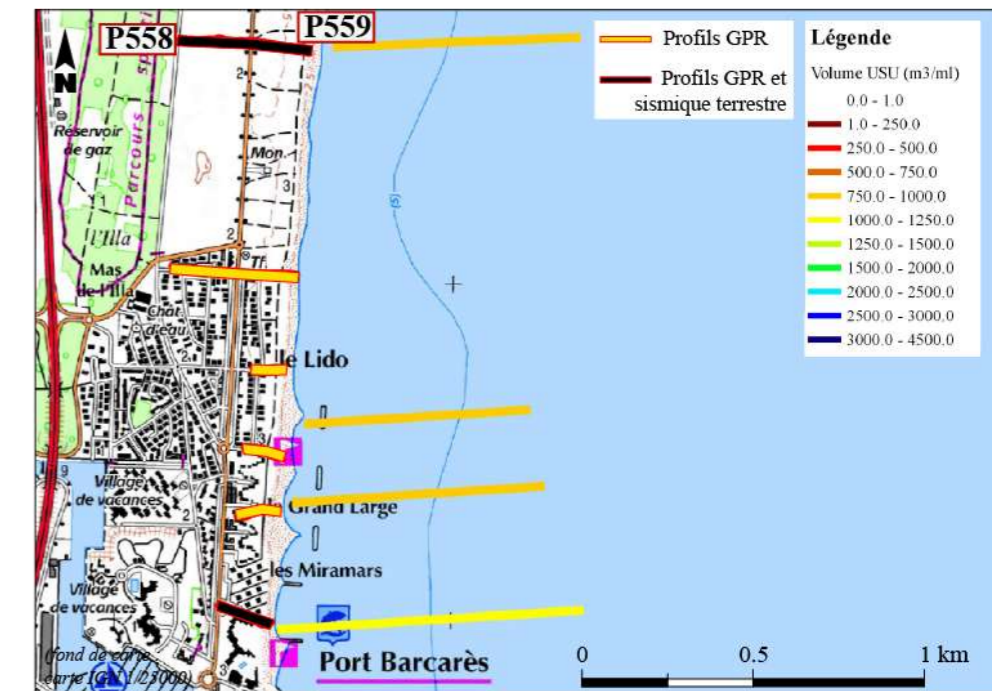
Indice: Terre : faible (~5 m)	Mer : faible (0-1000 m3/ml)
moyen (~5 -15 m)	moyen (1000-2000 m3/ml)
fort (> 15 m)	fort (> 2000 m3/ml)

N. ROBIN, O. RAYNAL, M. ROLLAND, C. SOTIN, B. HEBERT, R. CERTAIN, 2021. Estimation des stocks sableux à terre et en mer sur le territoire de l'Obscat, rapport OBSCAT, p. 62.

CEFREM, Université de Perpignan



Carte de localisation des données et volume du stock en mer



Commentaires

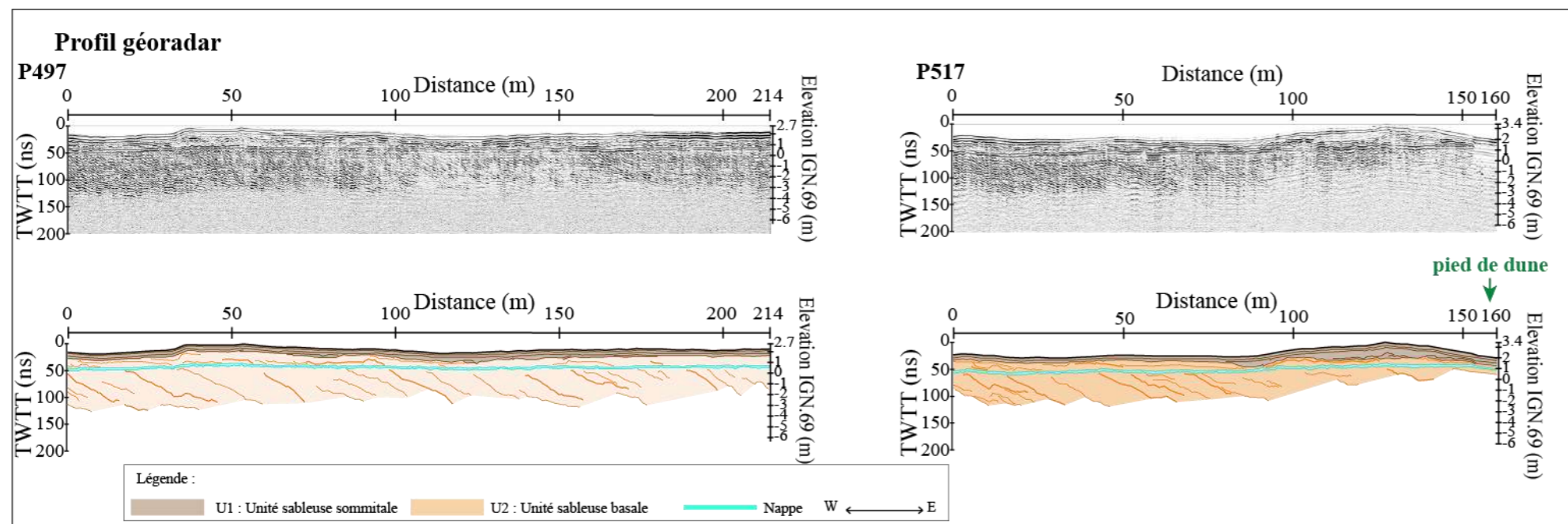
Sismique terrestre : Le schéma de pénétration des ondes (annexe) montre que l'interprétation en dessous de -10/-15 m IGN.69 est impossible. La donnée indique la présence d'un remplissage sableux au moins jusqu'à cette limite. Comme sur chaque profil du Roussillon, la limite sédiment sec/saturé est conforme aux observations du géoradar.

Géoradar : Le signal arrive à pénétrer jusqu'à l'altitude de -4 m IGN.69 au maximum sur certains secteurs avant d'être perturbé par l'intrusion saline. Chaque profil confirme la présence d'une couche sédimentaire avec une structure générale de réflecteurs orientés vers la mer en relation avec la construction du littoral. Le toit de la nappe est à 0 m IGN.69.

Stock sableux de l'avant-côte : Le volume de l'USU est compris entre 750 et 1000 m³/ml pour les profils au nord des Miramars et entre 1000 et 1250 m³/ml au sud de celui-ci.

Indice: Terre : faible (~5 m) moyen (~5 -15 m) fort (> 15 m)

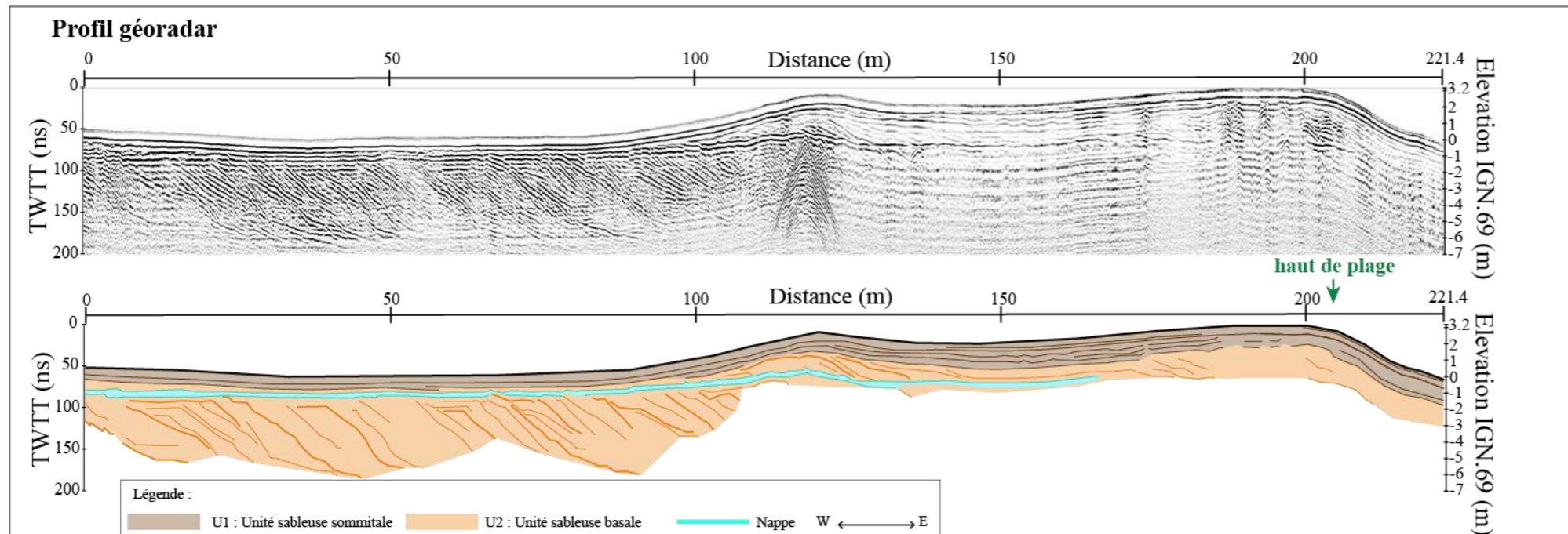
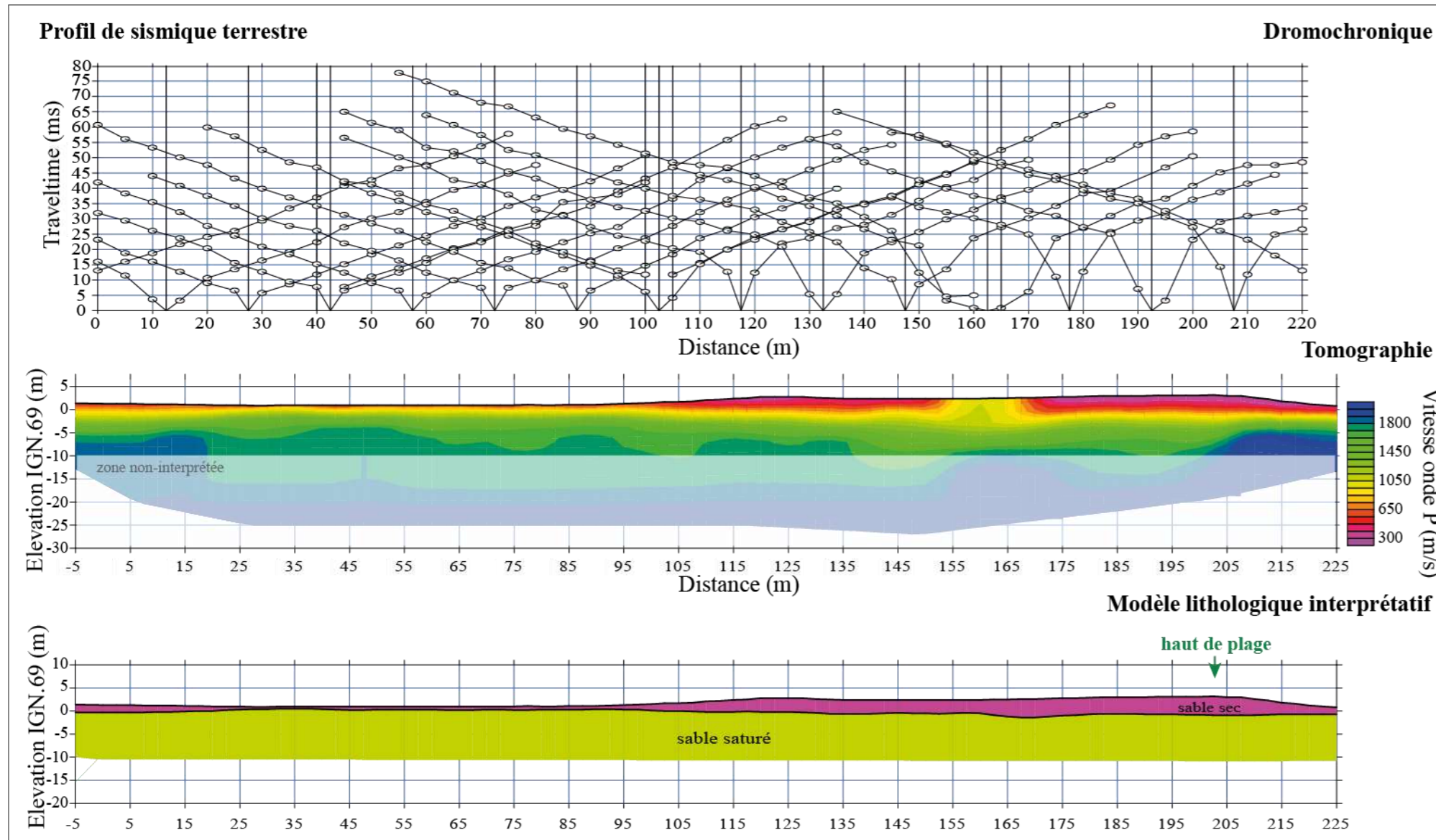
Mer : faible (0-1000 m³/ml) moyen (1000-2000 m³/ml) fort (> 2000 m³/ml)



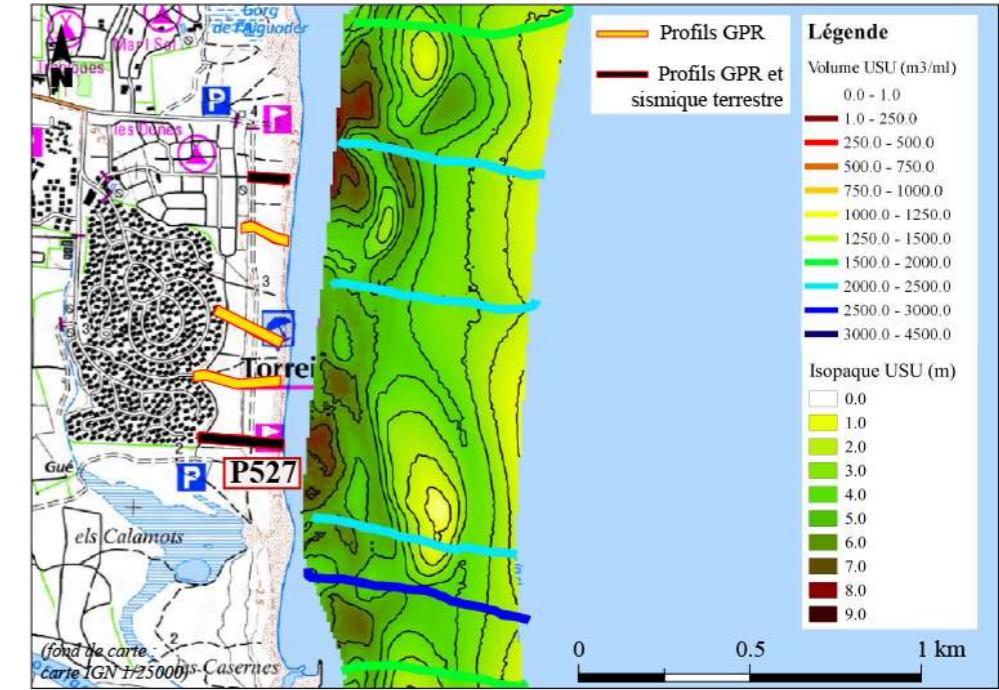
N. ROBIN, O. RAYNAL, M. ROLLAND, C. SOTIN, B. HEBERT, R. CERTAIN, 2021. Estimation des stocks sableux à terre et en mer sur le territoire de l'Obscat, rapport OBSCAT, p. 62.

CEFREM, Université de Perpignan

Zone 5 : Toreilles villages des sables (Profil 527)



Carte de localisation des données et volume du stock en mer



Commentaires

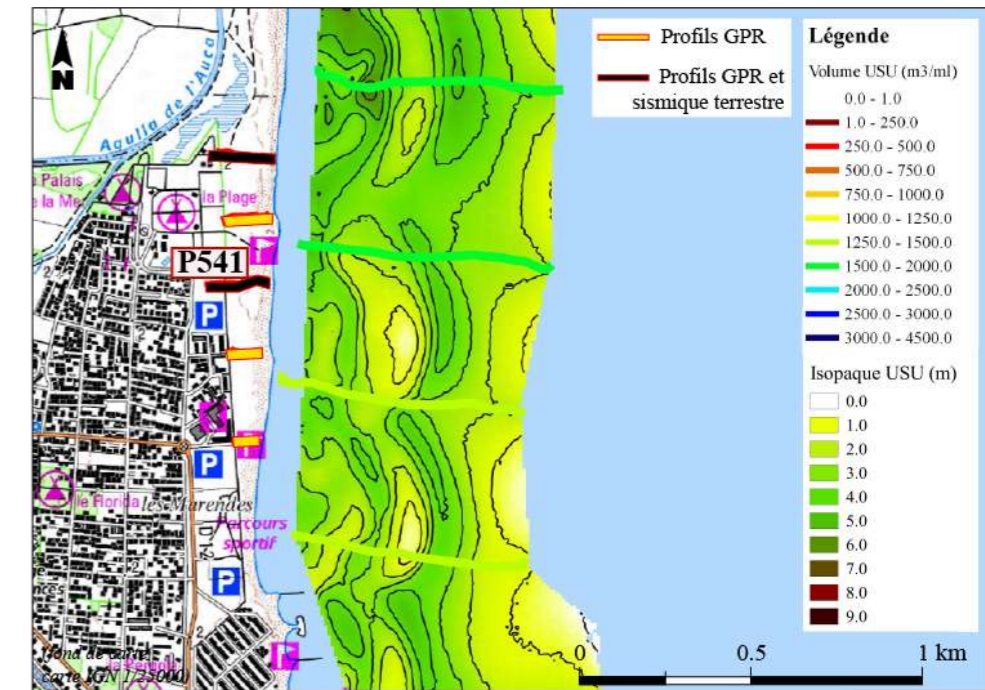
Sismique terrestre : La donnée indique la présence d'un sédiment sableux jusqu'à une altitude minimum de -15 m IGN.69 sur P527 et -10 m IGN.69 sur P523. Ce sédiment semble de constitution relativement homogène sur chaque profil.

Géoradar : Le signal pénètre jusqu'à l'altitude -4 m IGN.69 avant d'être perturbé par l'intrusion saline. Le toit de la nappe est identifiable vers 0 m IGN.69. Chaque profil confirme la présence d'une couche sédimentaire avec des réflecteurs orientés vers la mer sauf un niveau de la dune moderne (aggradation). La donnée permet l'identification d'un grand nombre d'objets métalliques en profondeur (P529/P530/P531).

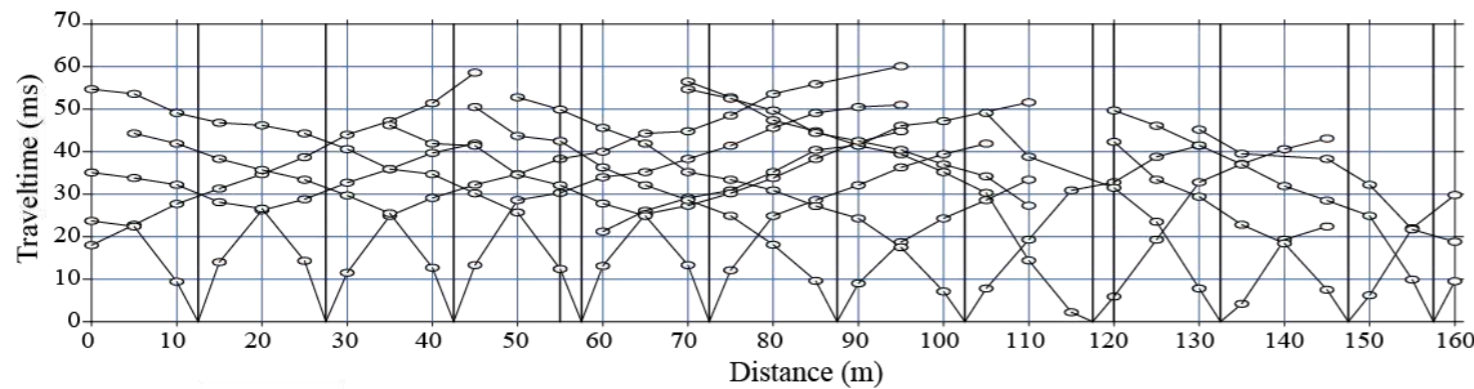
Stock sableux de l'avant-côte : Le volume de l'USU est compris entre 1250 et 3000 m3/ml suivant les profils. Il est relativement plus important au droit du « village des sables ». Son épaisseur est de l'ordre de 3-5 m, diminuant dans la fosse et vers le large.

Indice: Terre : faible (~5 m)	Mer : faible (0-1000 m3/ml)
moyen (~5 -15 m)	moyen (1000-2000 m3/ml)
fort (> 15 m)	fort (> 2000 m3/ml)

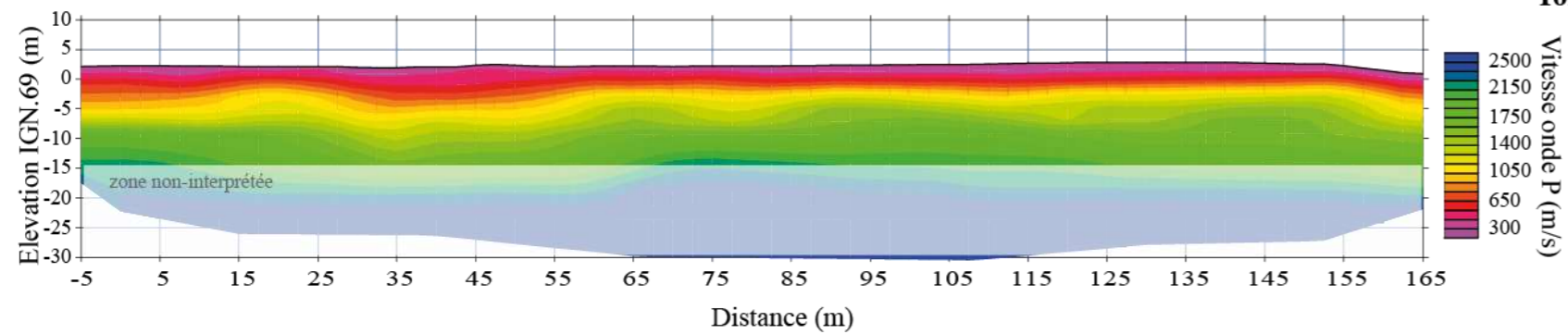
N. ROBIN, O. RAYNAL, M. ROLLAND, C. SOTIN, B. HEBERT, R. CERTAIN, 2021. Estimation des stocks sableux à terre et en mer sur le territoire de l'Obscat, rapport OBSCAT, p. 62.



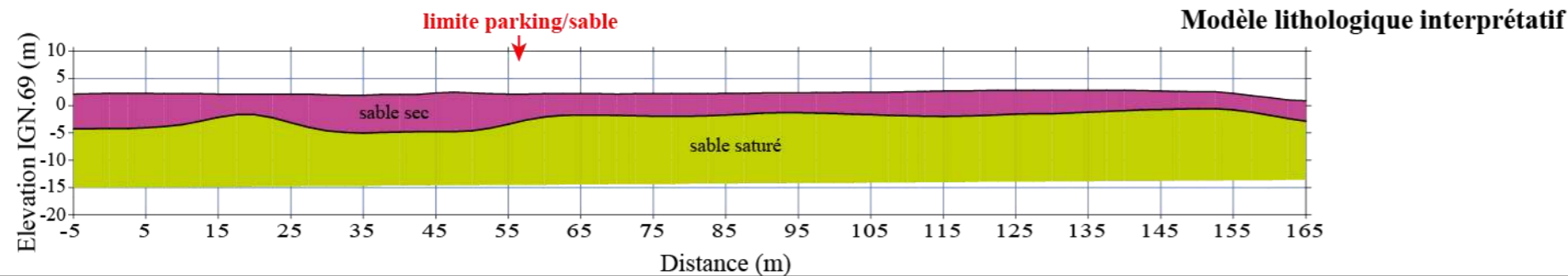
Profil de sismique terrestre



Dromochronique

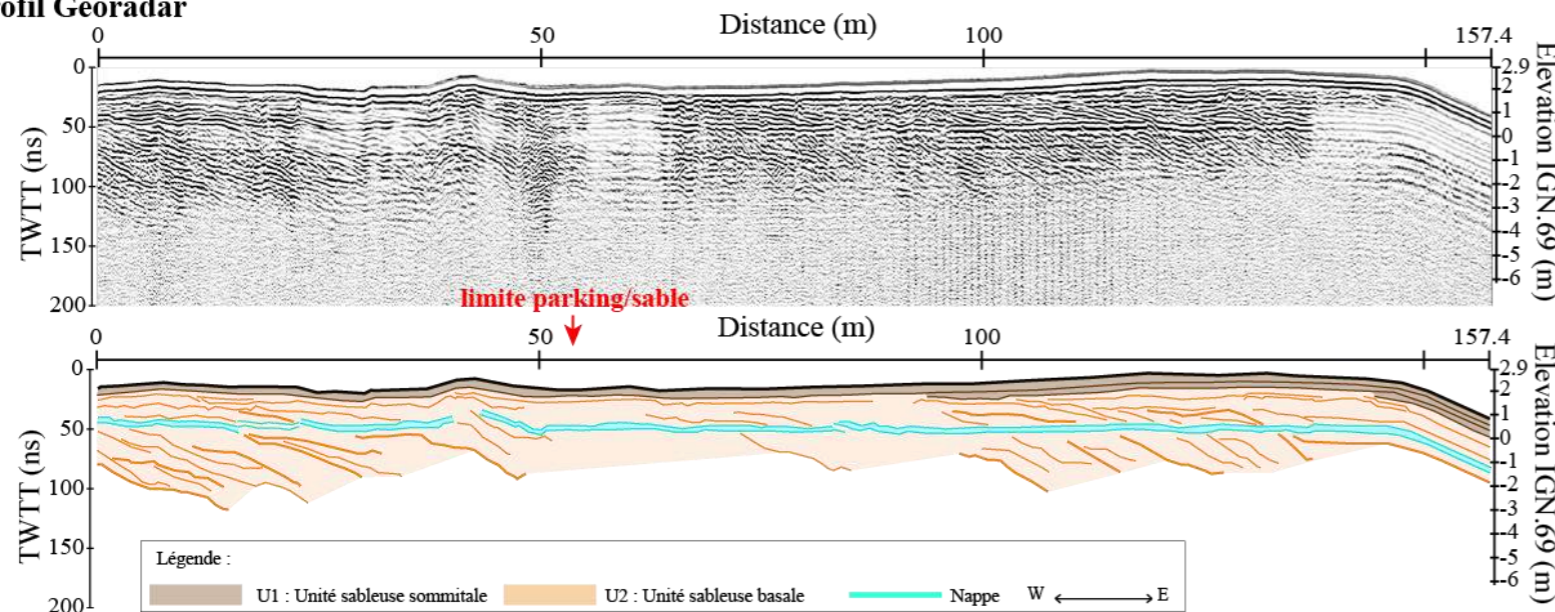


Tomographie



Modèle lithologique interprétatif

Profil Géoradar



Commentaires

Sismique terrestre : La donnée indique la présence d'un sédiment sableux jusqu'à une altitude minimum de -20 m IGN.69 sur P541 et -15 m IGN.69 sur P543. Ce sédiment semble de constitution relativement homogène sur chaque profil.

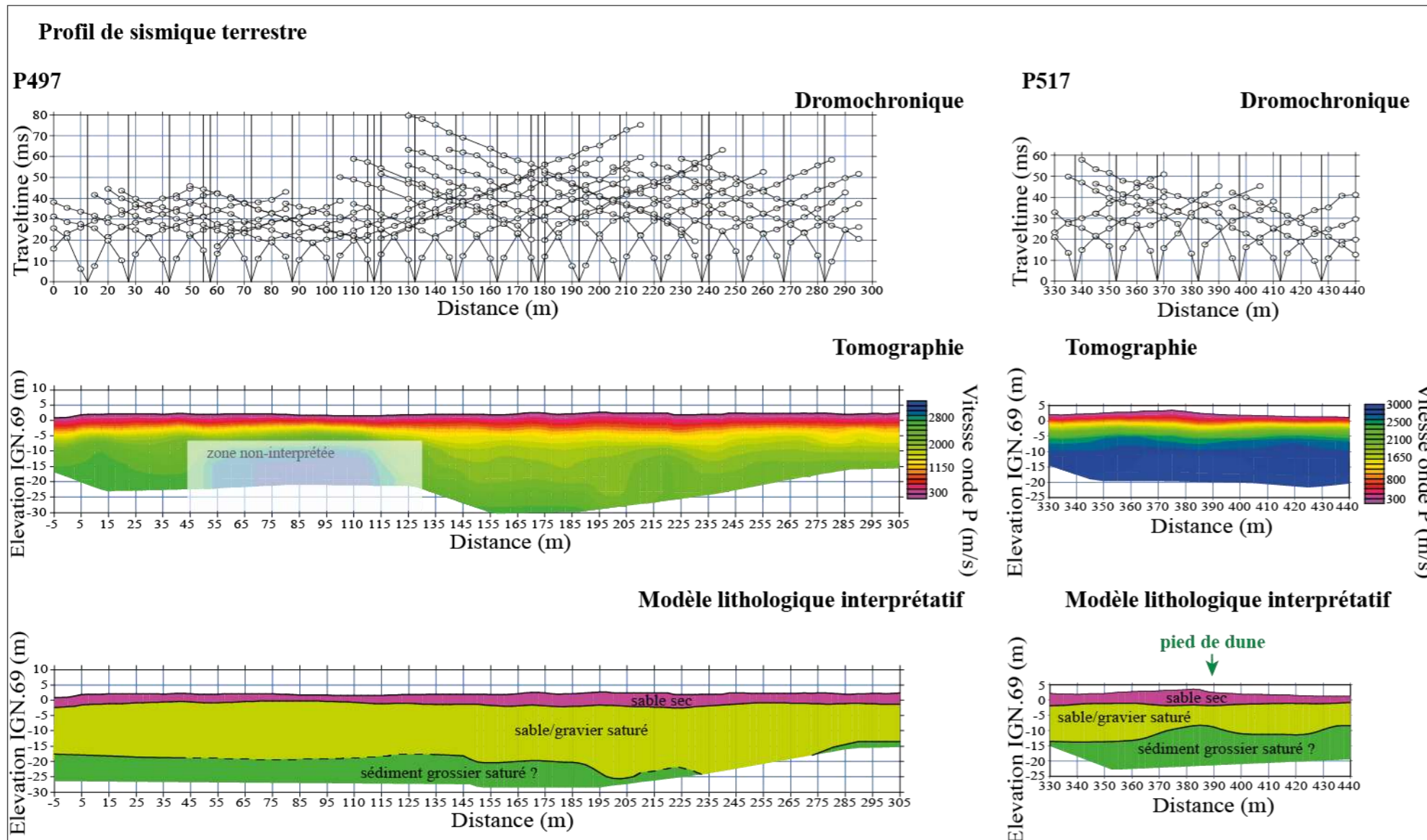
Géoradar : Le signal pénètre jusqu'à l'altitude -4 m IGN.69 avant d'être perturbé par l'intrusion saline. Le toit de la nappe est identifiable vers 0 m IGN.69. Chaque profil confirme la présence d'une couche sédimentaire avec des réflecteurs principalement orientés vers la mer.

Stock sableux de l'avant-côte : Le volume de l'USU est compris entre 1250 et 2000 m³/ml suivant les profils. Sa répartition est relativement homogène le long de la côte. Son épaisseur est de l'ordre de 2-4 m.

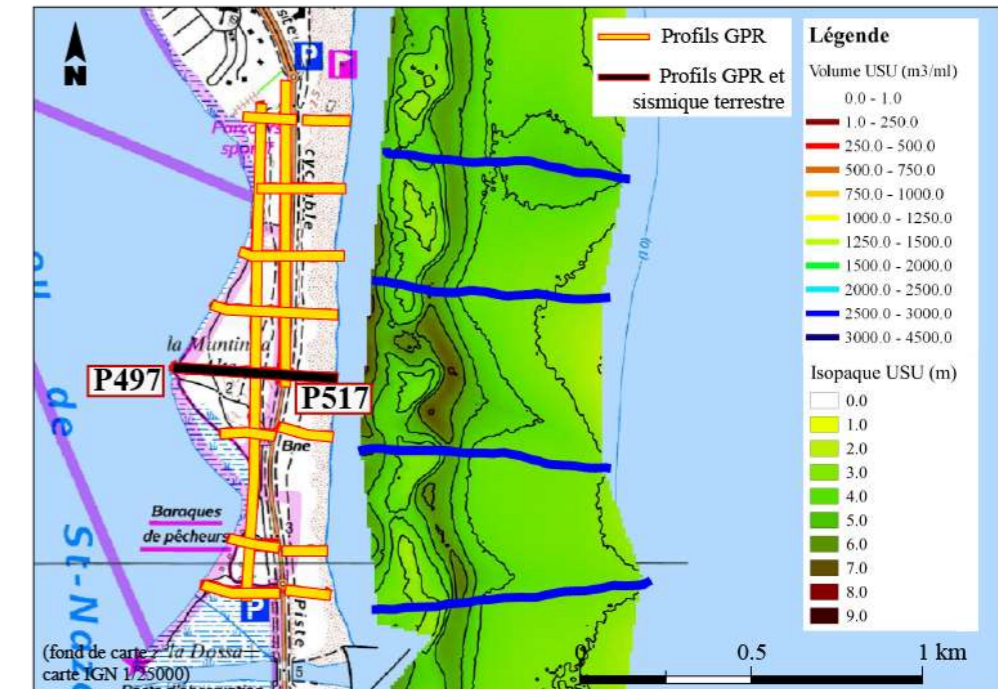
Indice: Terre : faible (~5 m) moyen (~5 -15 m) fort (> 15 m)
 Mer : faible (0-1000 m³/ml) **moyen (1000-2000 m³/ml)** fort (> 2000 m³/ml)

N. ROBIN, O. RAYNAL, M. ROLLAND, C. SOTIN, B. HEBERT, R. CERTAIN, 2021. Estimation des stocks sableux à terre et en mer sur le territoire de l'Obscat, rapport OBSCAT, p. 62.

CEFREM, Université de Perpignan



Carte de localisation des données et volume du stock en mer



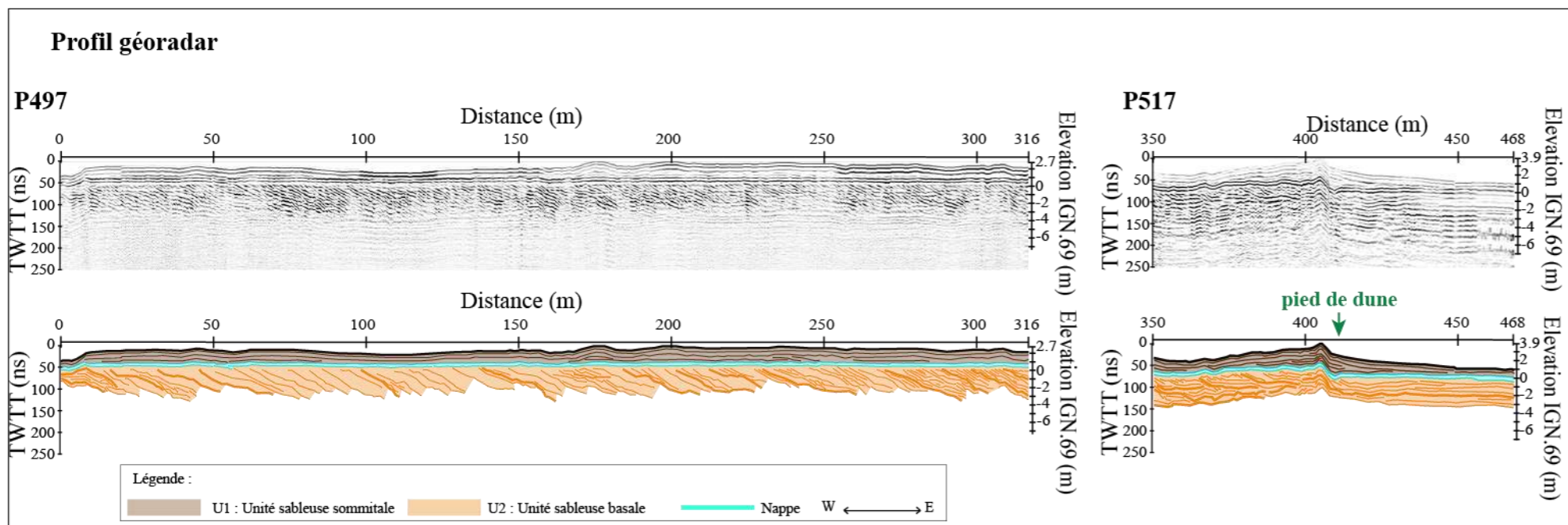
Commentaires

Sismique terrestre : Le schéma de pénétration des ondes (annexe) montre que l'interprétation en dessous de -15 m IGN.69 est aléatoire. La donnée indique la présence d'un remplissage sableux avec possiblement des graviers au moins jusqu'à cette limite. Plus en profondeur, une évolution vers une lithologie plus grossière semble être observée, cependant elle doit être confirmée.

Géoradar : Le signal possède une bonne pénétration pouvant atteindre l'altitude de -5 m IGN.69 (P519). De manière générale, la donnée permet de visualiser la construction du littoral par des réflecteurs orientés vers la mer et la présence d'un sédiment sableux avec des galets.

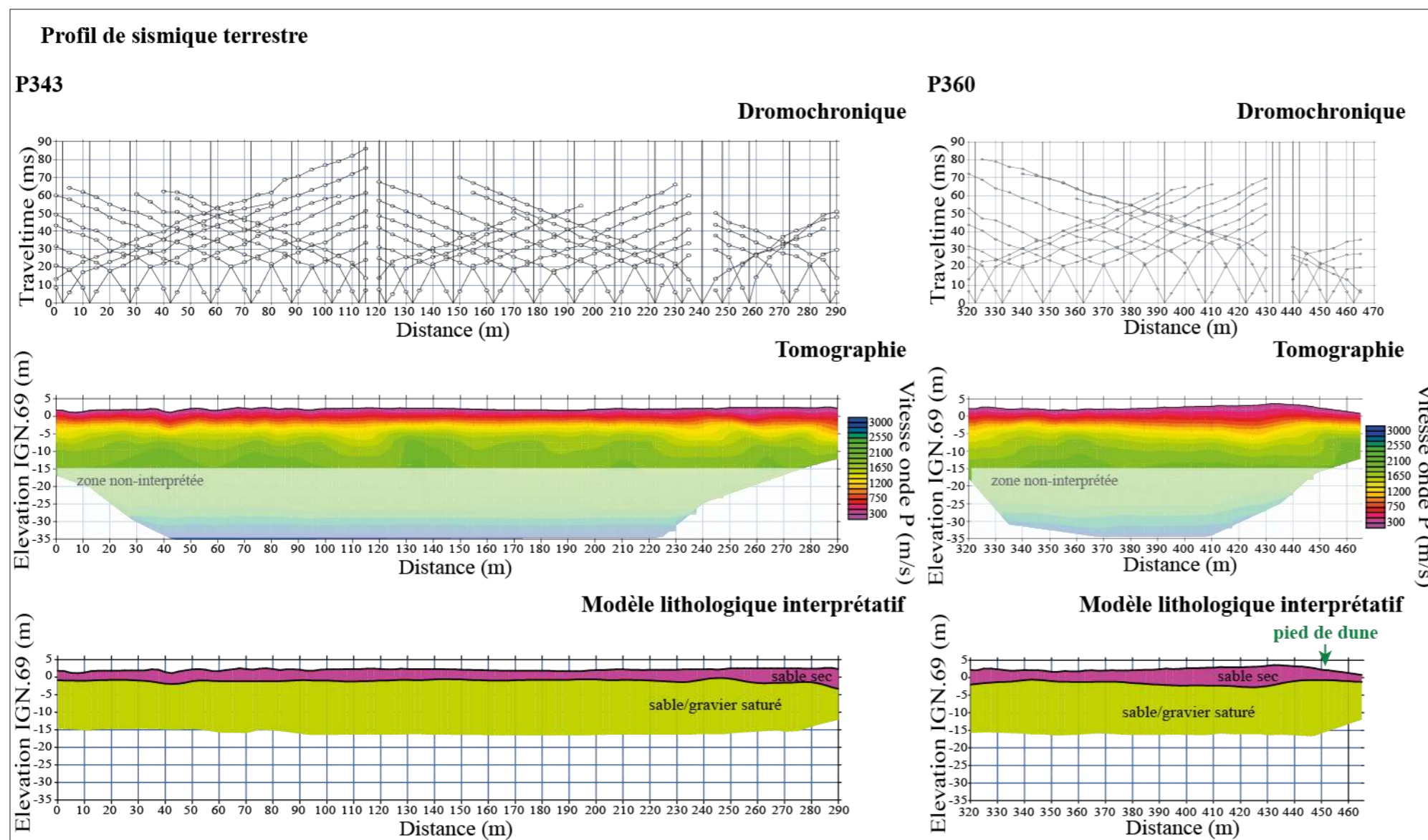
Stock sableux de l'avant-côte : Le secteur au nord du pont des basses possède le volume de l'USU le plus important du Roussillon. Il est compris entre 2500 et 3000 m³/ml suivant une répartition relativement homogène le long de la côte. Son épaisseur est de l'ordre de 4-6 m.

Indice: Terre : faible (~5 m) Mer : faible (0-1000 m³/ml)
 moyen (~5 -15 m) moyen (1000-2000 m³/ml)
fort (> 15 m) **fort (> 2000 m³/ml)**

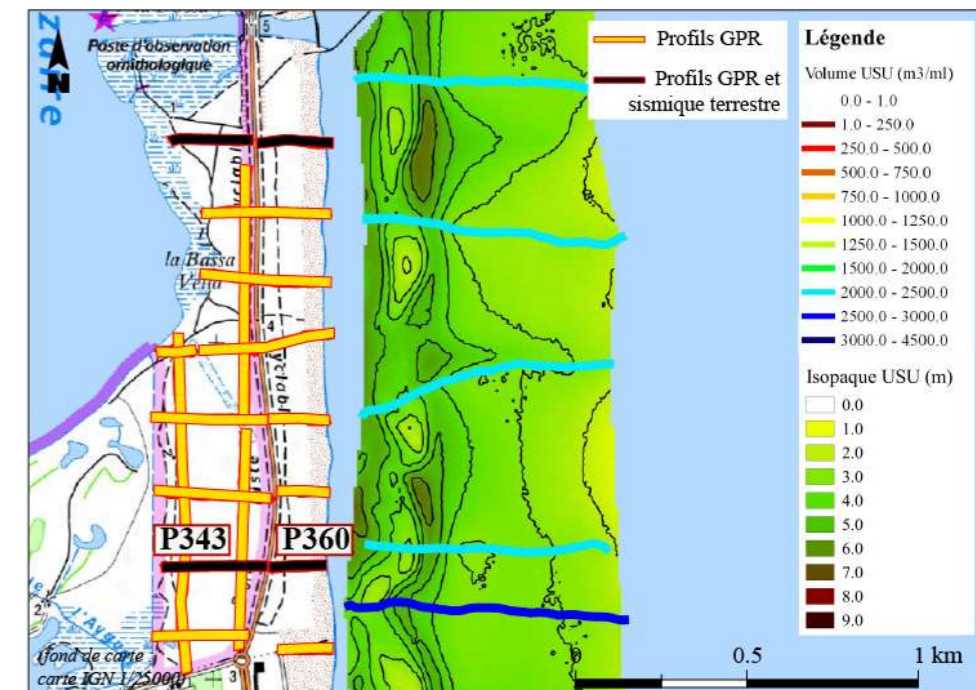


N. ROBIN, O. RAYNAL, M. ROLLAND, C. SOTIN, B. HEBERT, R. CERTAIN, 2021. Estimation des stocks sableux à terre et en mer sur le territoire de l'Obscat, rapport OBSCAT, p. 62.

CEFREM, Université de Perpignan



Carte de localisation des données et volume du stock en mer



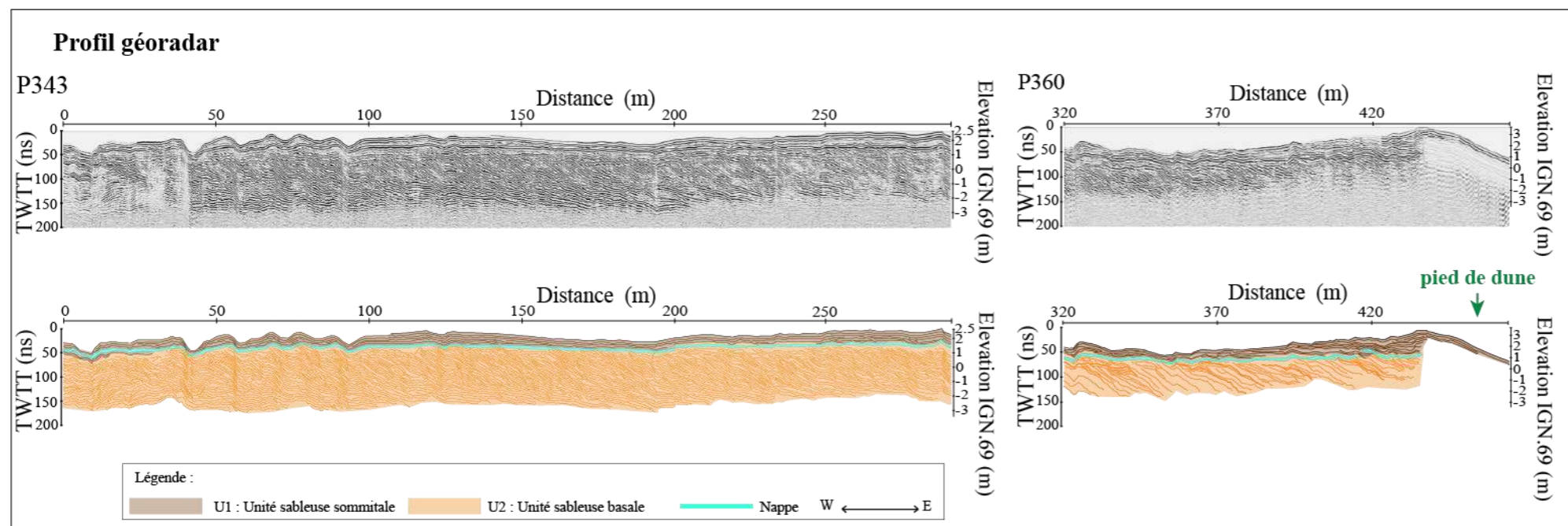
Commentaires

Sismique terrestre : Le schéma de pénétration des ondes (annexe) montre que l'interprétation en dessous de -15 m IGN.69 est délicate comme sur le site de Canet lido nord. La donnée indique la présence d'un remplissage sableux avec possiblement des graviers au moins jusqu'à cette limite. Comme sur chaque profil du Roussillon, la limite sédiment sec/saturé est conforme aux observations du géoradar.

Géoradar : Comme sur la partie nord, le signal possède une très bonne qualité. Il pénètre jusqu'à une altitude de -4 m IGN.69 avant d'être perturbé par l'intrusion saline. La donnée permet d'imager la phase d'initiation de la construction de la barrière localisée le long de la lagune (P343 et P356).

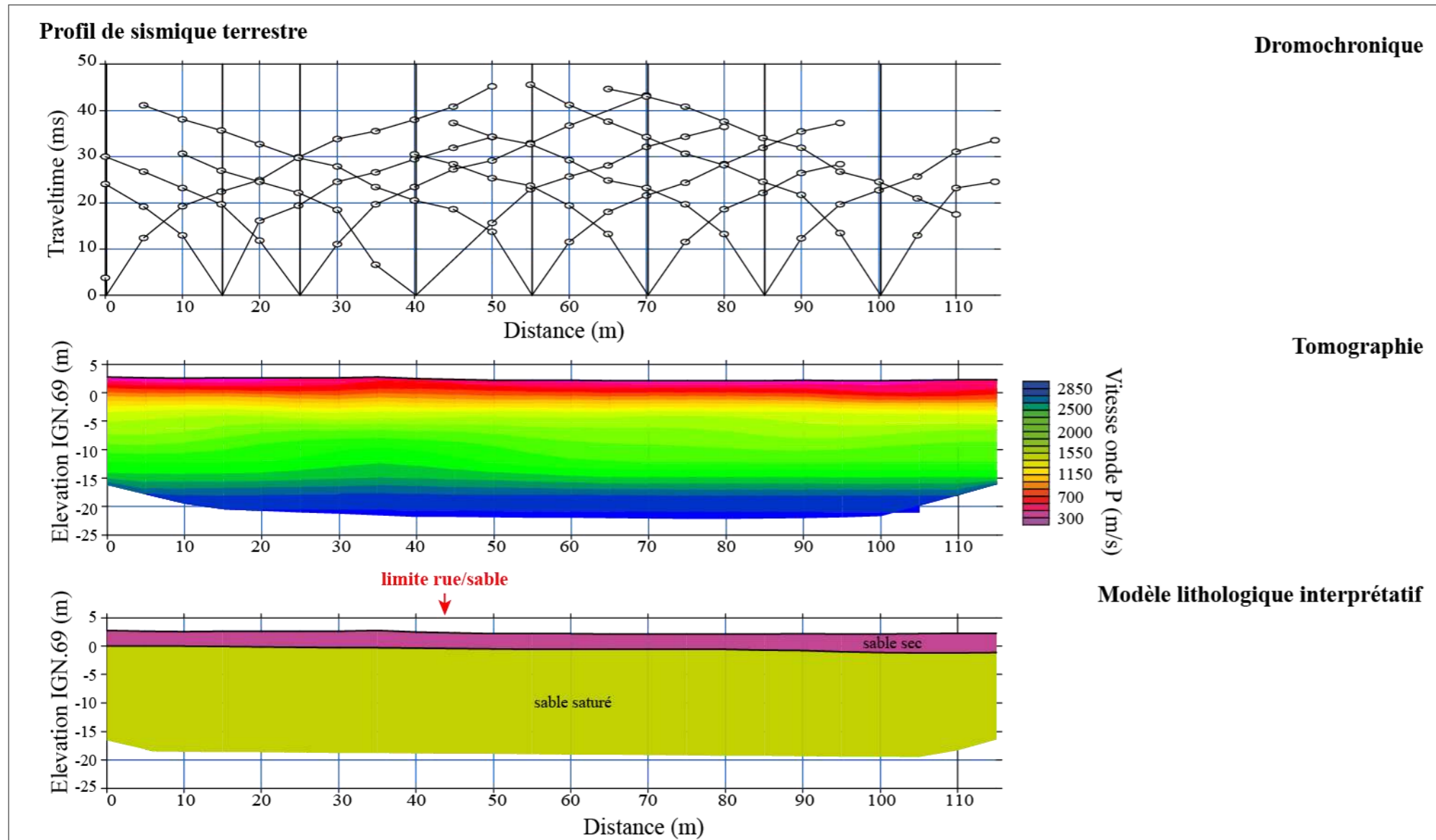
Stock sableux de l'avant-côte : Le secteur au sud du pont des basses possède un volume de l'USU important. Il est compris entre 2000 et 2500 m³/ml de manière relativement homogène le long de la côte. Son épaisseur est de l'ordre de 4-6 m.

Indice: Terre : faible (~5 m)	Mer : faible (0-1000 m ³ /ml)
moyen (~5 -15 m)	moyen (1000-2000 m ³ /ml)
fort (> 15 m)	fort (> 2000 m³/ml)

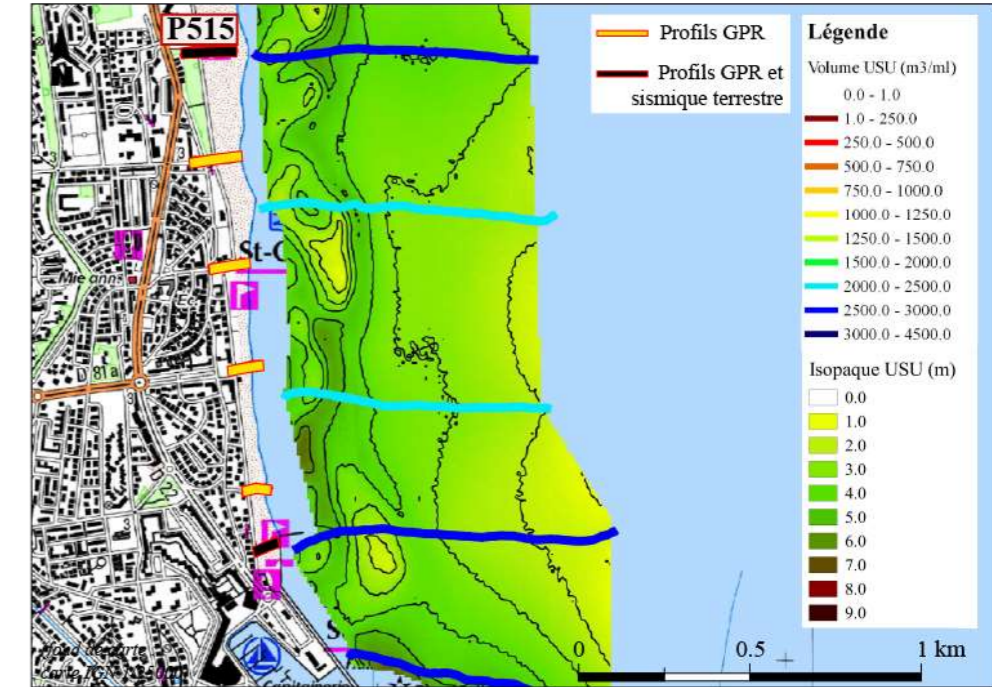


N. ROBIN, O. RAYNAL, M. ROLLAND, C. SOTIN, B. HEBERT, R. CERTAIN, 2021. Estimation des stocks sableux à terre et en mer sur le territoire de l'Obscat, rapport OBSCAT, p. 62.

CEFREM, Université de Perpignan



Carte de localisation des données et volume du stock en mer



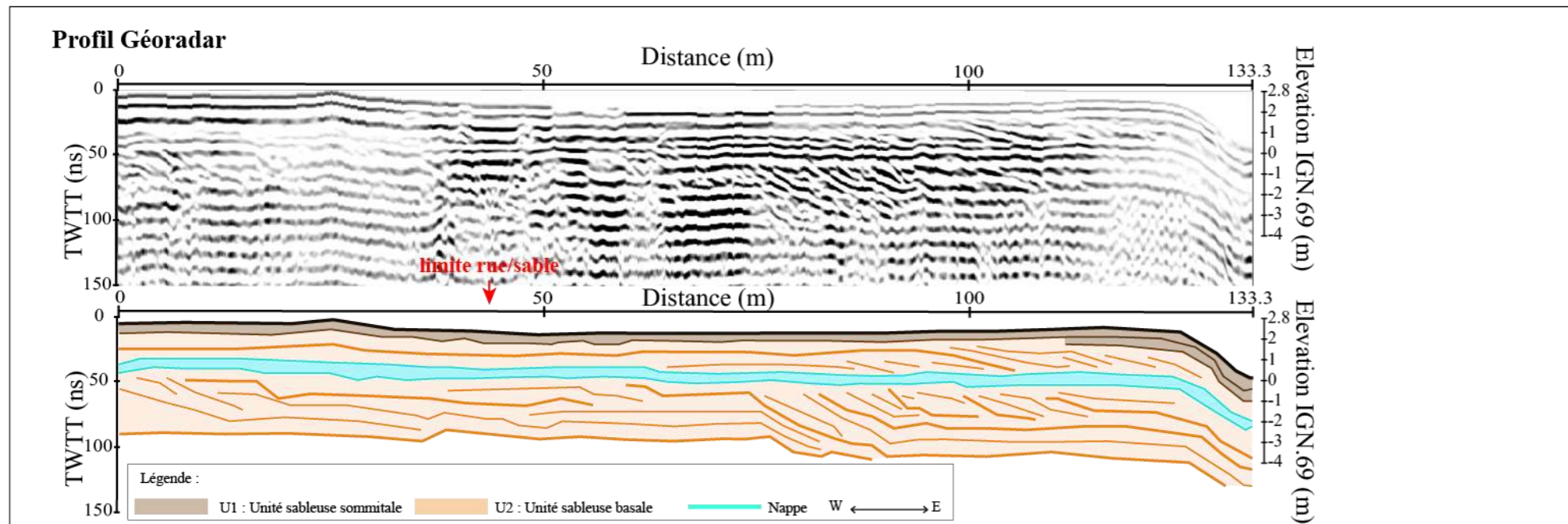
Commentaires

Sismique terrestre : La donnée indique la présence d'un sédiment sableux jusqu'à une altitude minimum de -10 m IGN.69 sur P508 et -18 m IGN.69 sur P515. Ce sédiment semble de constitution homogène tout au long de chaque profil.

Géoradar : Le signal pénètre au maximum sur 6 m d'épaisseur confirmant la présence d'un sédiment sableux jusqu'à l'altitude de -4 m IGN.69. Il est ensuite perturbé par l'intrusion saline. Le toit de la nappe est identifiable vers 0 m IGN.69. L'architecture présente des réflecteurs principalement orientés vers la mer.

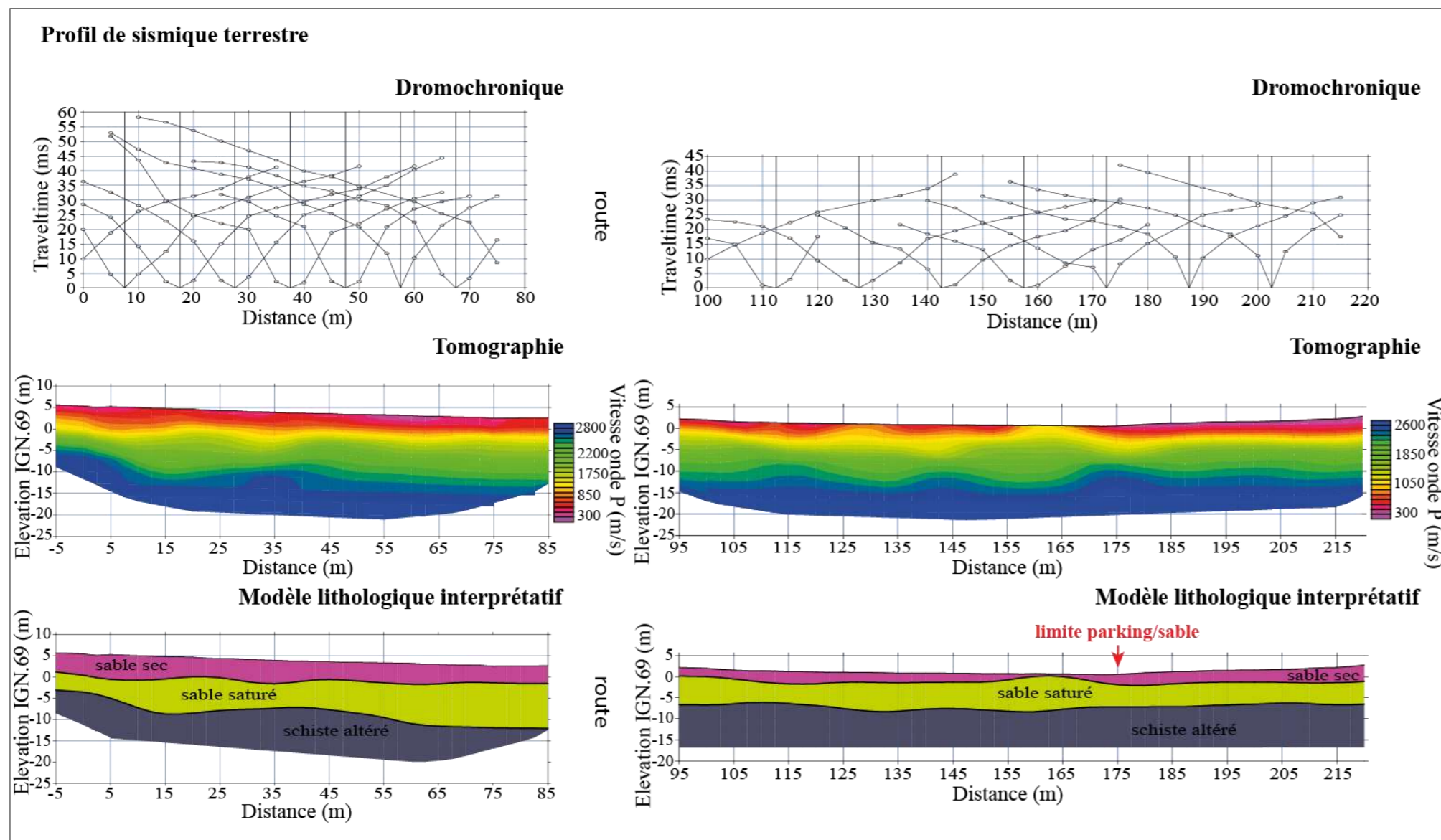
Stock sableux de l'avant-côte : Le volume de l'USU est important, compris entre 2000 et 3000 m3/ml suivant les profils. Sa répartition est relativement homogène le long de la côte avec des épaisseurs de l'ordre de 3-5 m.

Indice: Terre : faible (~5 m)	Mer : faible (0-1000 m3/ml)
moyen (~5 -15 m)	moyen (1000-2000 m3/ml)
fort (> 15 m)	fort (> 2000 m3/ml)

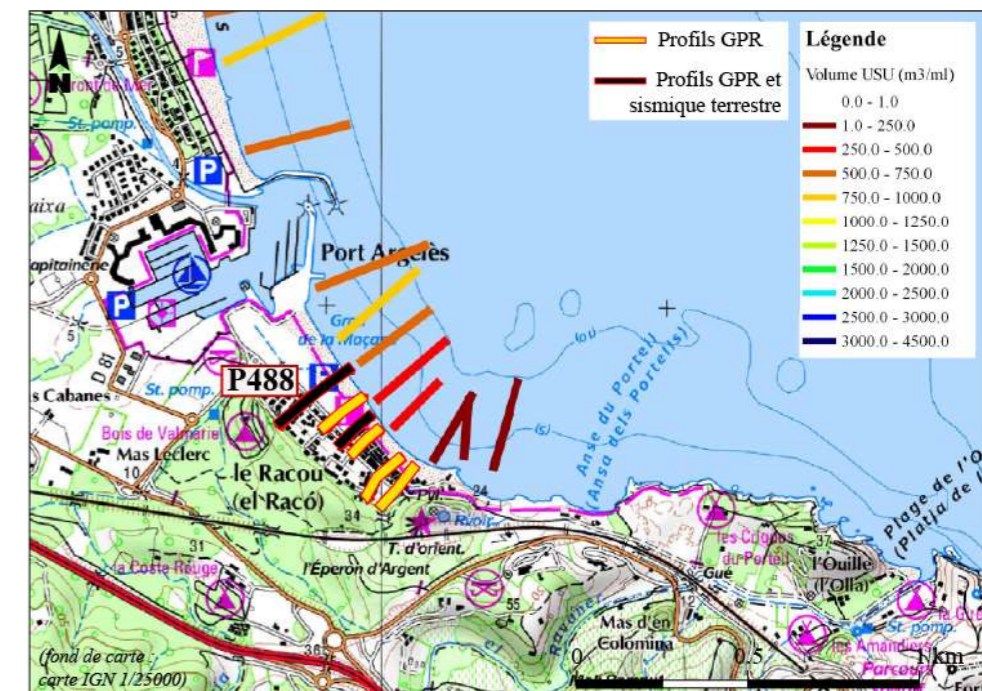


N. ROBIN, O. RAYNAL, M. ROLLAND, C. SOTIN, B. HEBERT, R. CERTAIN, 2021. Estimation des stocks sableux à terre et en mer sur le territoire de l'Obscat, rapport OBSCAT, p. 62.

CEFREM, Université de Perpignan



Carte de localisation des données et volume du stock en mer



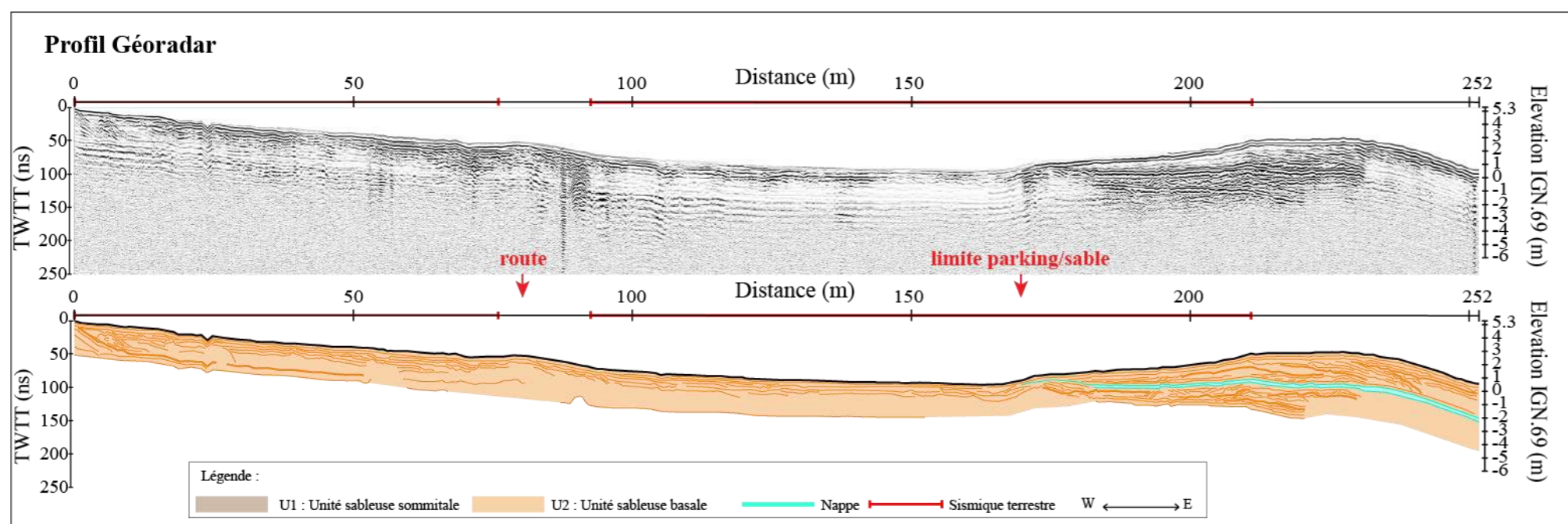
Commentaires

Sismique terrestre : La donnée indique la présence d'un sédiment sableux au-dessus du substrat schisteux. L'altitude de ce dernier est située à -7 m IGN.69 à l'est de la route sur P488 et environ -10 m IGN.69 sur P490. A l'ouest de la route, le toit remonte jusqu'à une altitude de -3 m IGN.69 (P488), en accord avec les observations de terrain (schistes affleurant).

Géoradar : Le signal pénètre faiblement et rarement en dessous du toit de la nappe situé environ à 0 m IGN.69.

Stock sableux de l'avant-côte : Le volume de l'USU est faible avec des valeurs maximums de 1000 m³/ml. L'état du stock est critique sur la partie sud du Racou avec des valeurs inférieures à 500 m³/ml suivant les profils. L'avant-côte au droit du Racou est fortement contraint par la géologie marine et l'affleurement de plusieurs arrêtes schisteuses.

Indice : Terre : faible (~5 m), moyen (~5-15 m), fort (> 15 m) ; Mer : faible (0-1000 m³/ml), moyen (1000-2000 m³/ml), fort (> 2000 m³/ml)



N. ROBIN, O. RAYNAL, M. ROLLAND, C. SOTIN, B. HEBERT, R. CERTAIN, 2021. Estimation des stocks sableux à terre et en mer sur le territoire de l'Obscat, rapport OBSCAT, p. 62.

CEFREM, Université de Perpignan

Synthèse

L'analyse des données de géophysique à terre et en mer permet d'illustrer la répartition spatiale de l'indicateur du stock sédimentaire (figure 7). La représentation de ce dernier n'est pas homogène sur l'ensemble de la façade. Quelques points peuvent être soulignés.

Pour les secteurs 1 et 2 de Leucate, il est identifié un substrat probablement de type « beach-rock » à de faibles profondeurs sous la plage. Il se propage dans les petits fonds sous-marin, parfois de façon affleurant. Pour cette raison l'indicateur en mer est dégradé malgré des volumes plus au large permettant de le classer en « moyen ».

Pour les secteurs 3 et 4 du Barcarès, les indices montrent un stock en mer moyen à faible. Alors que le stock sédimentaire à terre semble élevé sur le secteur des Miramars, le toit d'un substrat de nature indéfini semble être présent à -10/-15m pour le secteur du Lydia.

Pour les secteurs 5 (Torreilles Village des sables) jusqu'à 9 (St-Cyprien Nord), les deux indices sont forts témoignant d'une épaisseur sableuse importante.

Pour le secteur 10 (Argeles-sur-Mer/Le Racou), les deux indices sont faibles. Le substrat schisteux est observé à de faibles profondeurs à terre. Le volume sableux sur l'avant-côte est faible et contrôlé par les éperons rocheux affleurant.



Figure 7 : Carte de synthèse de l'indice représentatif de l'état du stock sédimentaire terre/mer sur les secteurs OBSCAT (sources : ce rapport, LITTOSIS, ESTER).

Conclusions et Perspectives

Cette étude apporte une vision unique à l'échelle du territoire de l'OBSCAT ; de la répartition du stock sédimentaire à terre et en mer. Elle montre une hétérogénéité spatiale de cette répartition avec des secteurs possédant une épaisseur importante (de Torreilles à Saint-Cyprien) et ceux aux extrémités de cette zone centrale présentant des volumes plus modérés.

Alors que l'estimation de l'épaisseur sableuse en mer était déjà connue par la réalisation du rapport LITTOSIS (2015, DREAL-CEFREM), cette étude apporte pour la première fois une représentation du stock à terre. Elle montre une configuration du sous-sol sur certains secteurs (Leucate, Le Barcares-le Lydia, Le Racou) pouvant alerter les gestionnaires dans la capacité du système à faire perdurer un paysage de plage sableuse sur le long terme comme celui observé actuellement.

L'étude de la partie terrestre repose sur une méthodologie de lecture de données géophysiques pouvant toucher des limites interprétatives sur la nature des discontinuités observées en profondeur, notamment dans les zones Nord et Sud. Il est alors recommandé de pouvoir réaliser des carottages au droit des profils sismiques pour obtenir des informations supplémentaires sur la nature de ces discontinuités.

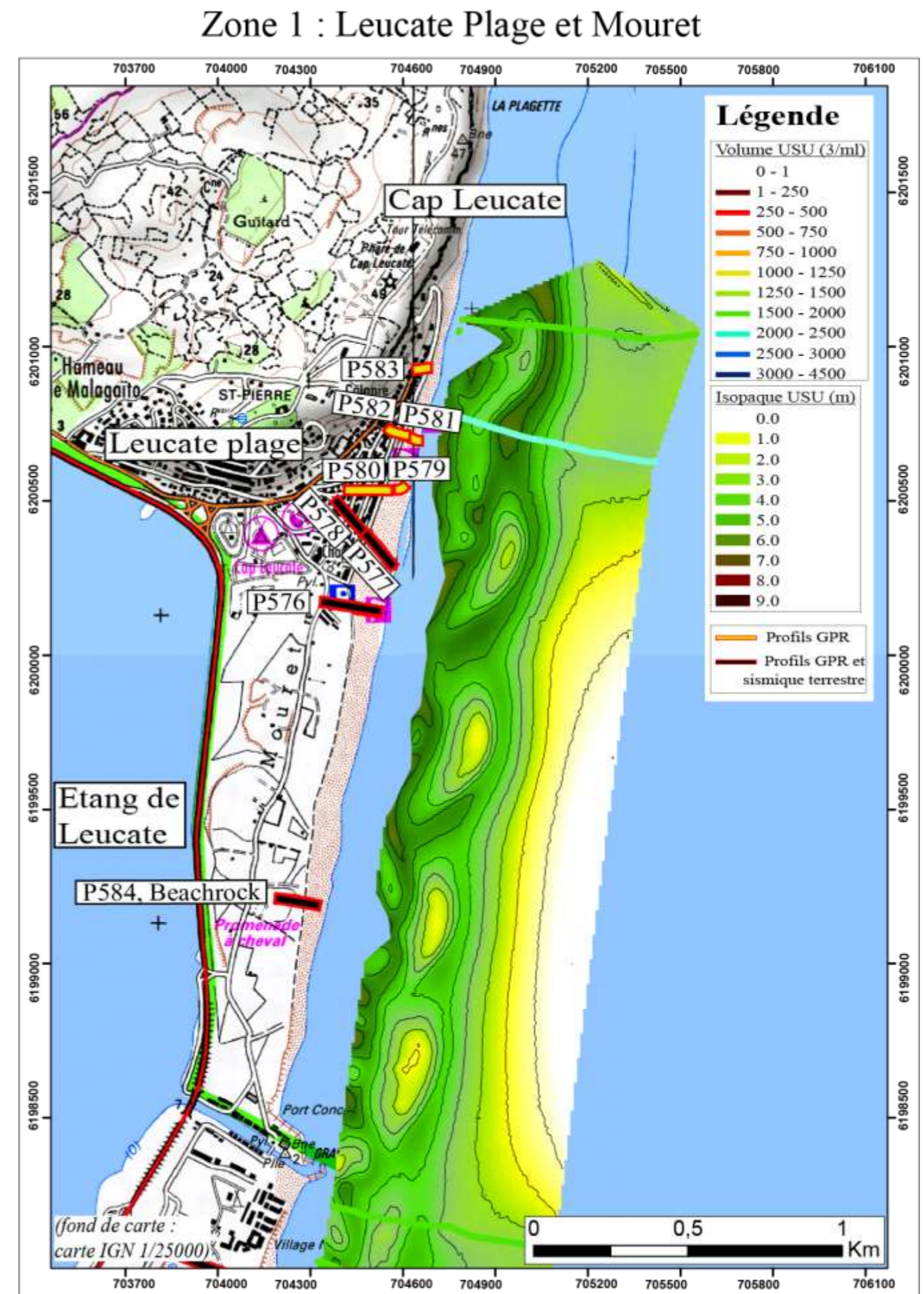
L'estimation de l'épaisseur sableuse d'un système (terre et/ou mer) est une information socle pour comprendre la résilience de la zone étudiée et mettre en relief les évolutions morphologiques constatées entre deux périodes. Alors que ce travail a été réalisé sur le stock en mer à des échelles pluri-décennales (Brunel et al., 2014), il pourrait être actualisé sur l'échelle de la création de l'OBSCAT et étendu sur la partie terrestre bien que les évolutions de cette dernière sont probablement très faibles.

Enfin, cette nouvelle vision du sous-sol de la partie émergée du système est un élément de réflexion supplémentaire pour estimer la manière dont le recul du trait de côte pourra impacter potentiellement l'évolution du paysage et le maintien d'un littoral sableux. Cette nouvelle information du caractère « naturel » doit être confronté au caractère « anthropique » afin d'estimer, face à des scénarios de recul du trait de côte à 2050/2100, l'espace d'accommodation disponible à la résilience d'un littoral sableux sur le territoire de l'OBSCAT.

Bibliographie

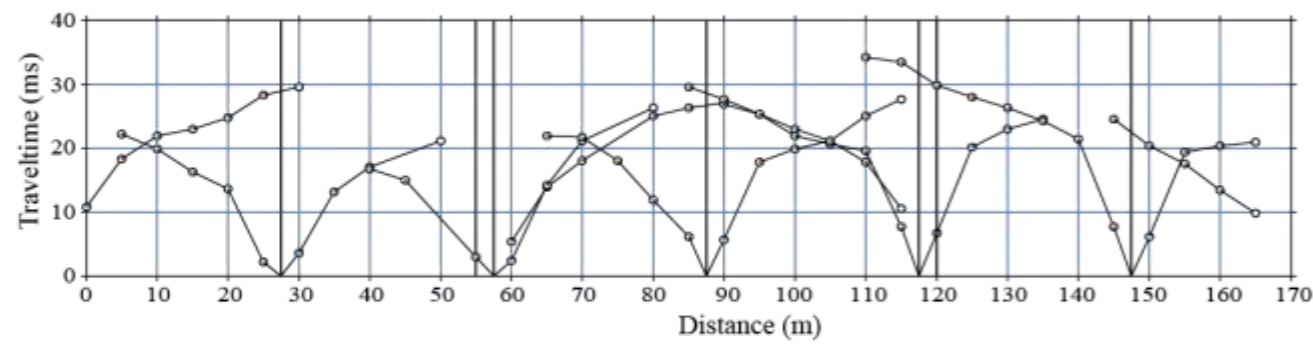
- Bristow, C.S., Jol, H.M.**, 2003. Ground Penetrating Radar in sediments. In: C.S. Bristow, H.M. Jol (Eds.), Geological Society Special Publications n 211, pp. 339.
- Brunel, C., Certain, R., Sabatier, F., Robin, N., Barusseau, J.P., Aleman, N., Raynal, O.**, 2014. 20th century sediment budget trends on the Western Gulf of Lions shoreface (France): An application of an integrated method for the study of sediment coastal reservoirs. *Geomorphology*, 204(0), 625-637.
- Certain, R., Tessier, B., Barusseau, J.P., Courp, T., Pauc.**, 2005. Sedimentary balance and sand stock availability along a littoral system. The case of the western Gulf of Lions littoral prism (France) investigated by very high resolution seismic. *Marine and Petroleum Geology*, 22 (6-7), 889-900.
- EUROSION**, 2004. Vivre avec l'érosion côtière en Europe: espaces et sédiments pour un développement durable. Bilans et recommandations du projet EUROSION. Direction Générale de l'Environnement, Commission Européenne. <http://www.euroSION.org/reportsonline/reports.html>.
- Masselink, G., Lazarus, E.D.**, 2019. Defining coastal resilience. *Water*, 11, 2587.
- Neal, A.**, 2004. Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress. *Earth-Science Reviews*, 66(3-4), 261-330.
- Neal, A., Roberts, C.L.**, 2000. Applications of ground-penetrating radar (GPR) to sedimentological, geomorphological and geo-archaeological studies in coastal environments. In: Pye, K., Allen, J.R.L. (Eds.), Coastal and Estuarine Environments: Sedimentology, Geomorphology and Geoarchaeology. *Geol. Soc. London Spec.*, Publ. 175, 139- 171.
- Robin, N., Billy, J., Aleman, N., Barusseau, J.P., Certain, R., Hebert, B., Raynal, O., Sotin, C.**, 2018. Test portant sur l'évaluation du stock sédimentaire terrestre sur un site pilote OBSCAT appartenant au territoire de PMCU. Rapport final ESTER, pp. 37.
- Robin, N., Billy, J., Palvadeau, E., Meulé, S., Balouin, Y., Bitri, A., Portal, A., Stepanian, A., Certain, R., Hebert, B., Raynal, O., Rojas-Marquez, A., Sotin, C., Marguerite, S., Aleman, N., Barusseau, J.P.**, 2018. Apport de la géophysique terrestre (géo-radar, sismique) pour l'aide à la gestion du trait de côte. *Génie Côtier Génie Civil (GCGC)*, 15ème Journée Nationales - 29-31 Mai 2018, La Rochelle ; pp.8.
- Rodriguez, A.B., Meyer, C.T.**, 2006. Sea-Level Variation During the Holocene Deduced from the Morphologic and Stratigraphic Evolution of Morgan Peninsula, Alabama, U.S.A. *Journal of Sedimentary Research*, 76(2), 257-269.
- Vousdoukas, M., Ranasinghe, R., Mentaschi, L., Plomaritis, T.A., Athanasiou, P., Plomaritis, T., Athanasiou, P., Luijendijk, A., Feyen**, 2020. Sandy coastlines under threat of erosion, *Nature Climate Change*, 10 (3), 260-263.

Annexe 1 : ZONE 1 : Leucate Plage et Mouret

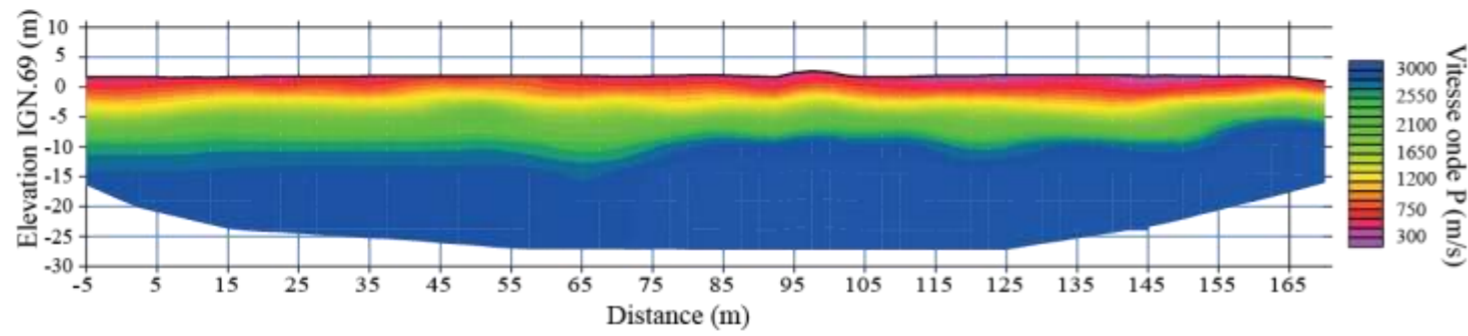


Zone 1 : Leucate Plage et Mouret (Profil 576)

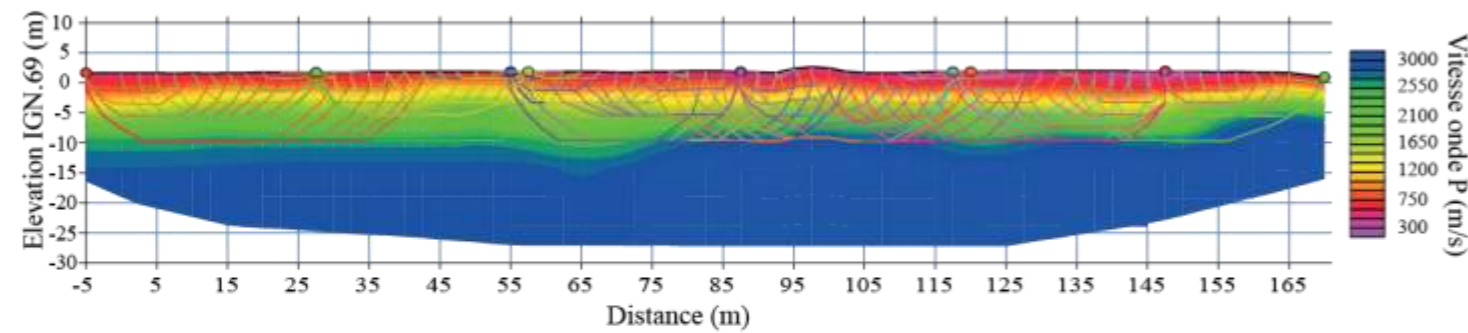
Dromochronique



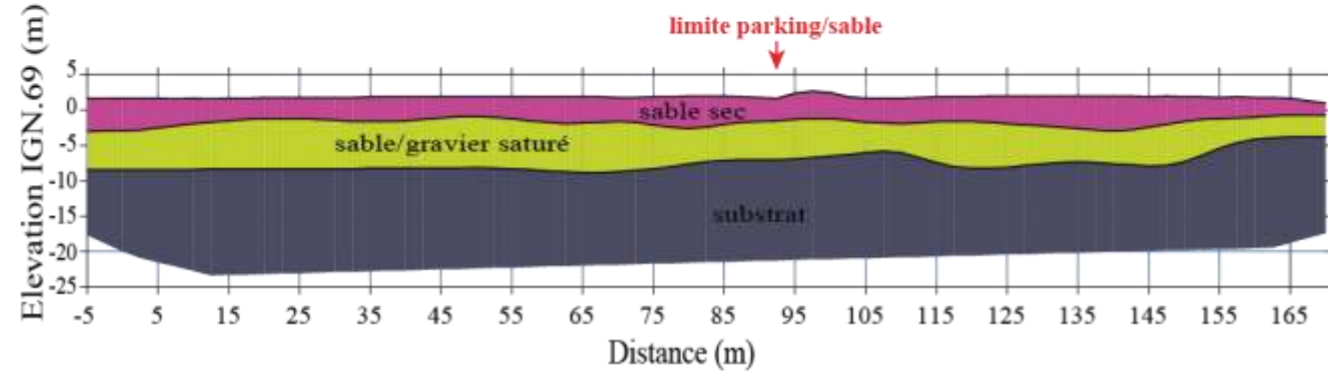
Tomographie



Tomographie et tracé onde

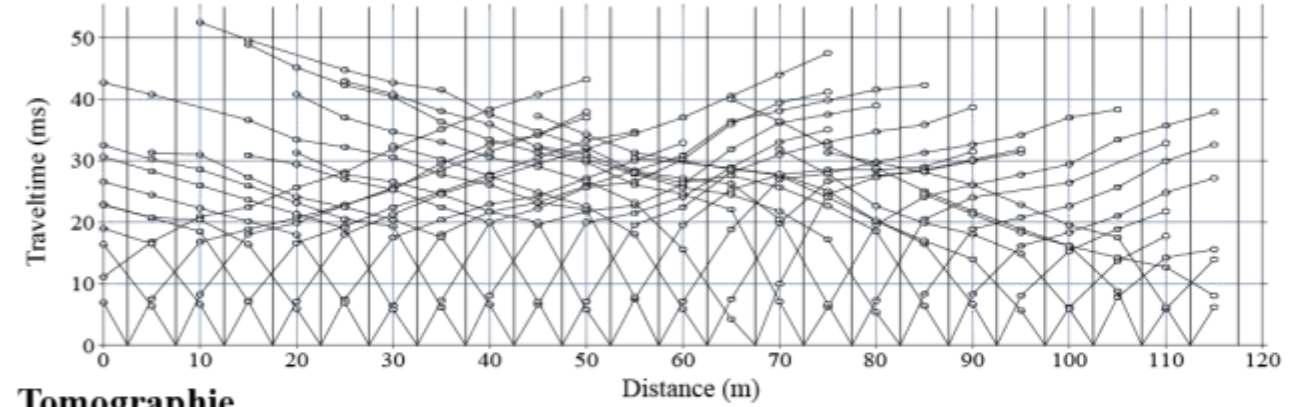


Modèle lithologique interprétatif

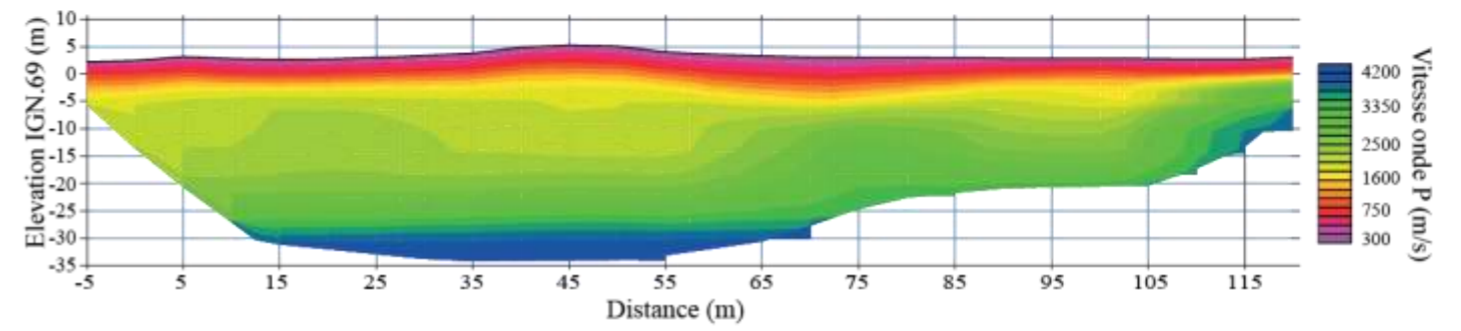


Zone 1 : Leucate Plage et Mouret (Beachrock, Profil 584)

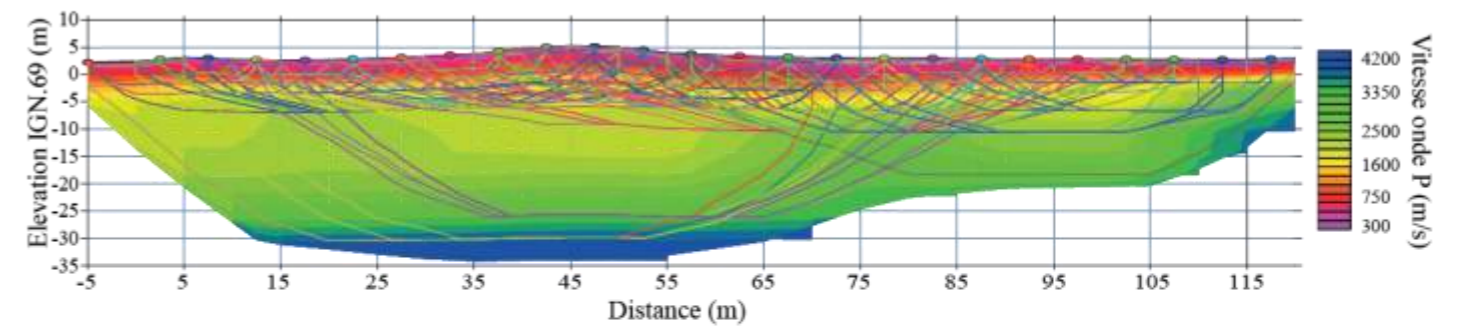
Dromochronique



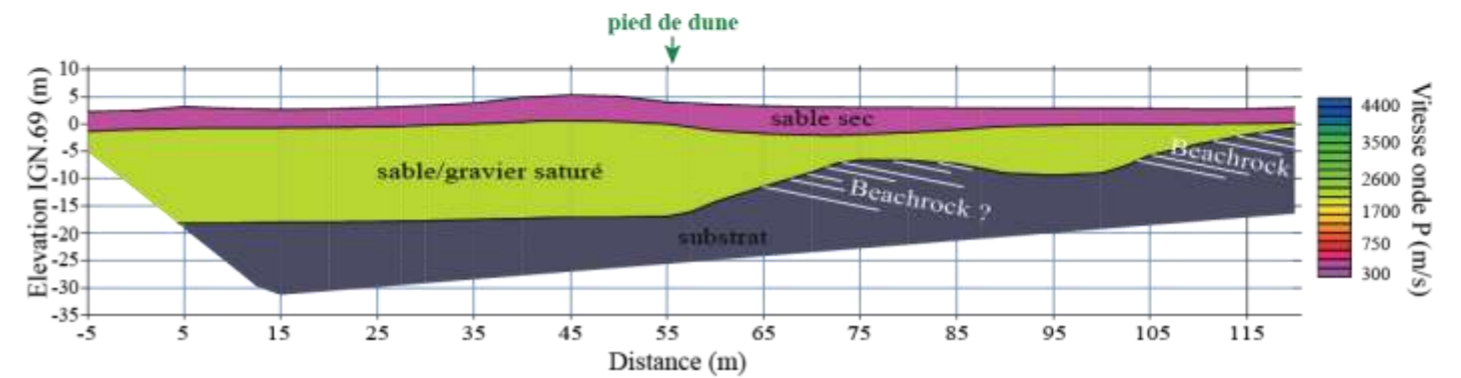
Tomographie



Tomographie et tracé onde

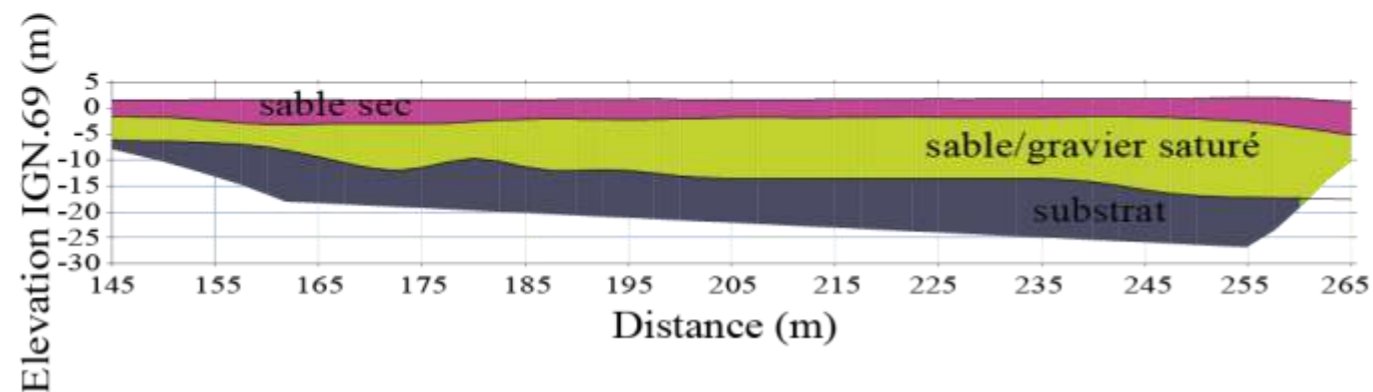
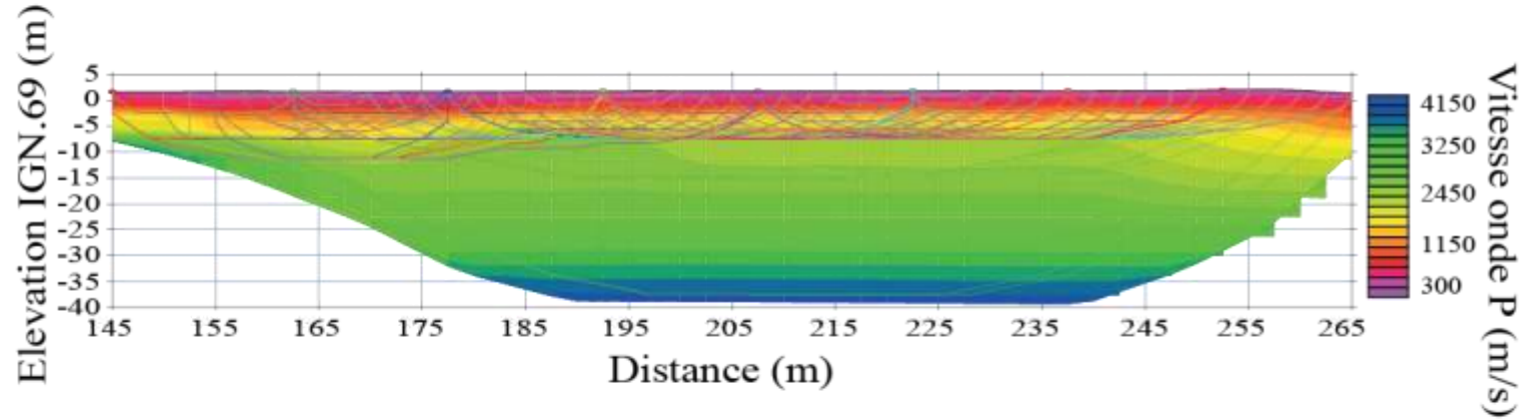
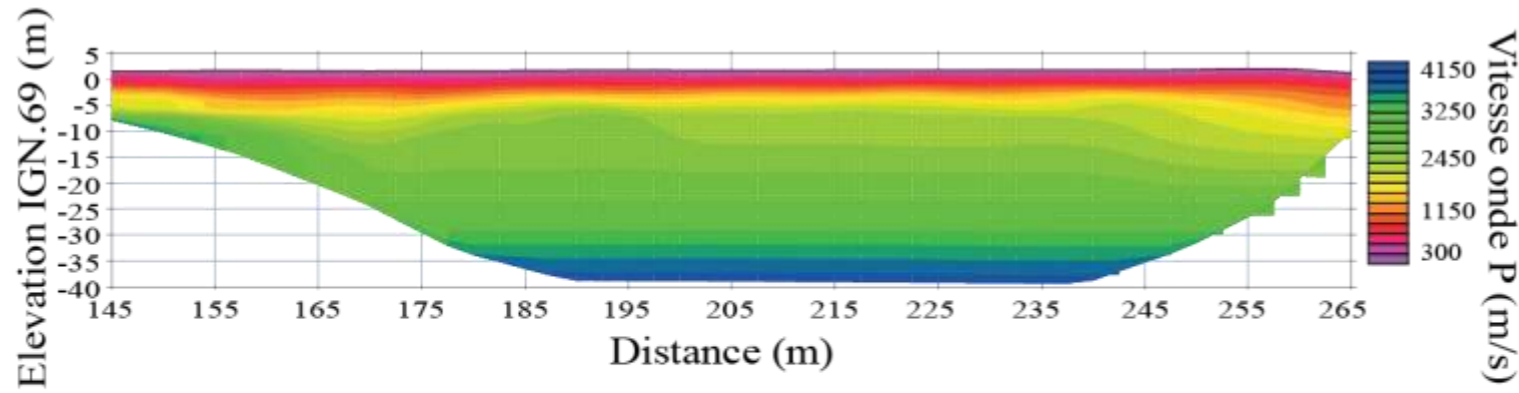
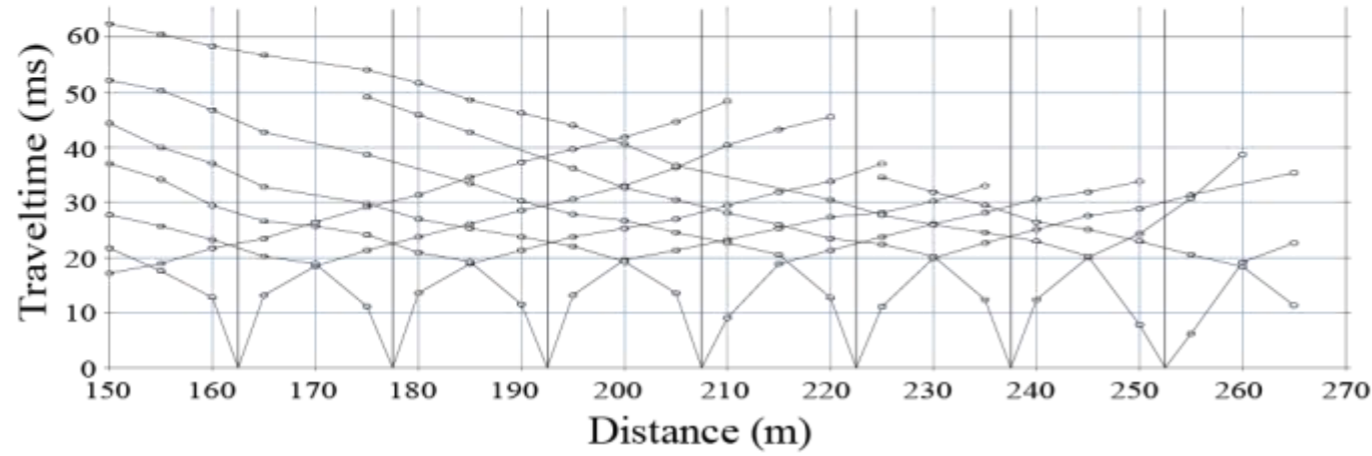


Modèle 3 couches



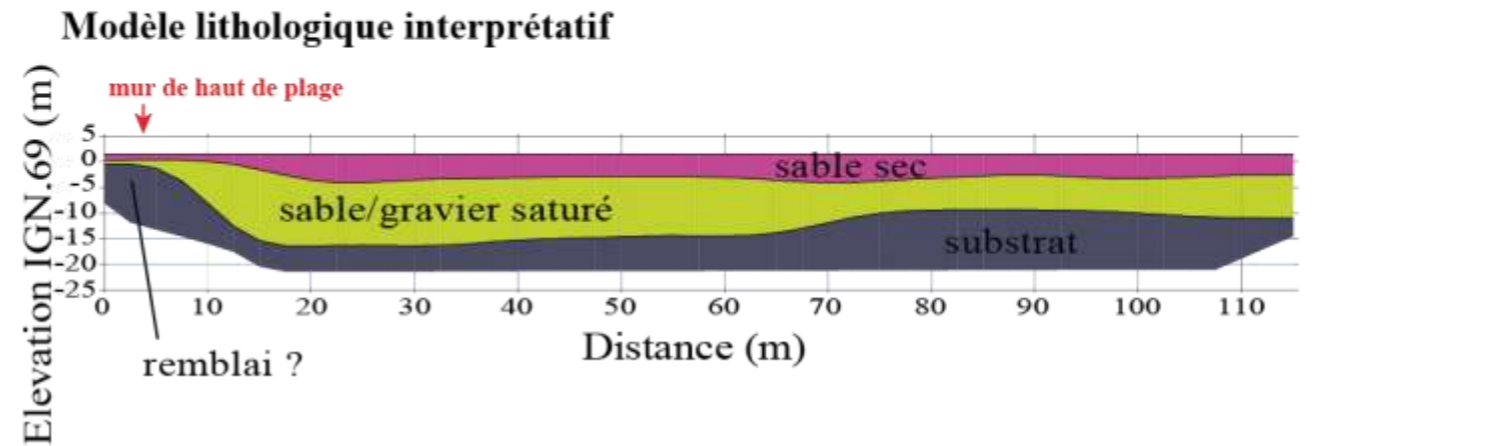
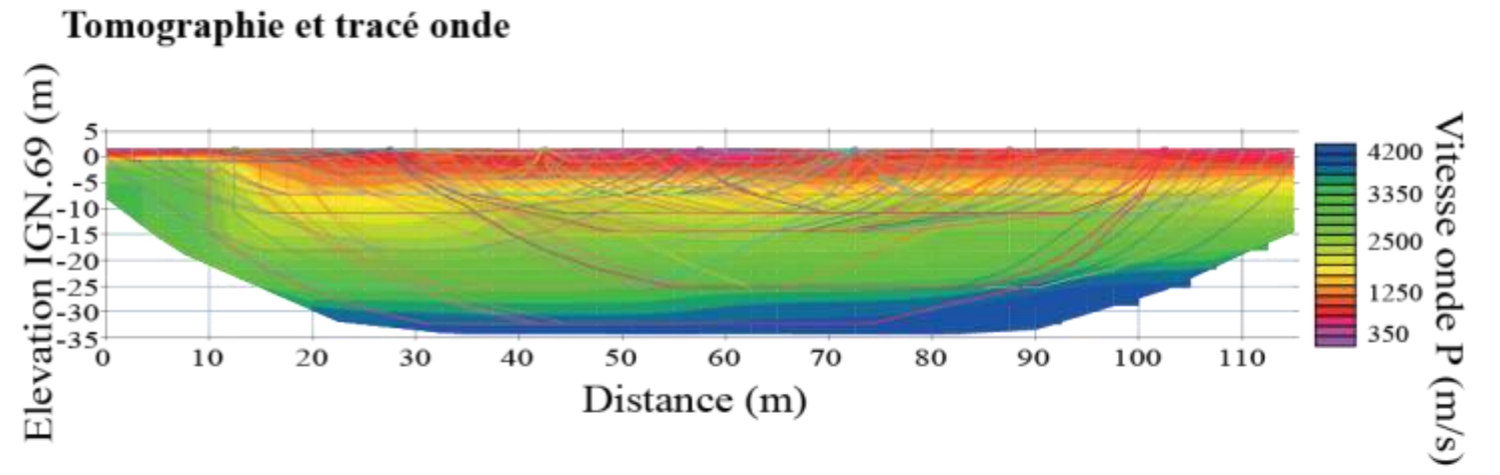
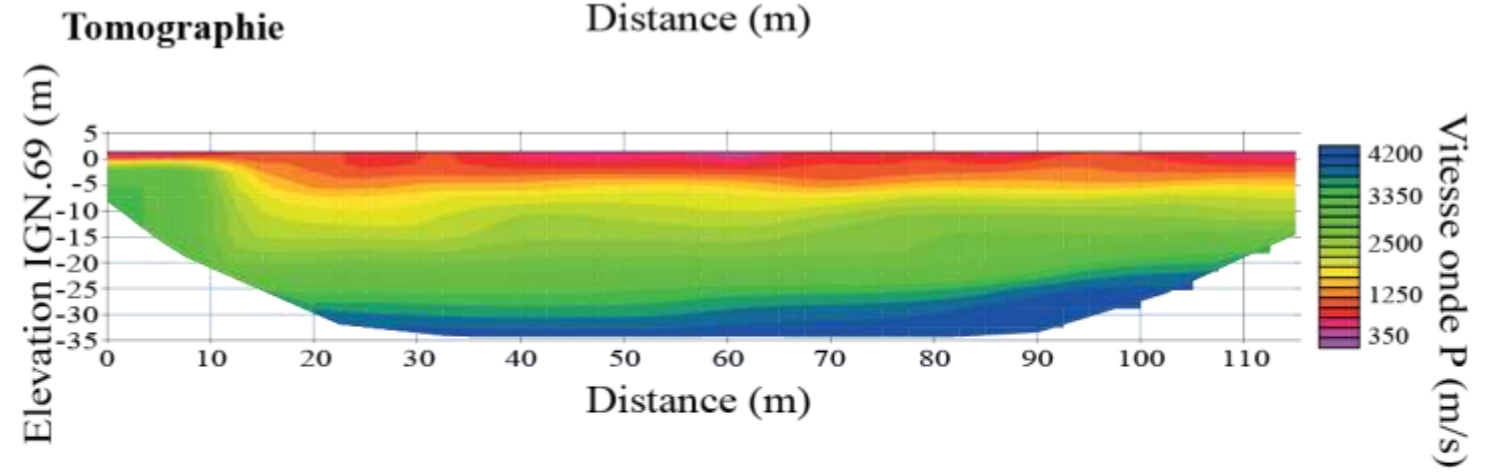
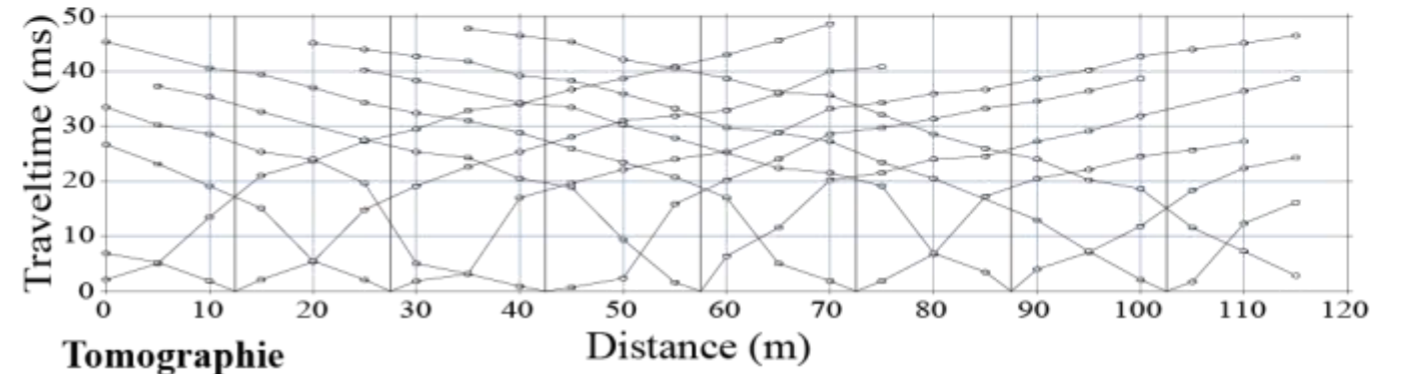
Zone 1 : Leucate Plage et Mouret (Profil 577-578)

P578

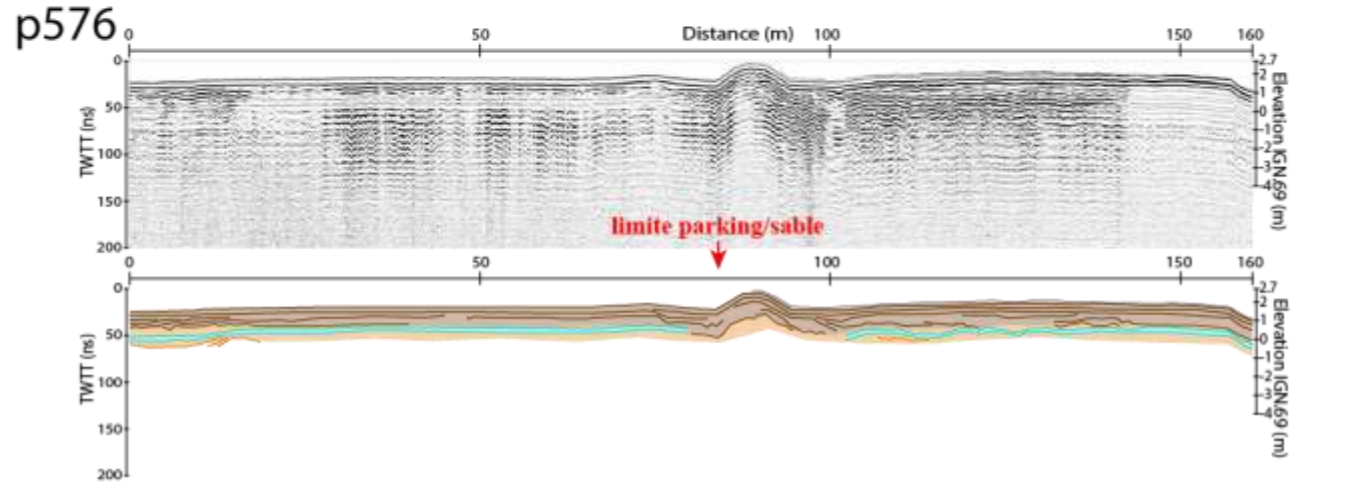
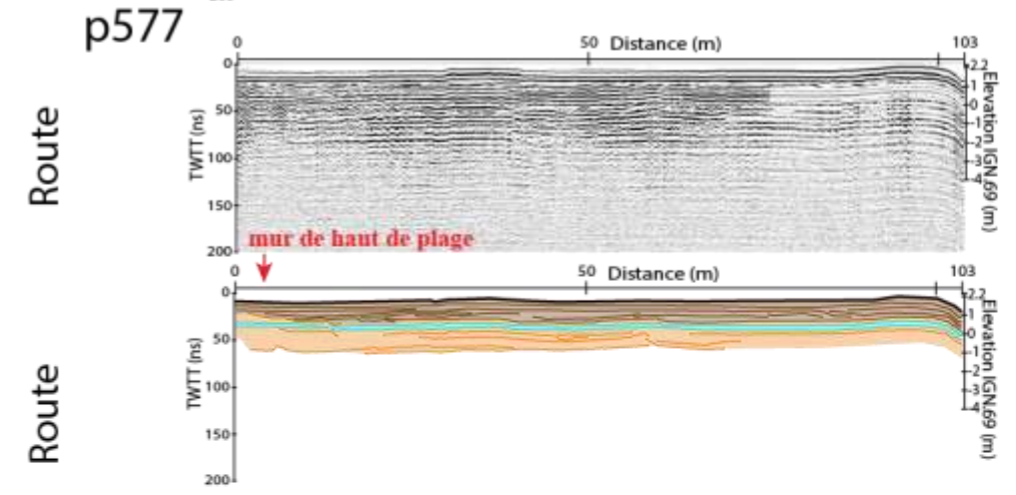
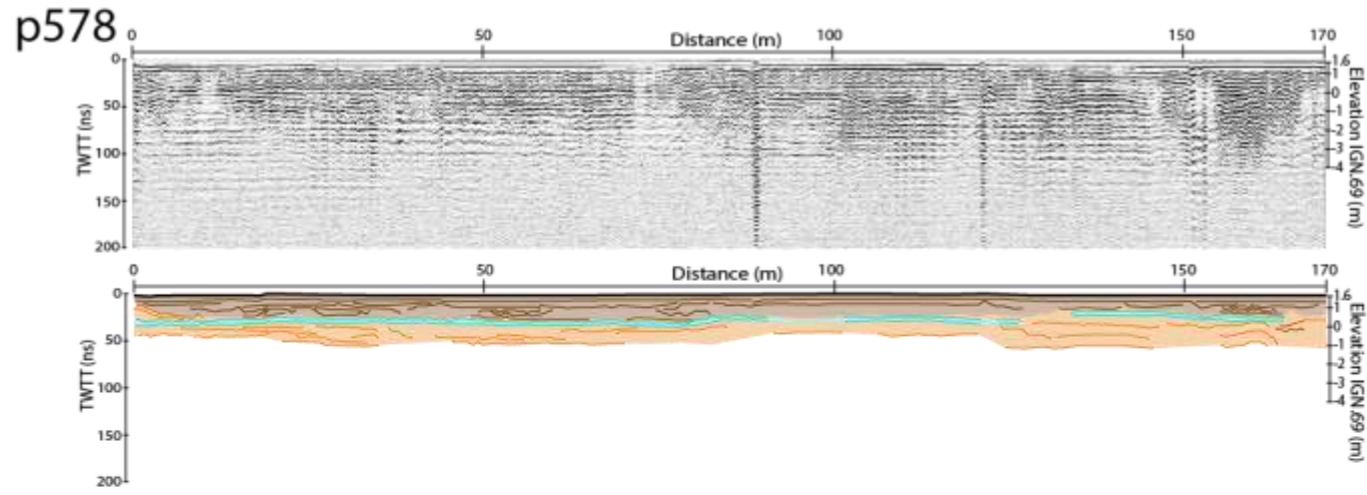
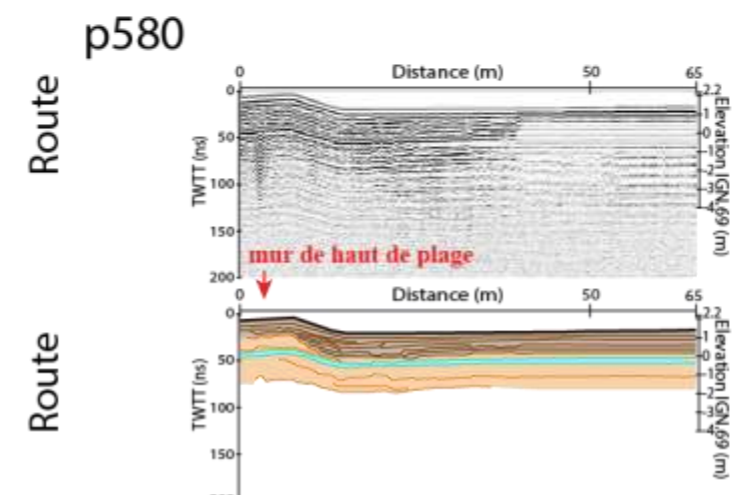
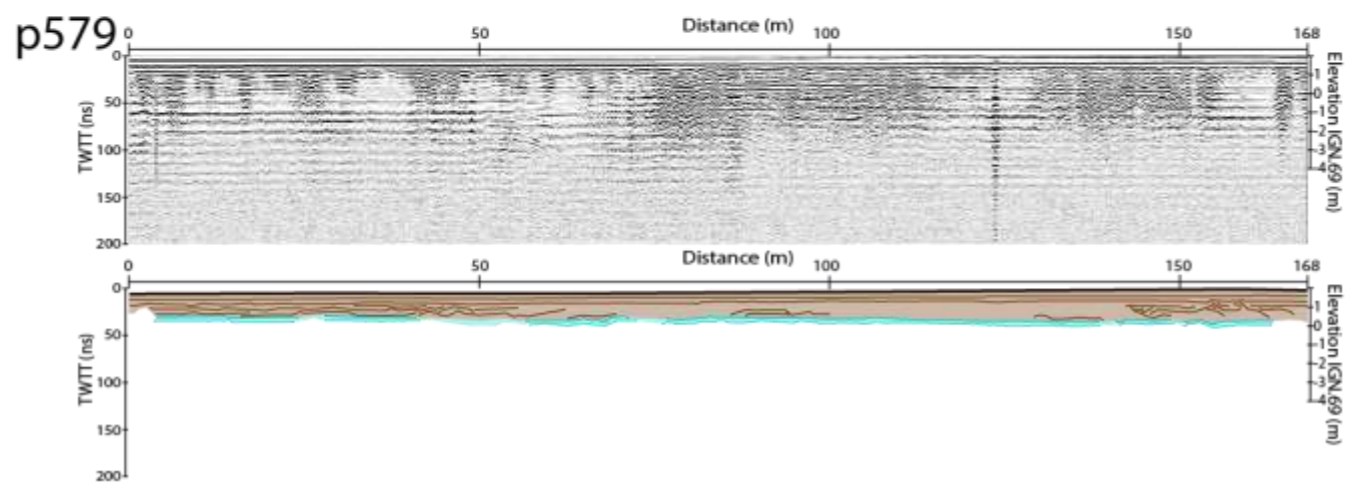
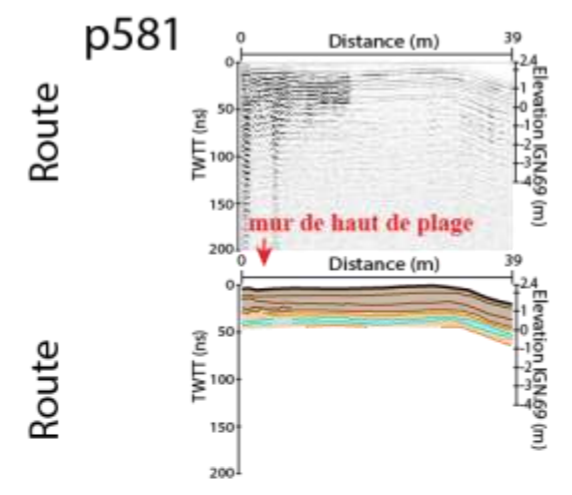
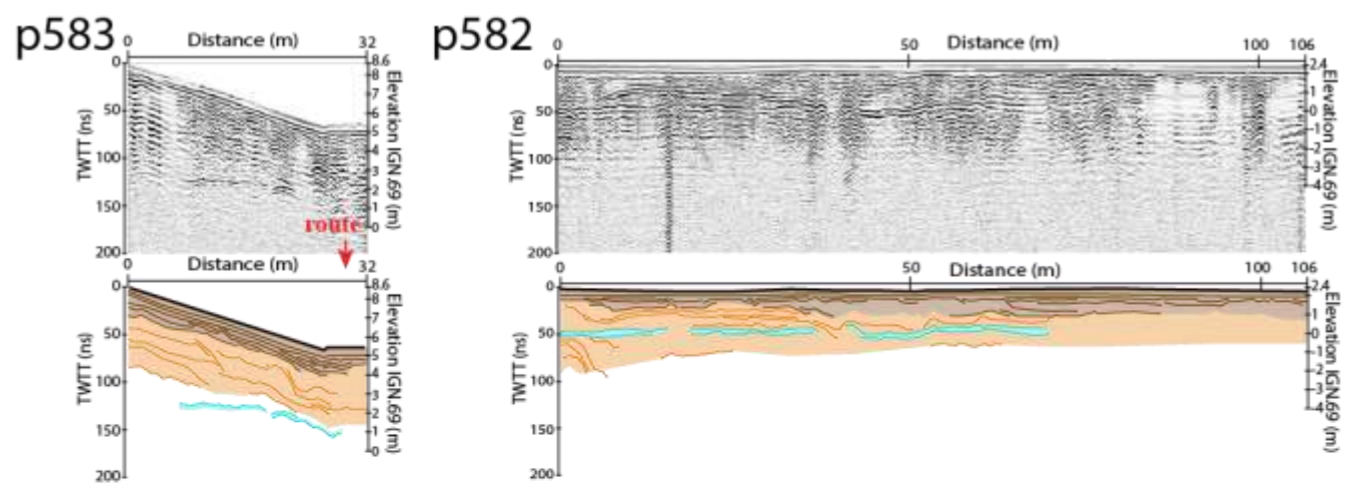


P577

Dromochronique



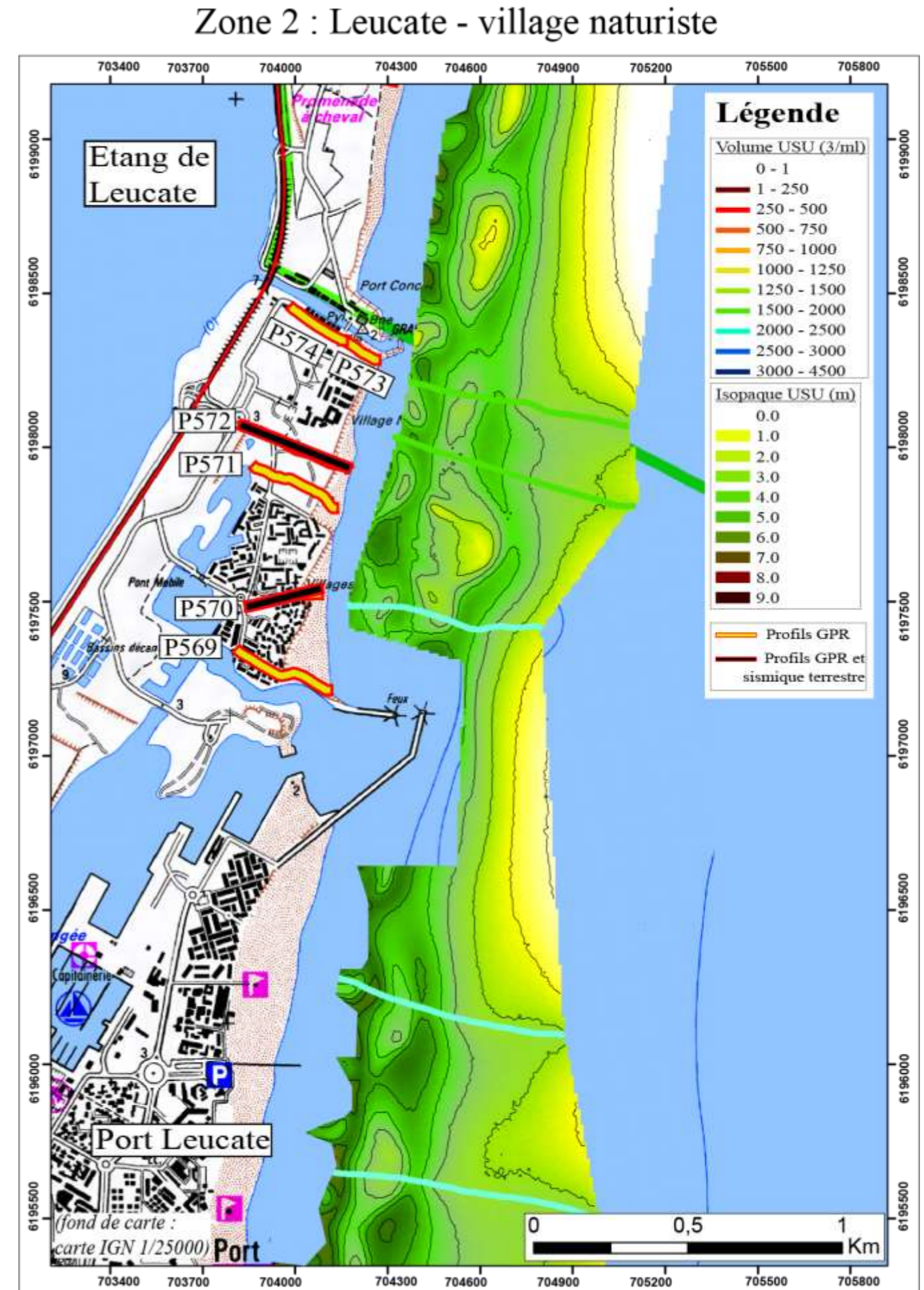
Donnée GPR
Leucate Plage et Mouret
(antenne 250 MHz)



Légende :

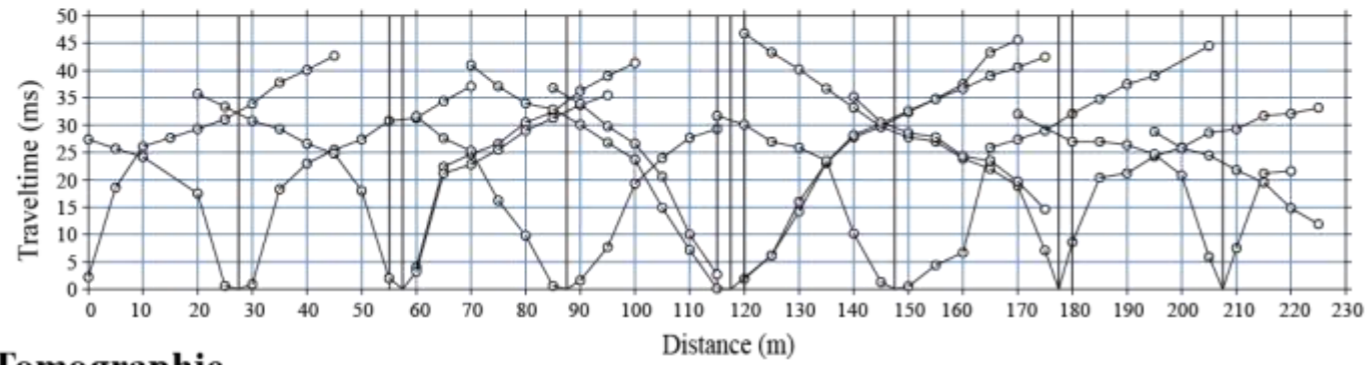
- U1 : Unité sableuse sommitale
- U2 : Unité sableuse basale
- Nappe
- W ← → E

Annexe 2 : ZONE 2 : Leucate - village naturiste

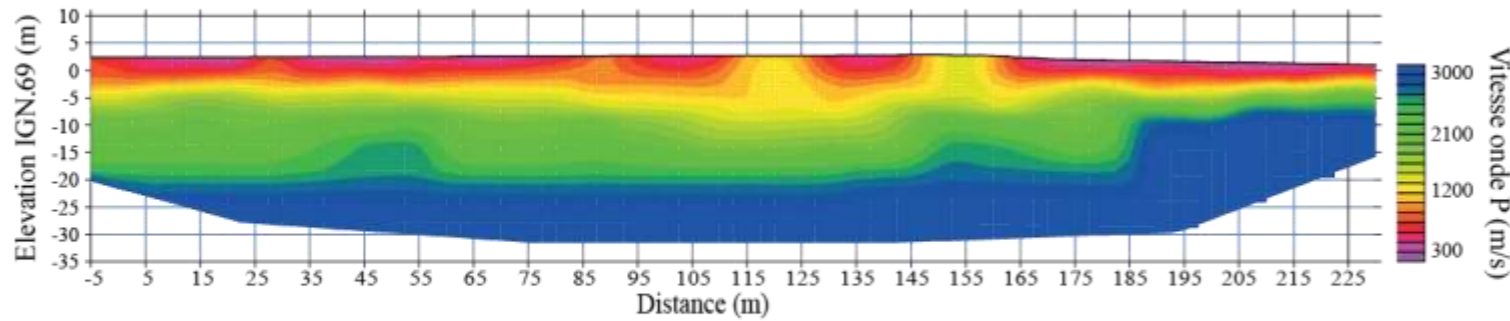


Zone 2 : Leucate - village naturiste (Profil 570)

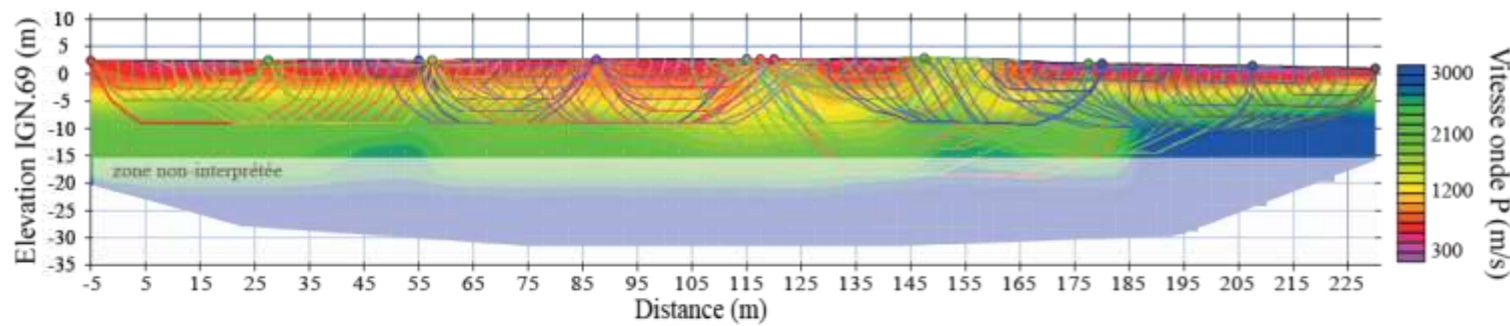
Dromochronique



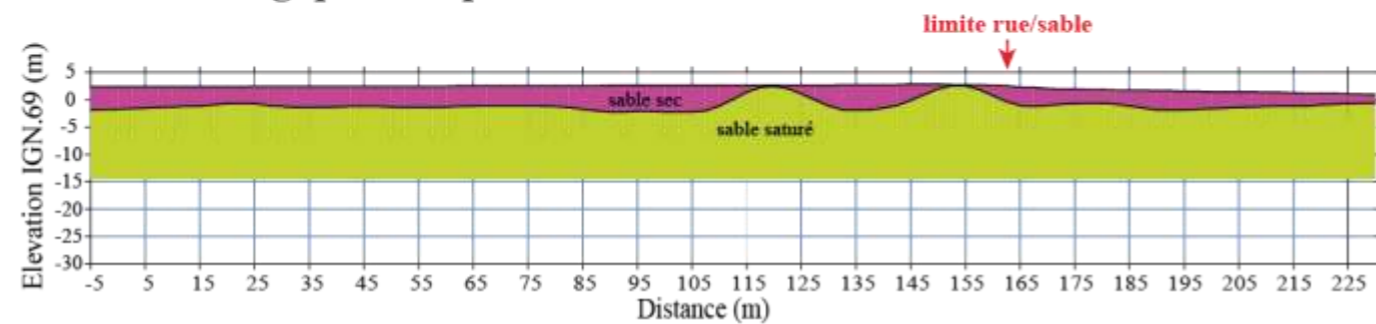
Tomographie



Tomographie et tracé onde

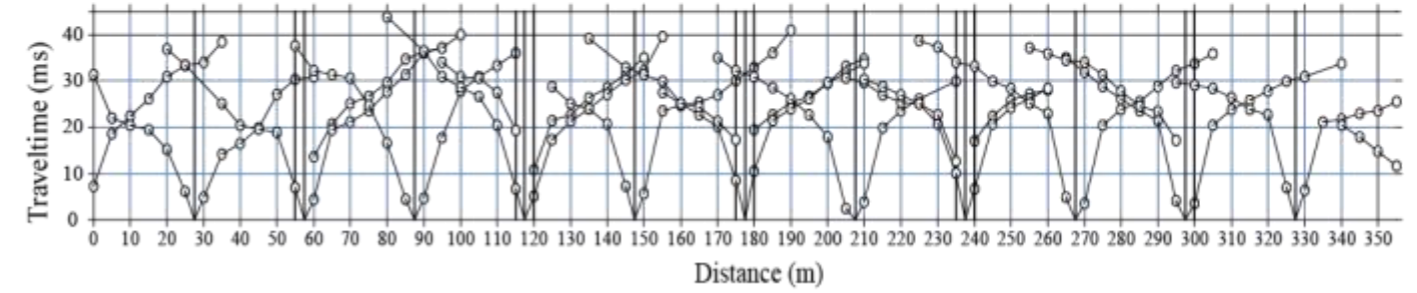


Modèle lithologique interprétatif

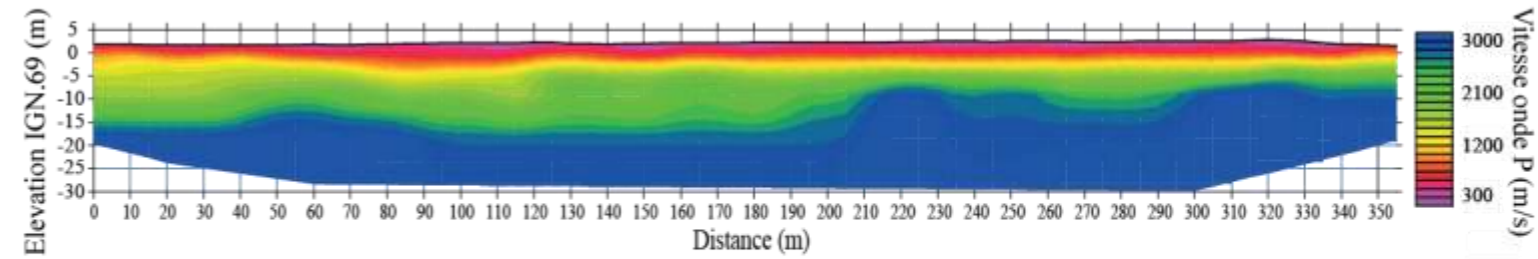


Zone 2 : Leucate - village naturiste (Profil 572)

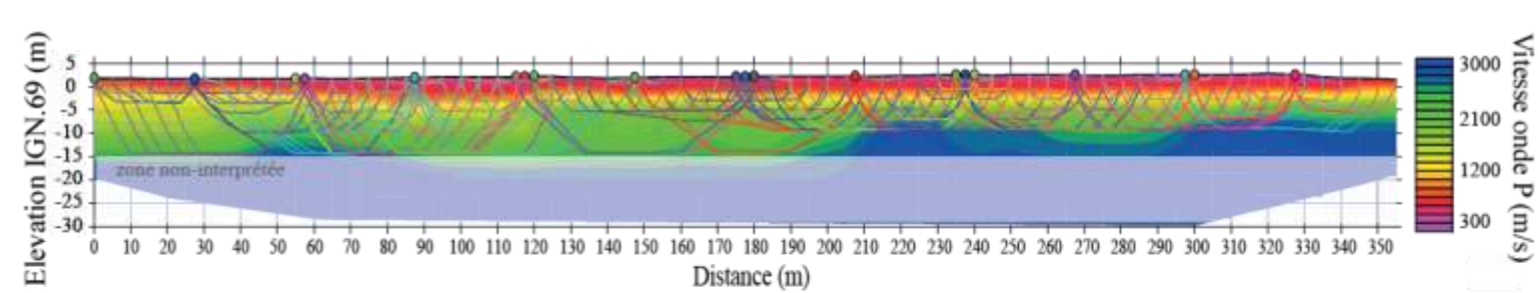
Dromochronique



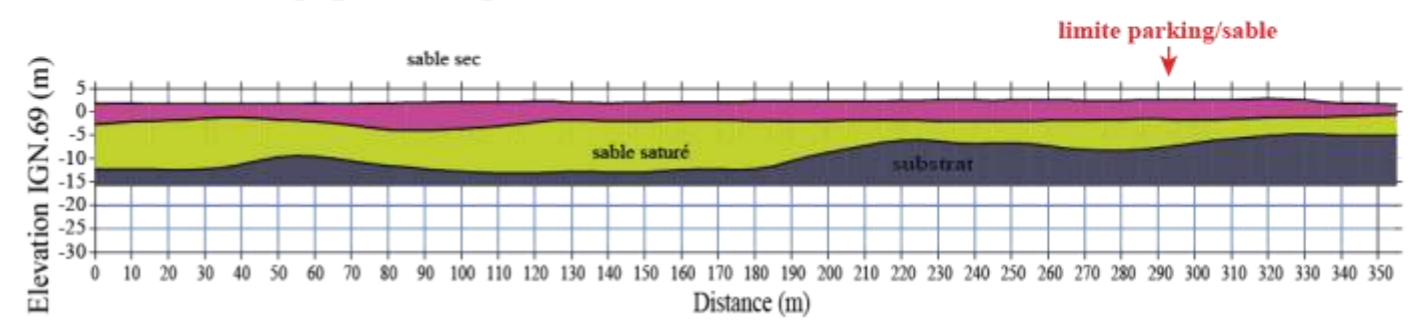
Tomographie

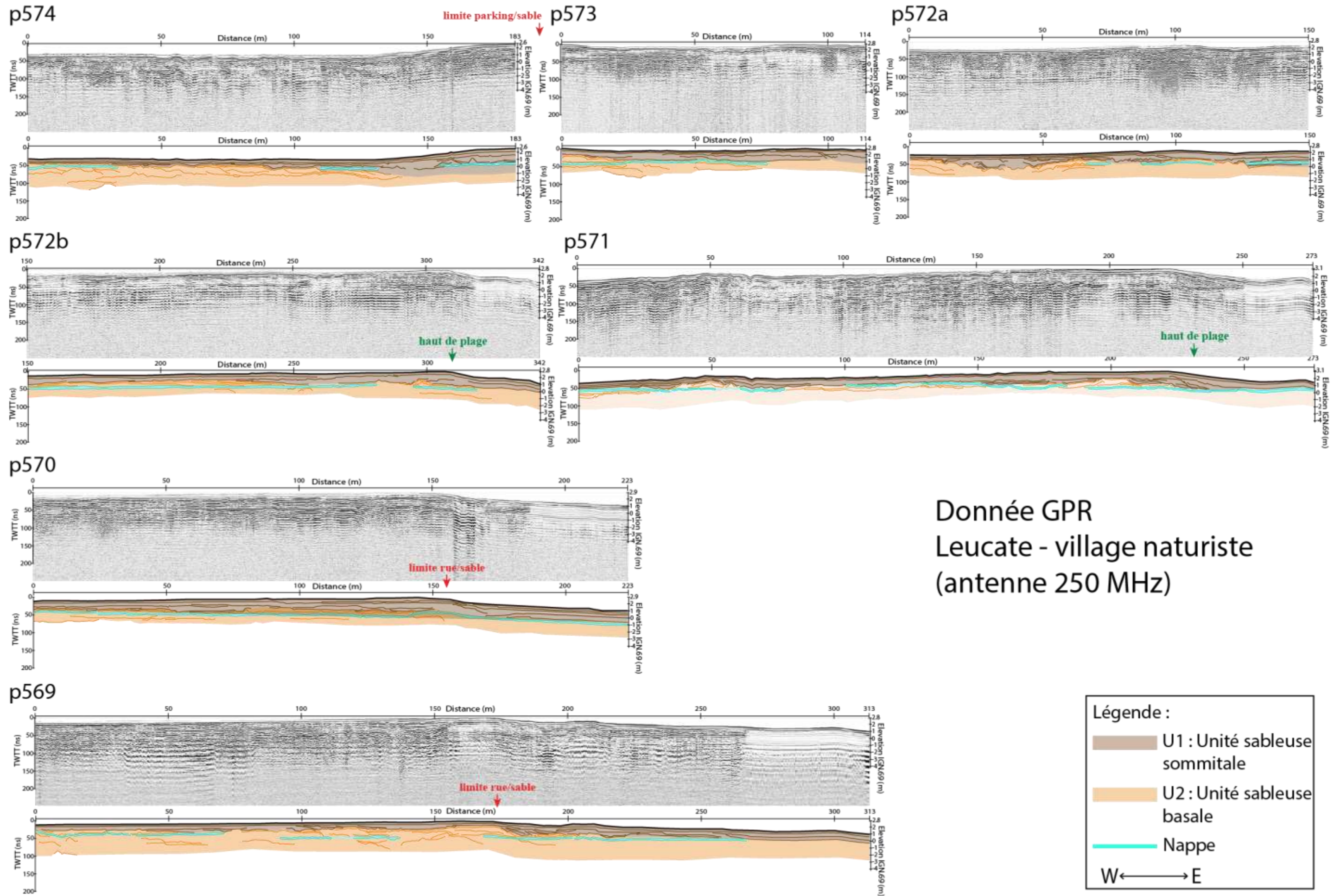


Tomographie et tracé onde

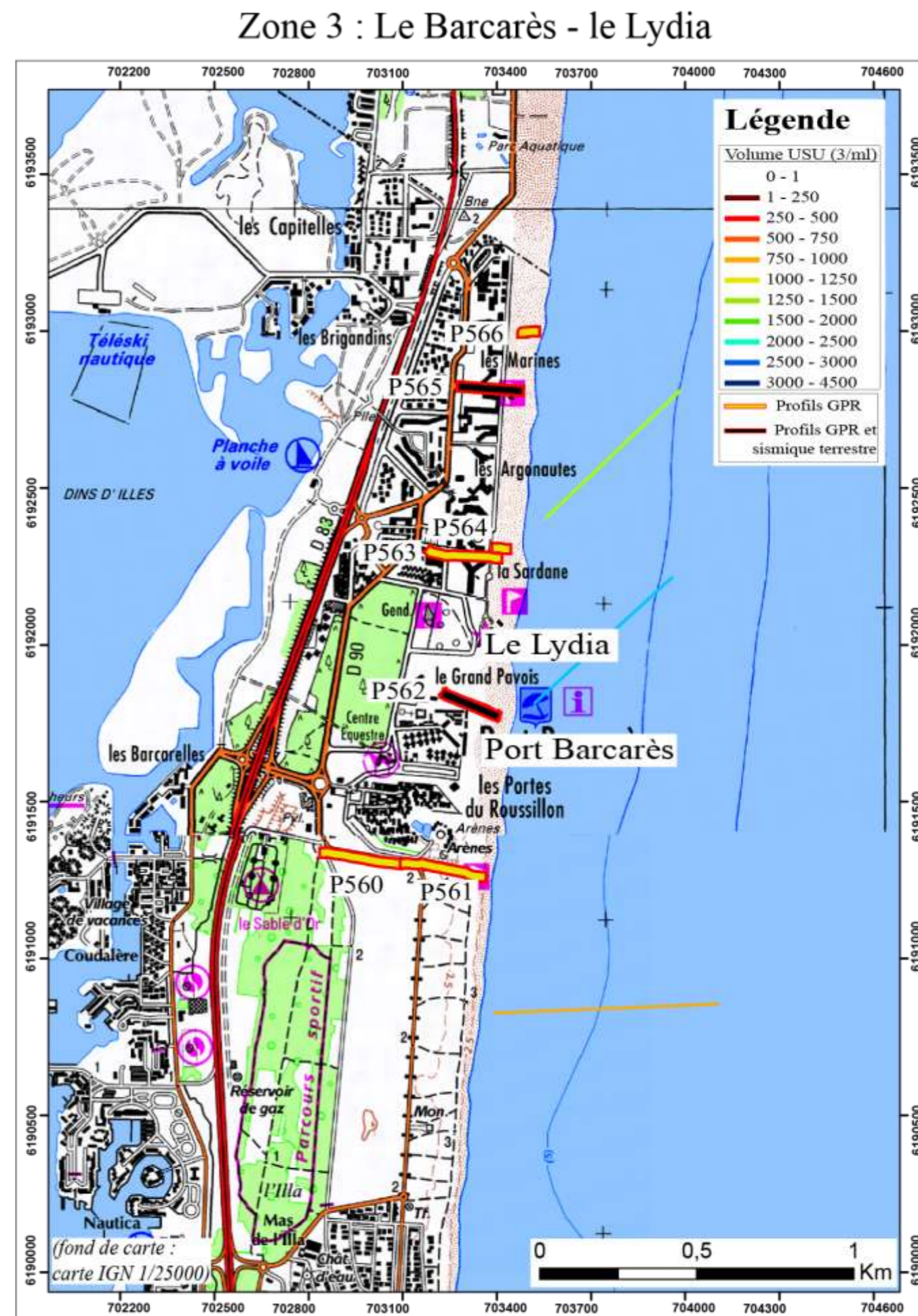


Modèle lithologique interprétatif



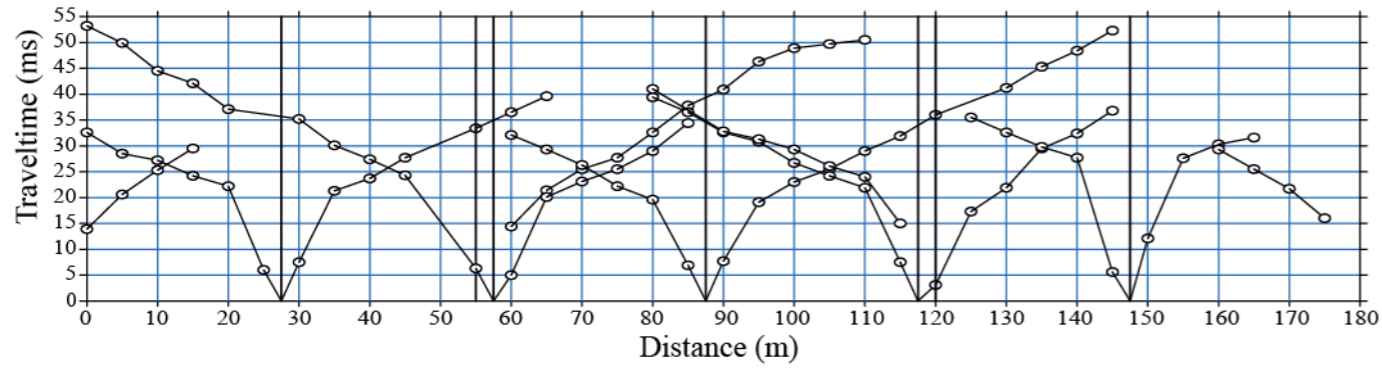


Annexe 3 : ZONE 3 : Le Barcarès – le Lydia

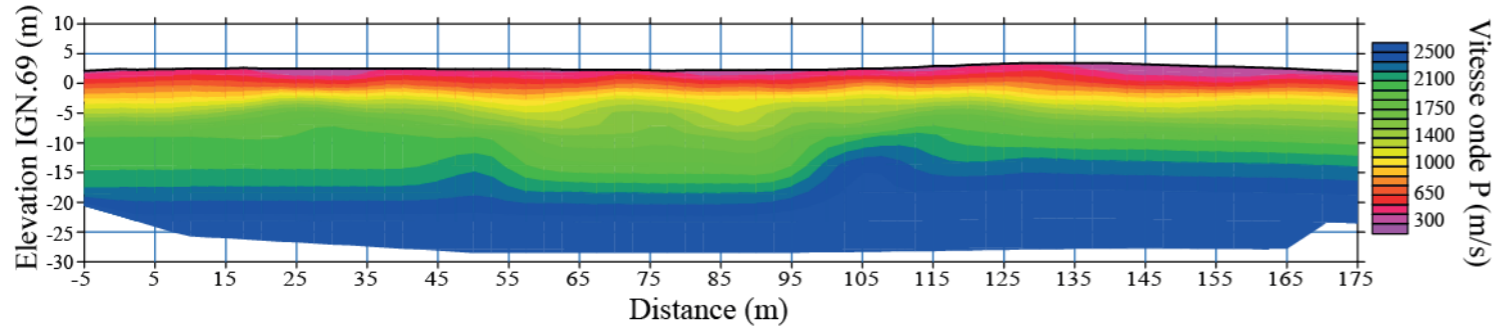


Zone 3 : Le Barcarès - le Lydia (Profil 562)

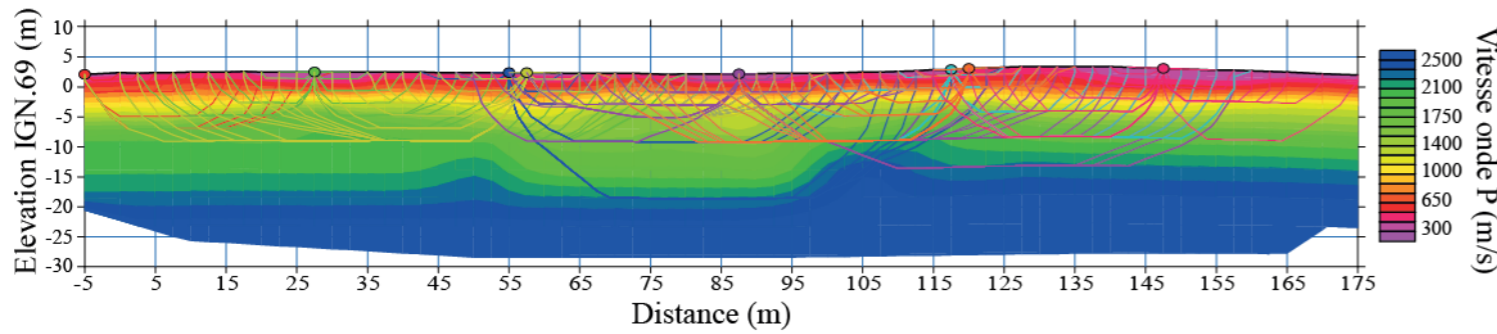
Dromochronique



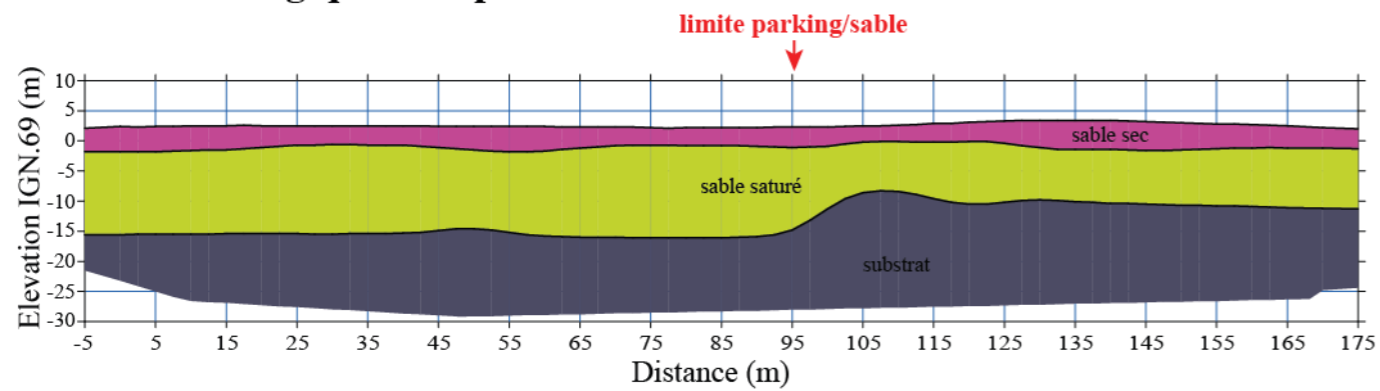
Tomographie



Tomographie et tracé onde

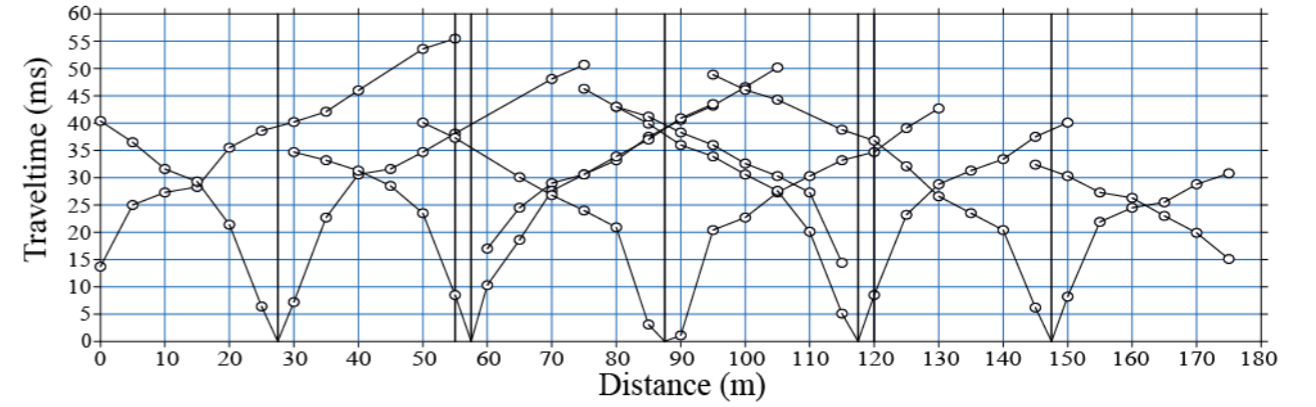


Modèle lithologique interprétatif

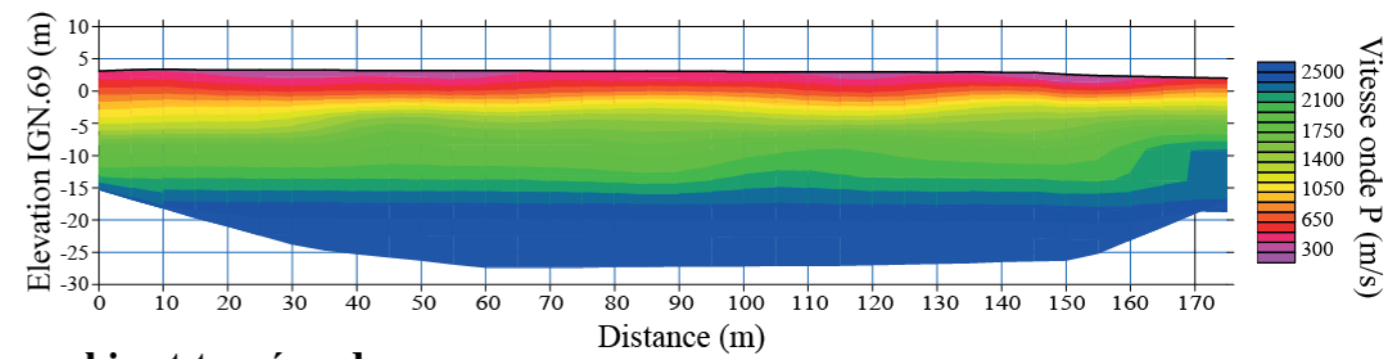


Zone 3 : Le Barcarès - le Lydia (Profil 565)

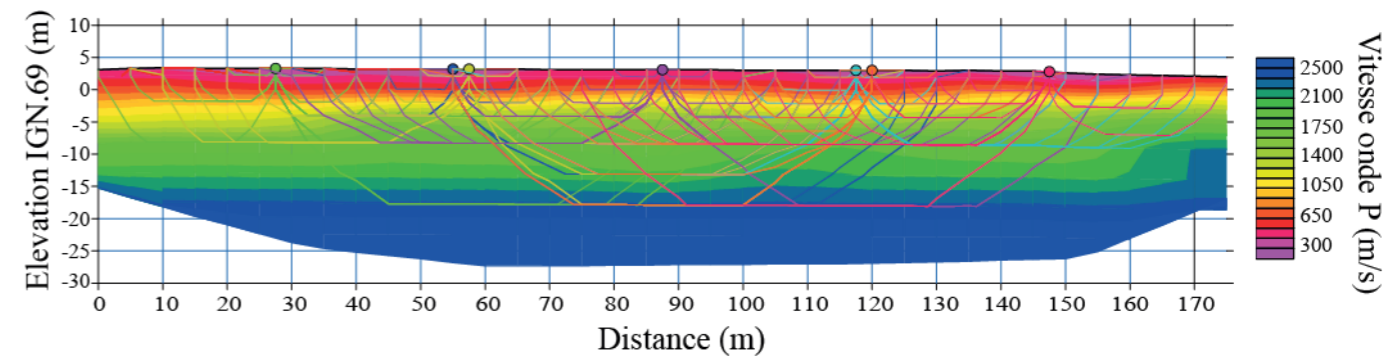
Dromochronique



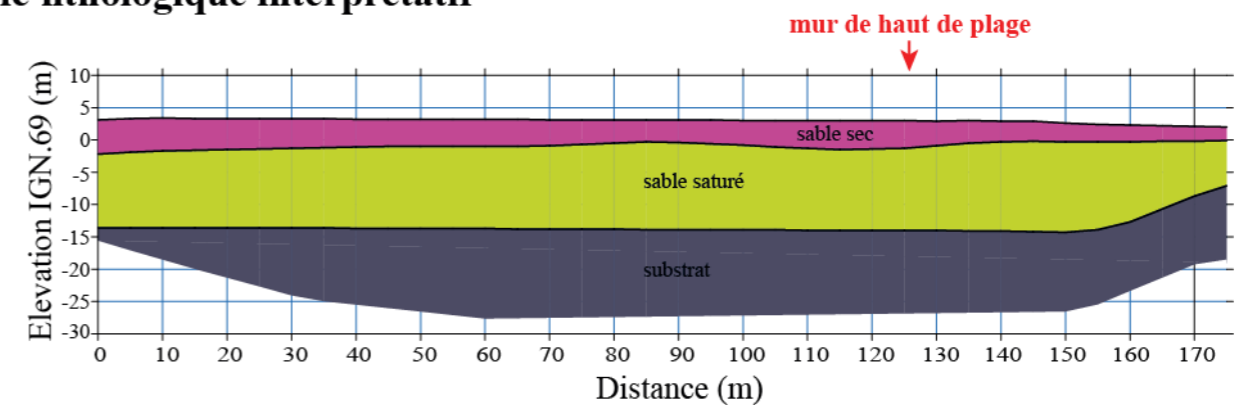
Tomographie

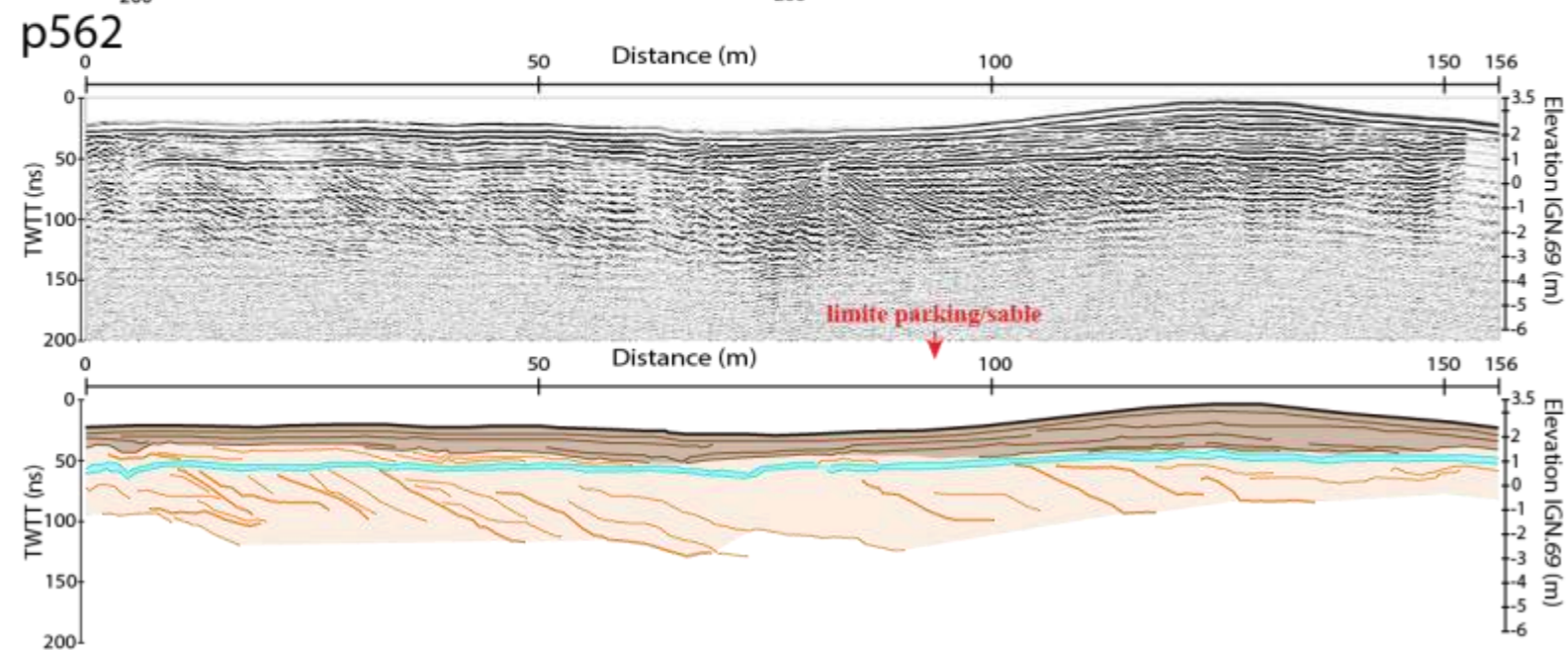
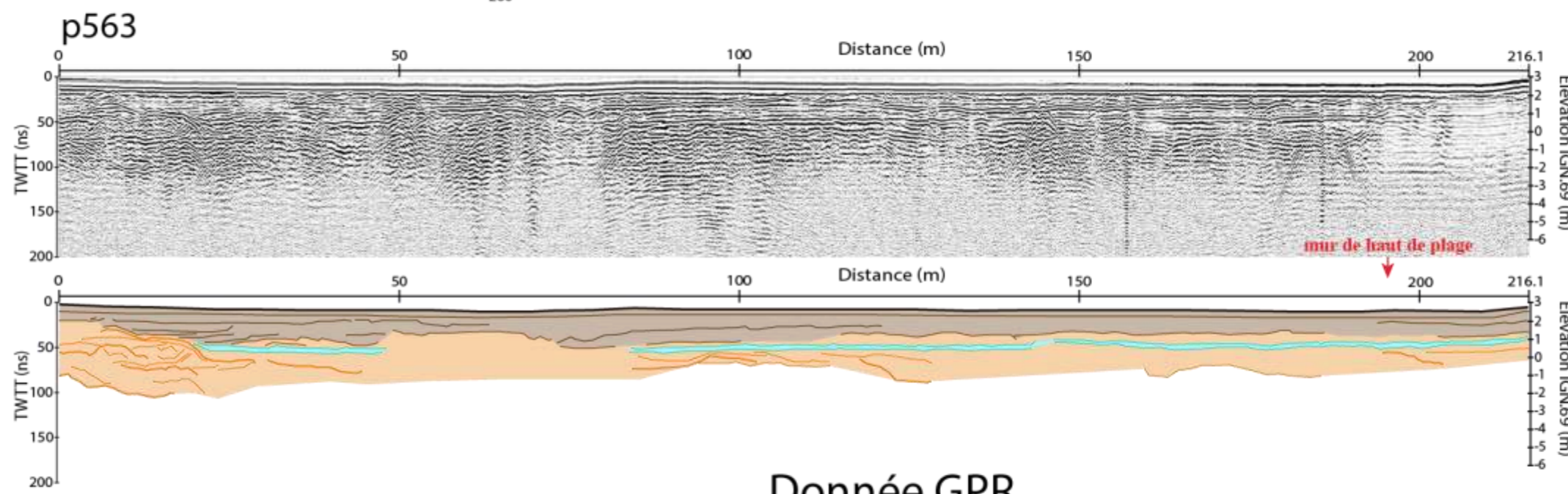
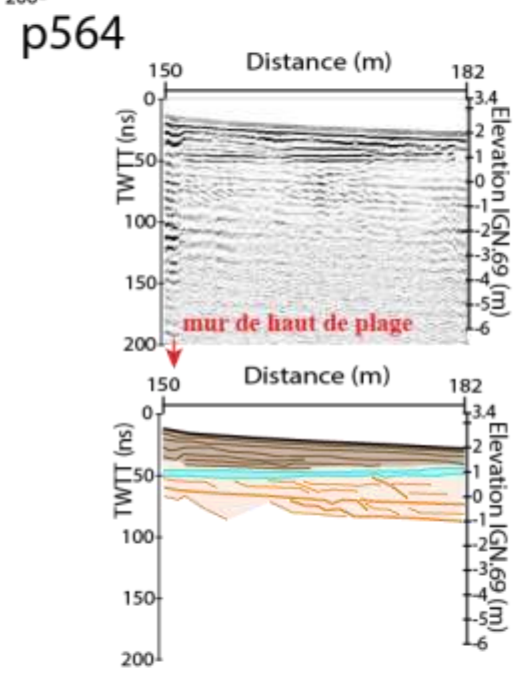
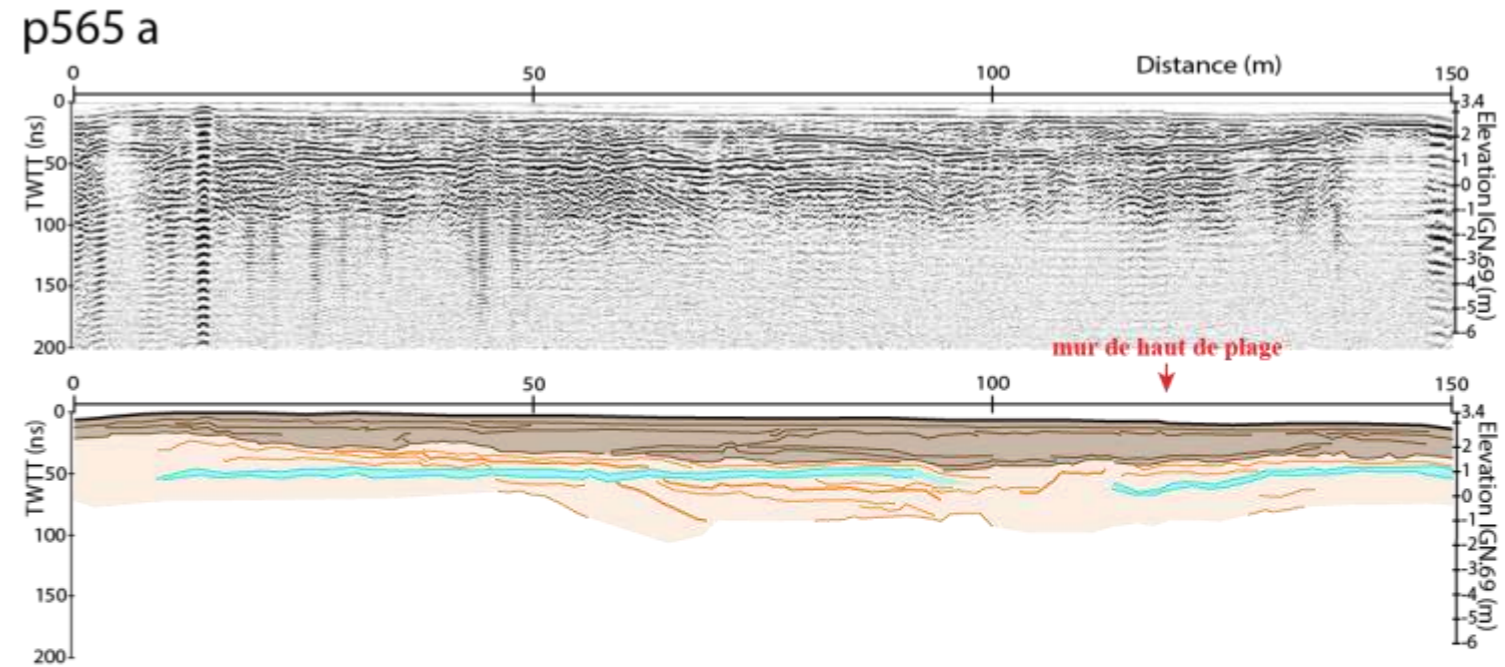
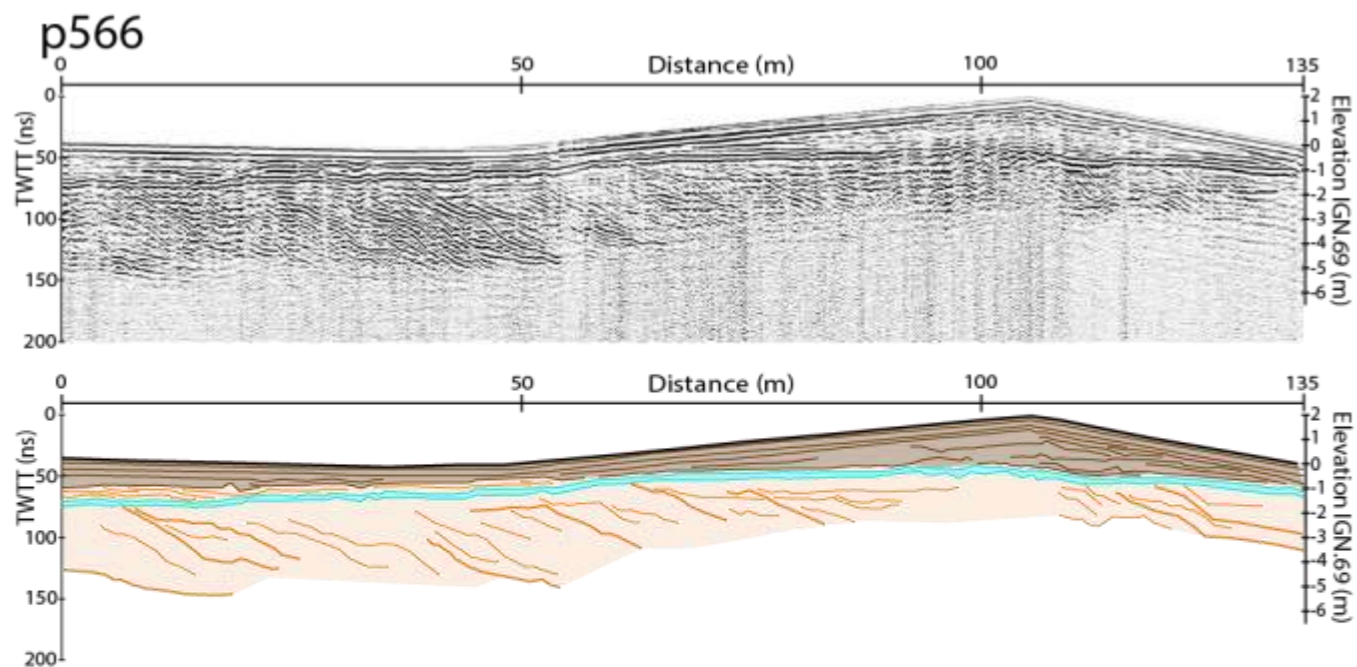


Tomographie et tracé onde

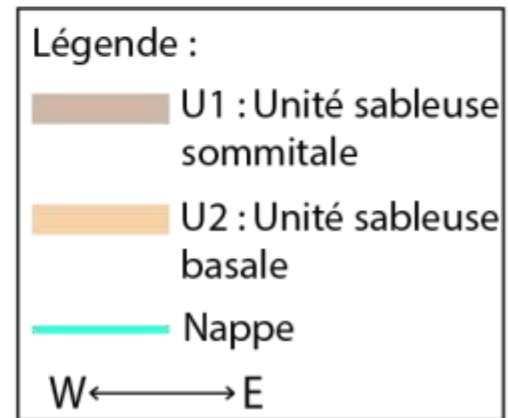


Modèle lithologique interprétatif



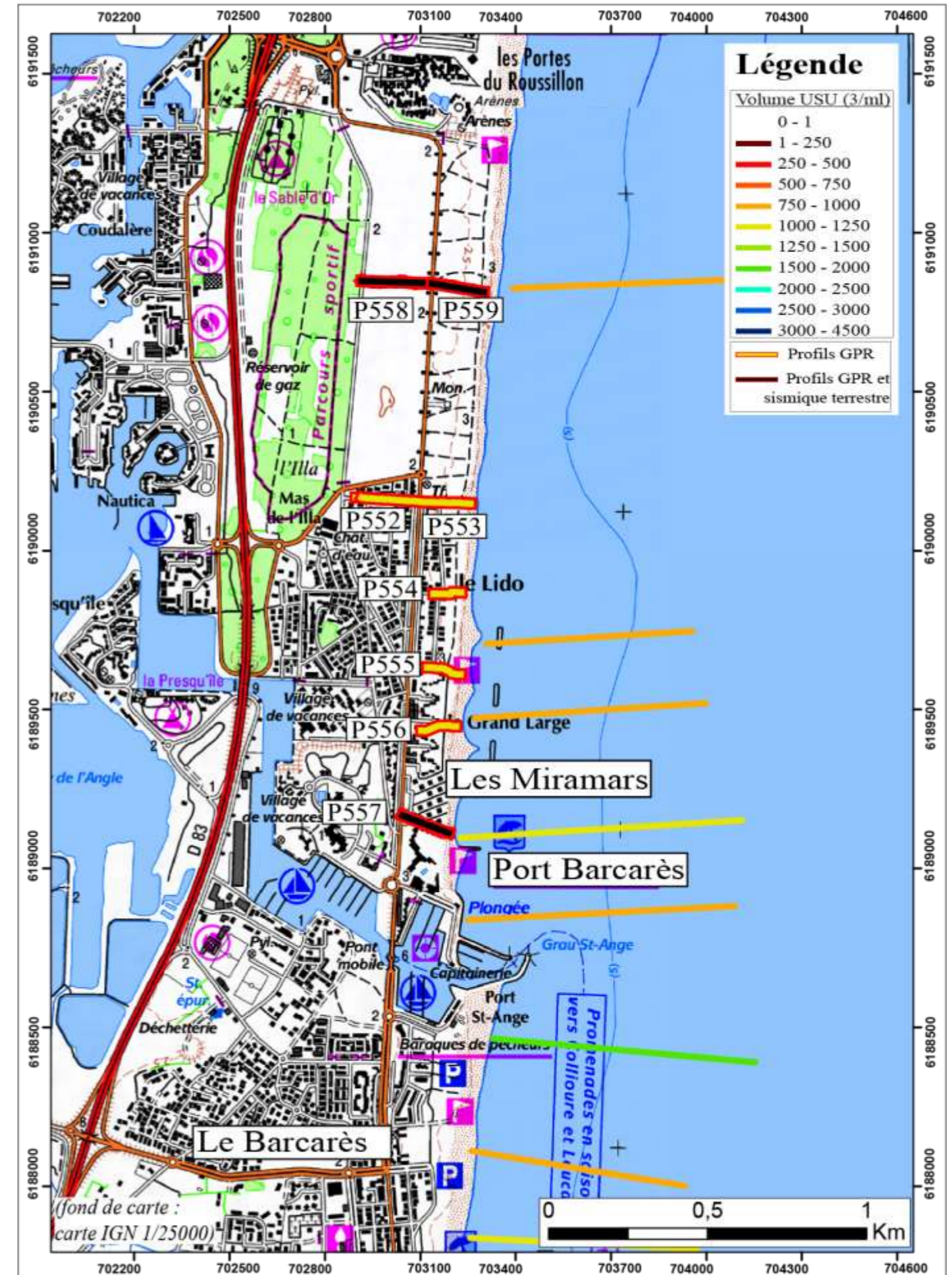


Donnée GPR
Le Barcarès - le Lydia
(antenne 250 MHz)



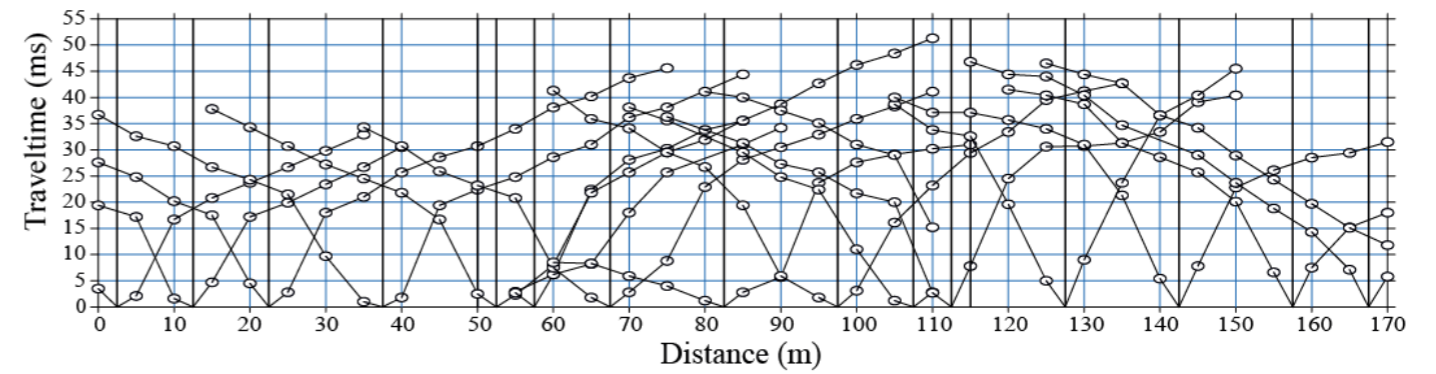
Annexe 4 : ZONE 4 : Le Barcarès – les Miramars

Zone 4 : Le Barcarès - les Miramars

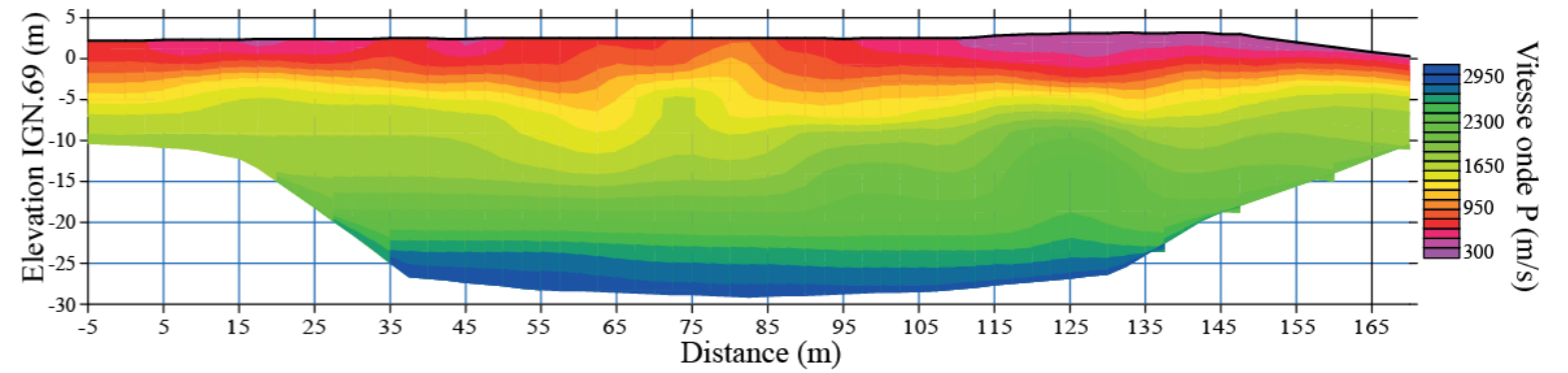


Zone 4 : Le Barcarès - les Miramars (Profil 557)

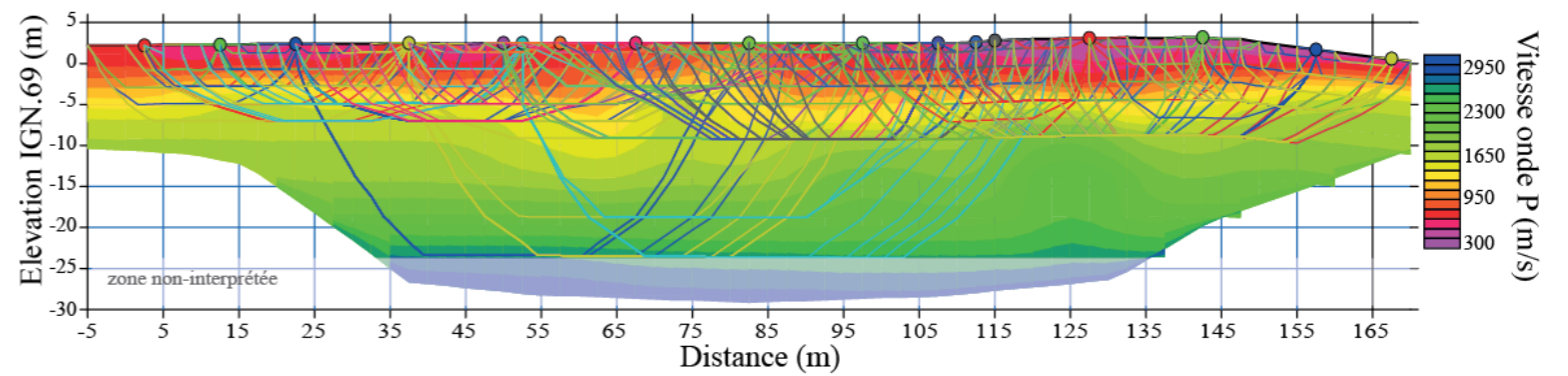
Dromochronique



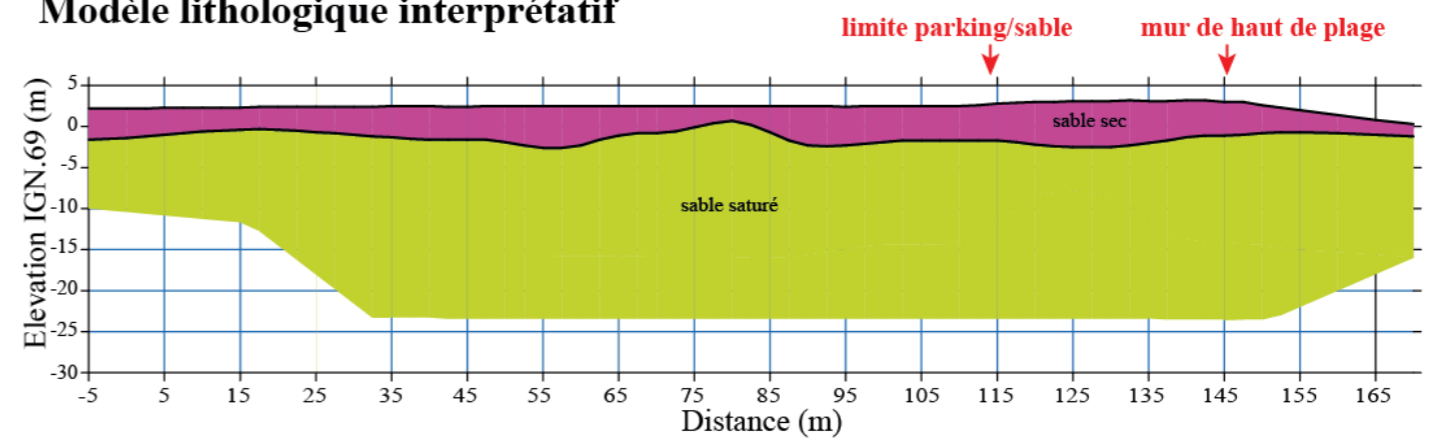
Tomographie



Tomographie et tracé onde



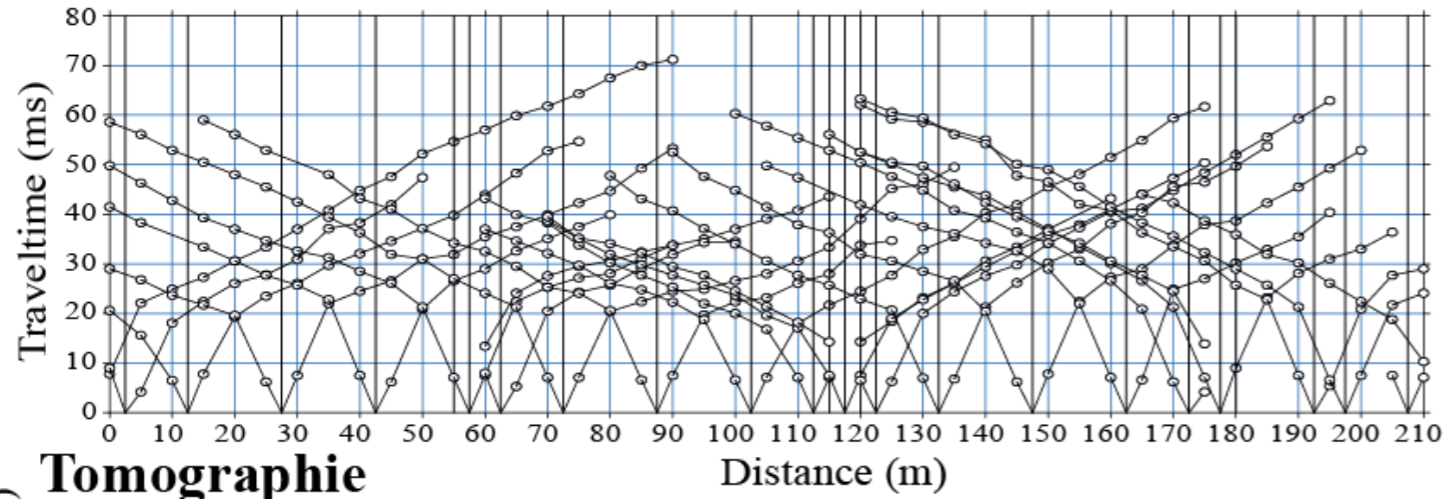
Modèle lithologique interprétatif



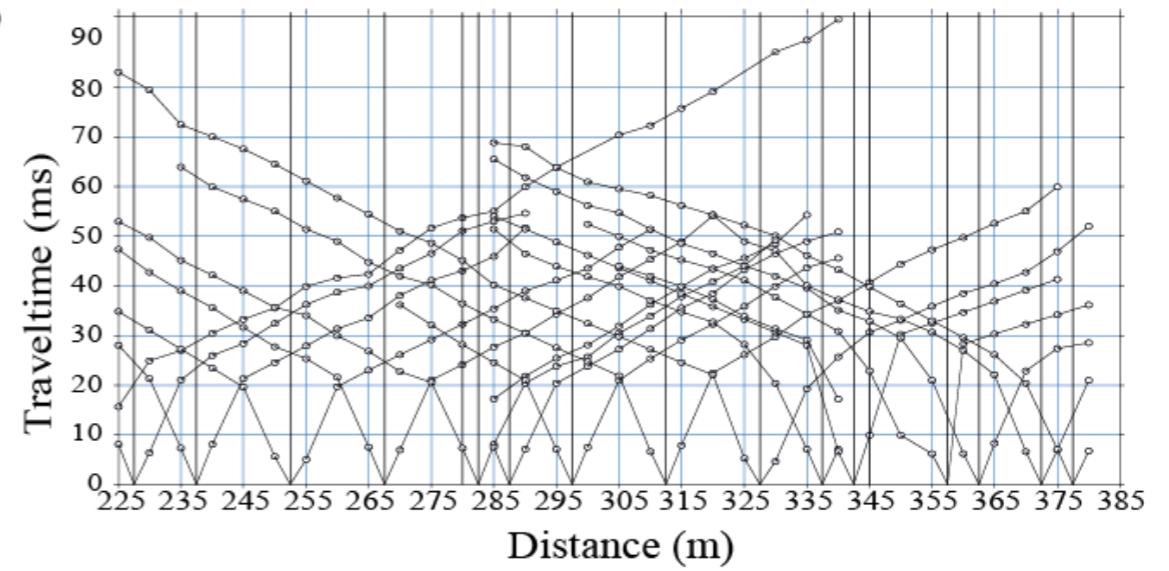
Zone 4 : Le Barcarès - les Miramars (Profil 558-559)

Dromochronique

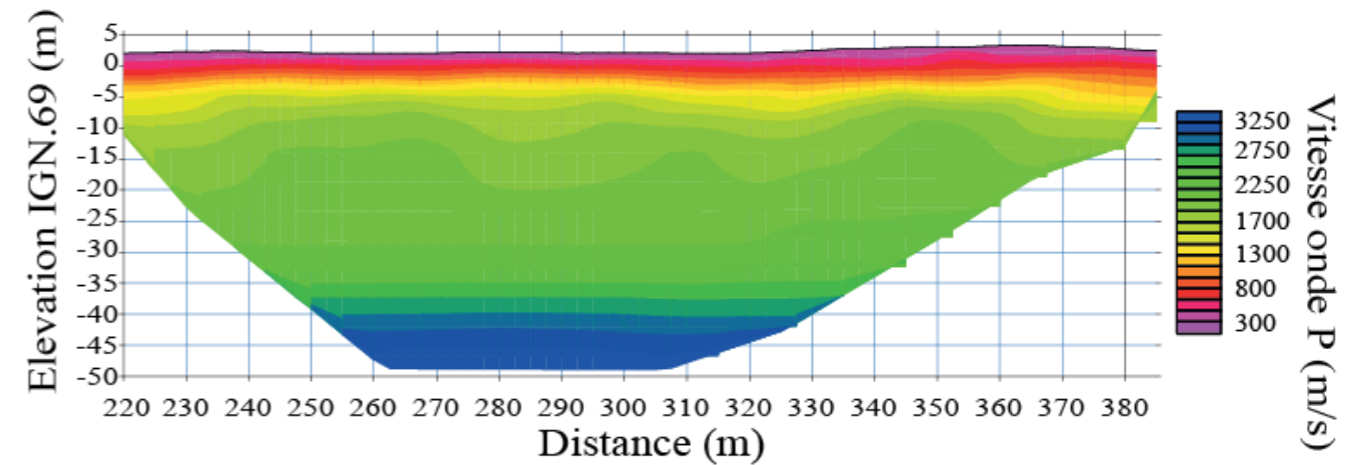
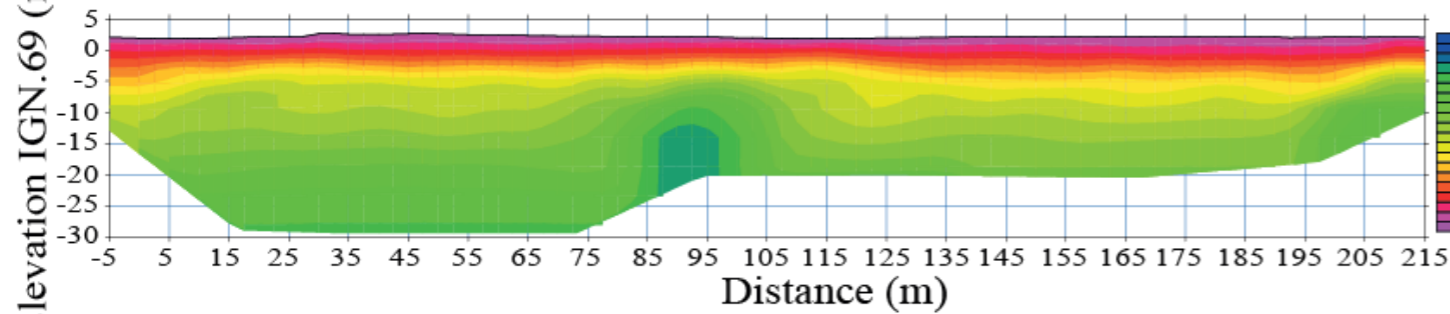
P558



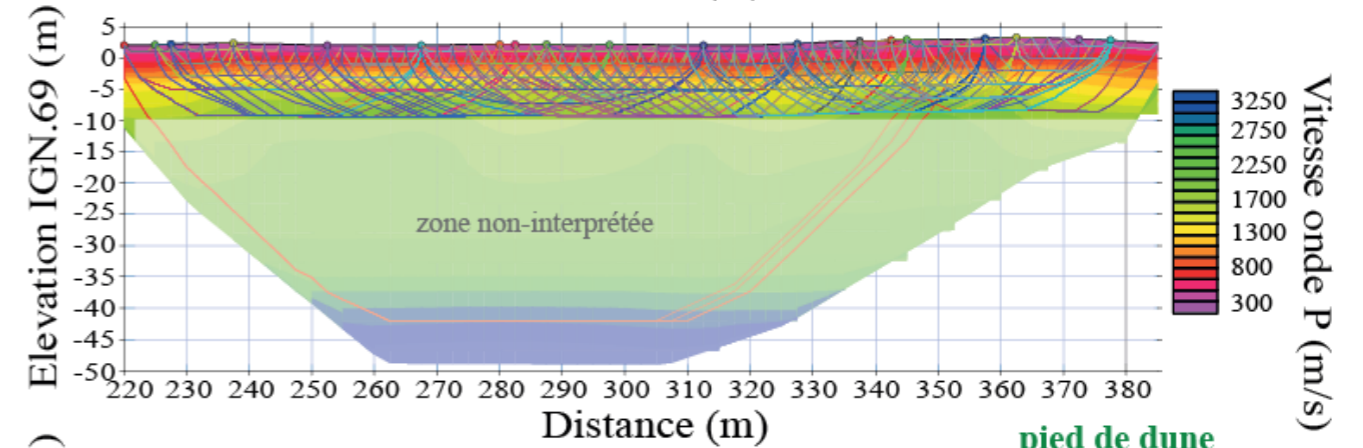
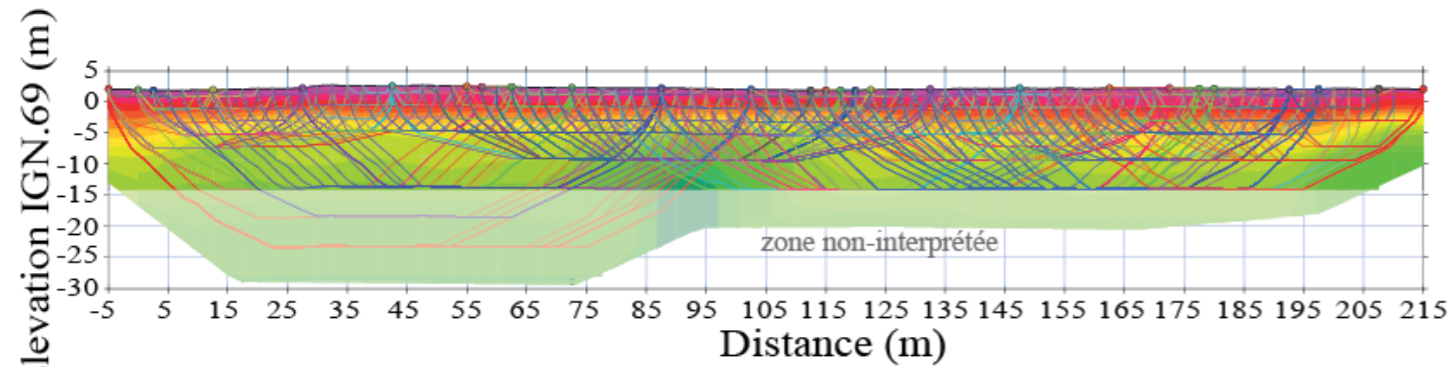
P559



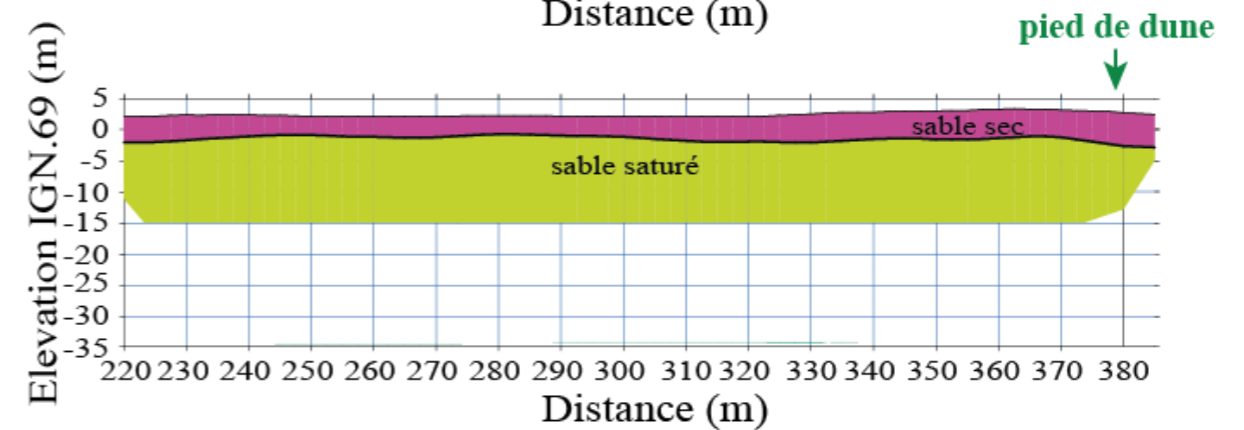
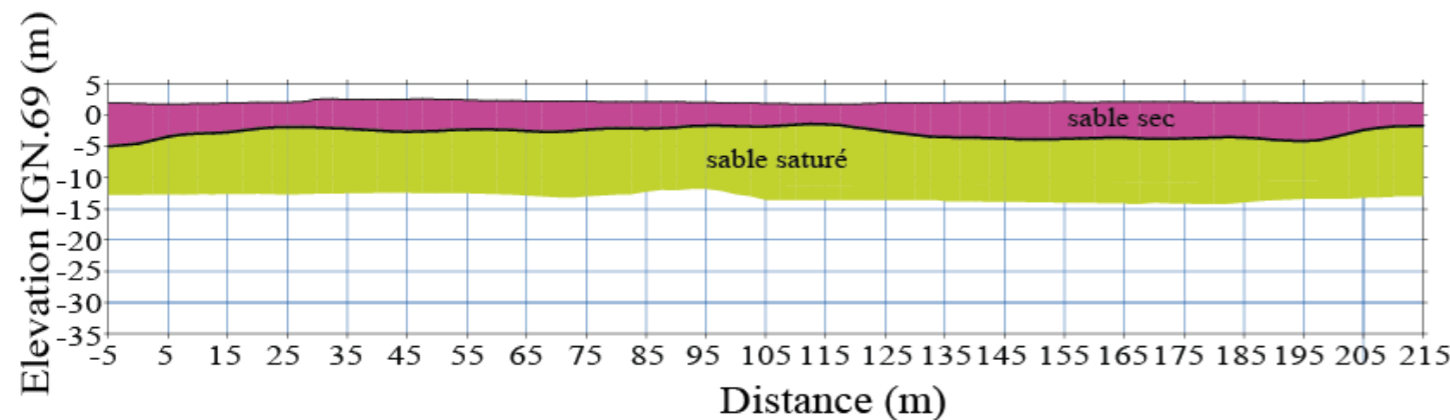
Tomographie



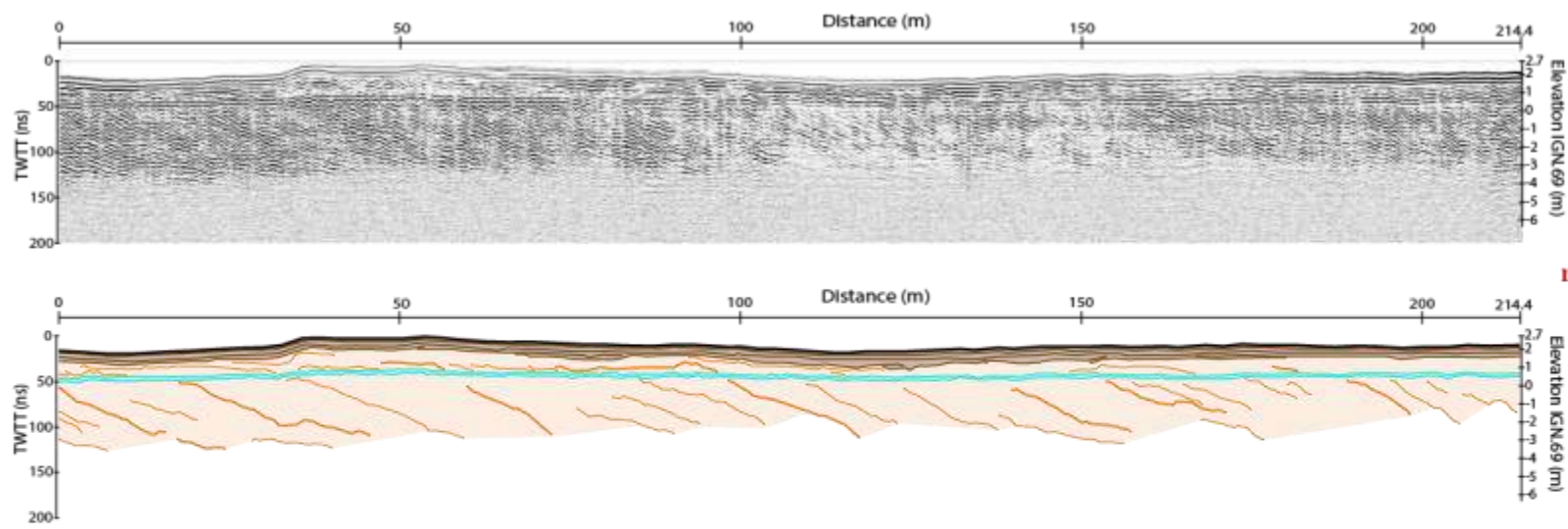
Tomographie et tracé onde



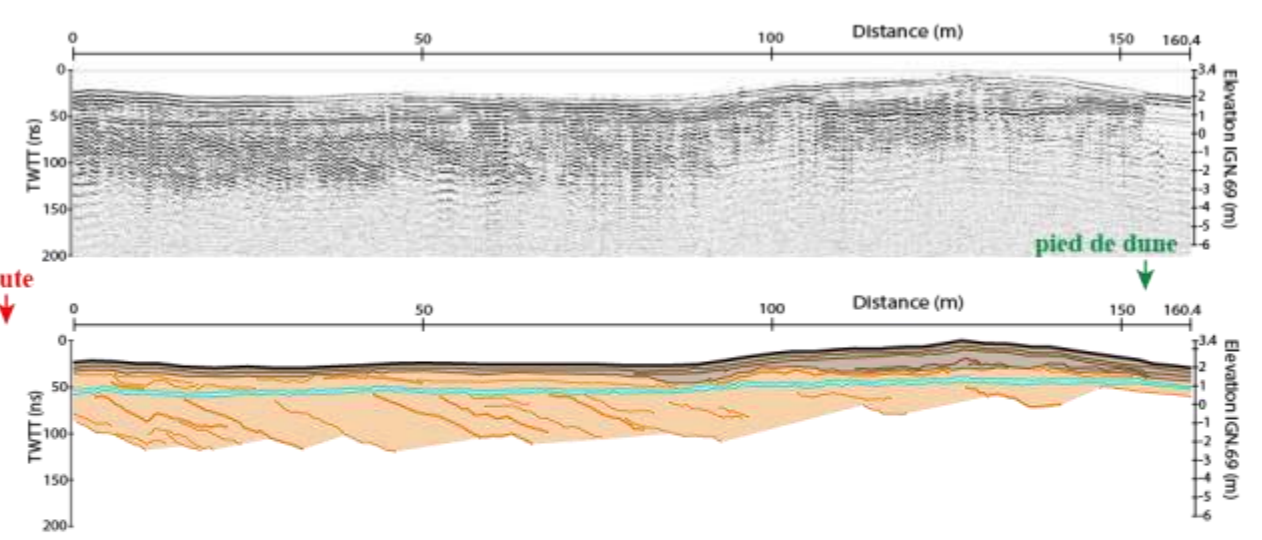
Modèle lithologique interprétatif



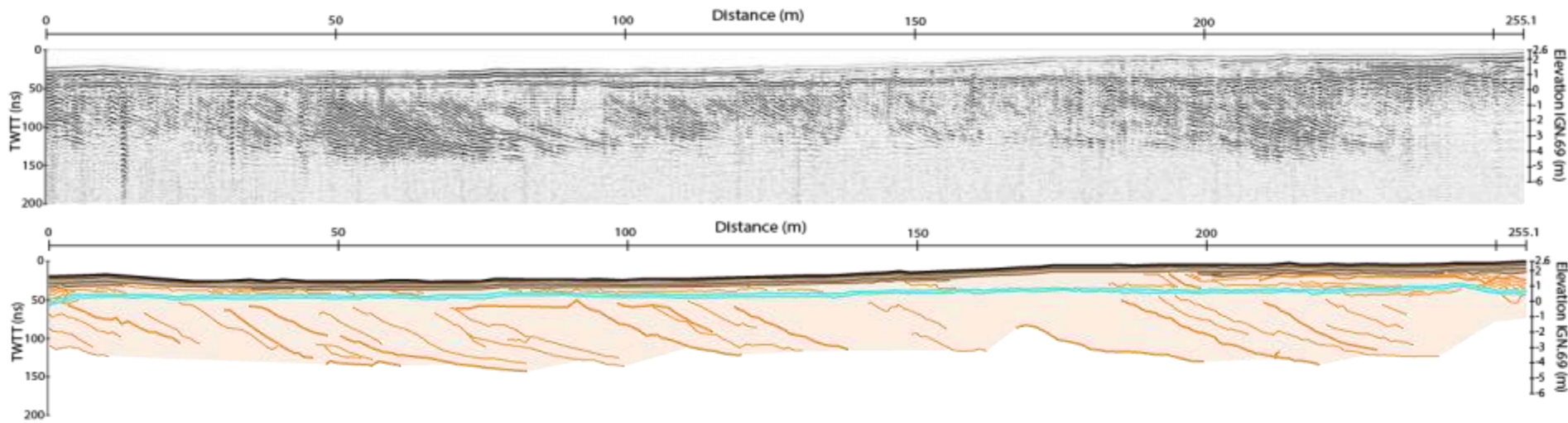
p558



p559

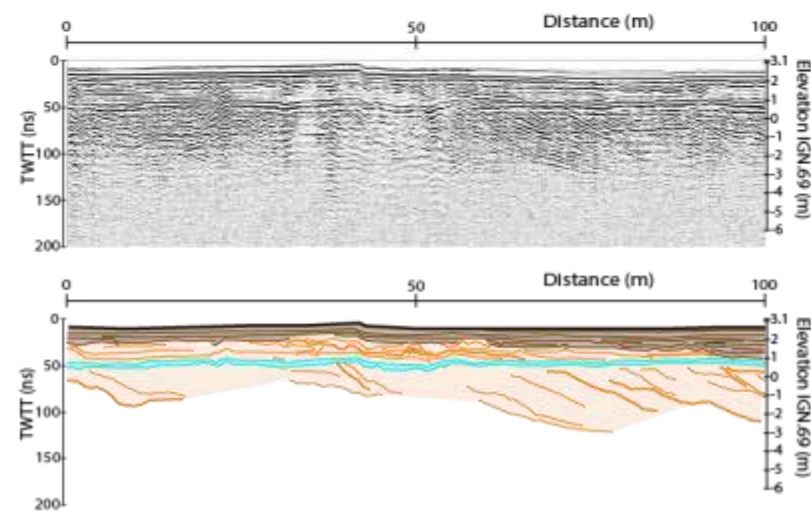


p560

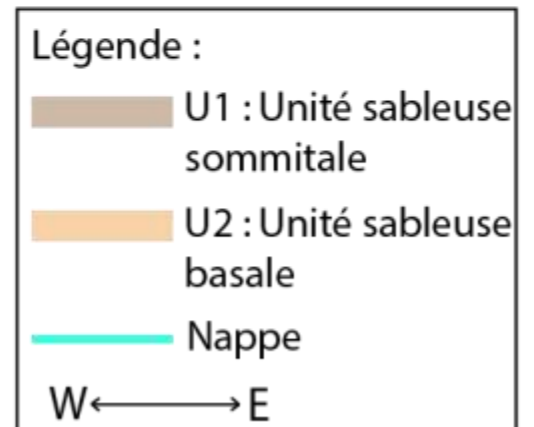
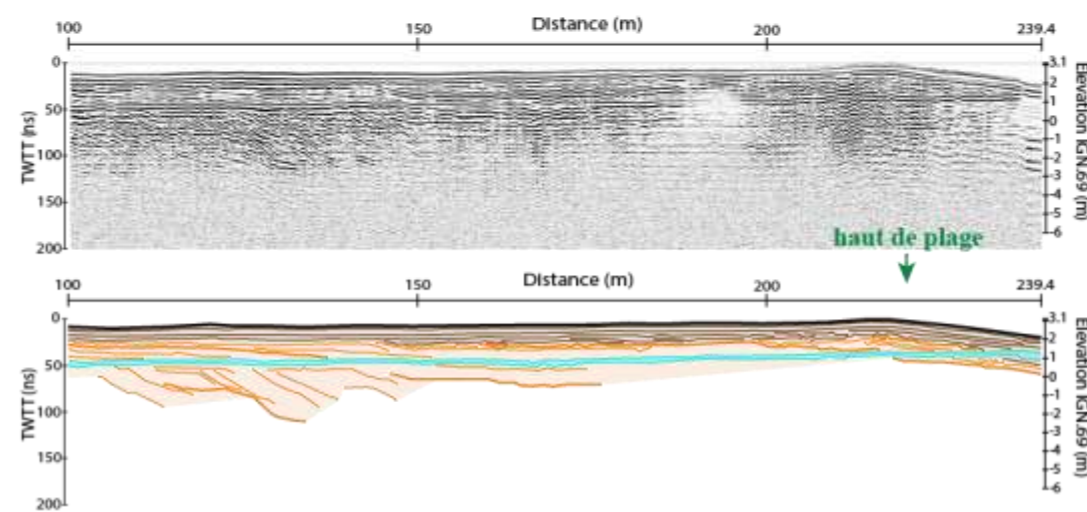


Donnée GPR
Le Barcarès - les Miramars
(antenne 250 MHz)

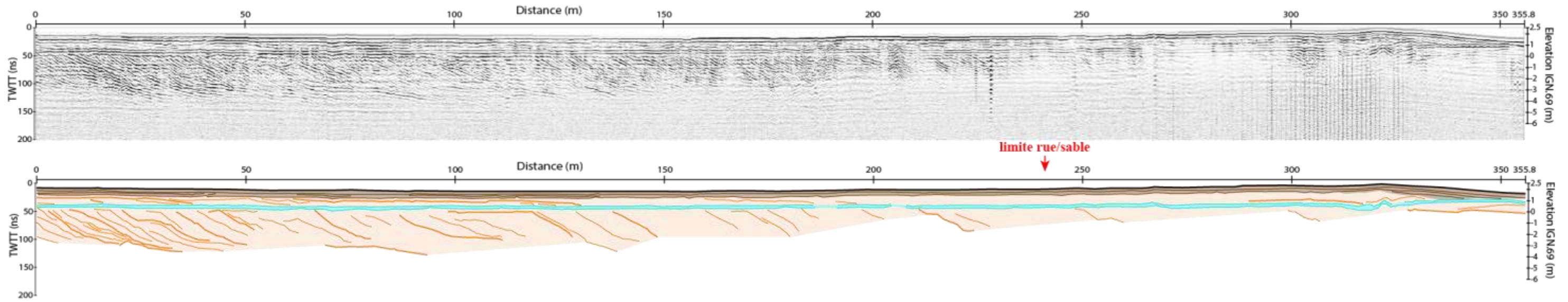
p561a



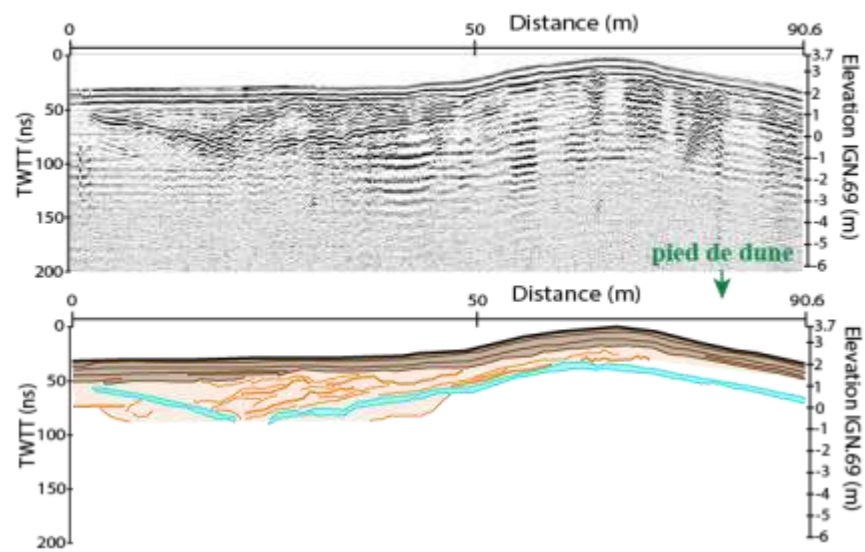
p561b



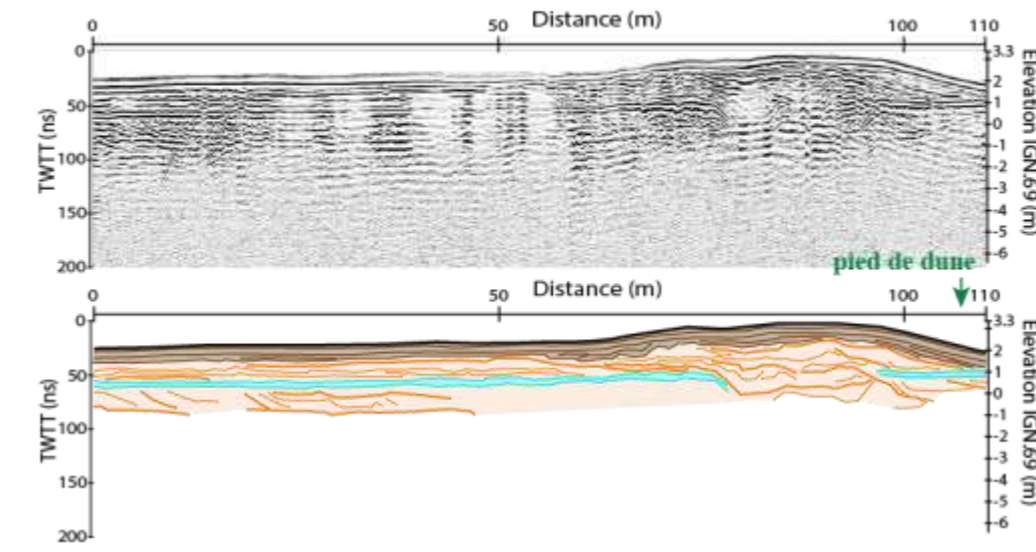
p552 + p553



p554

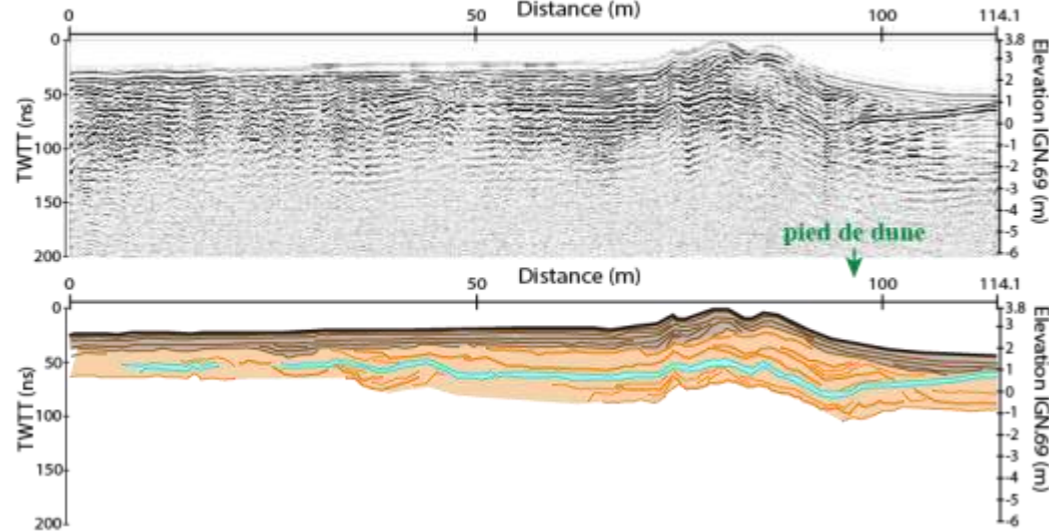


p555

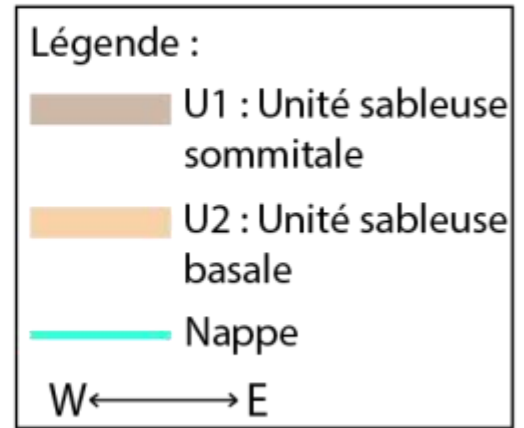
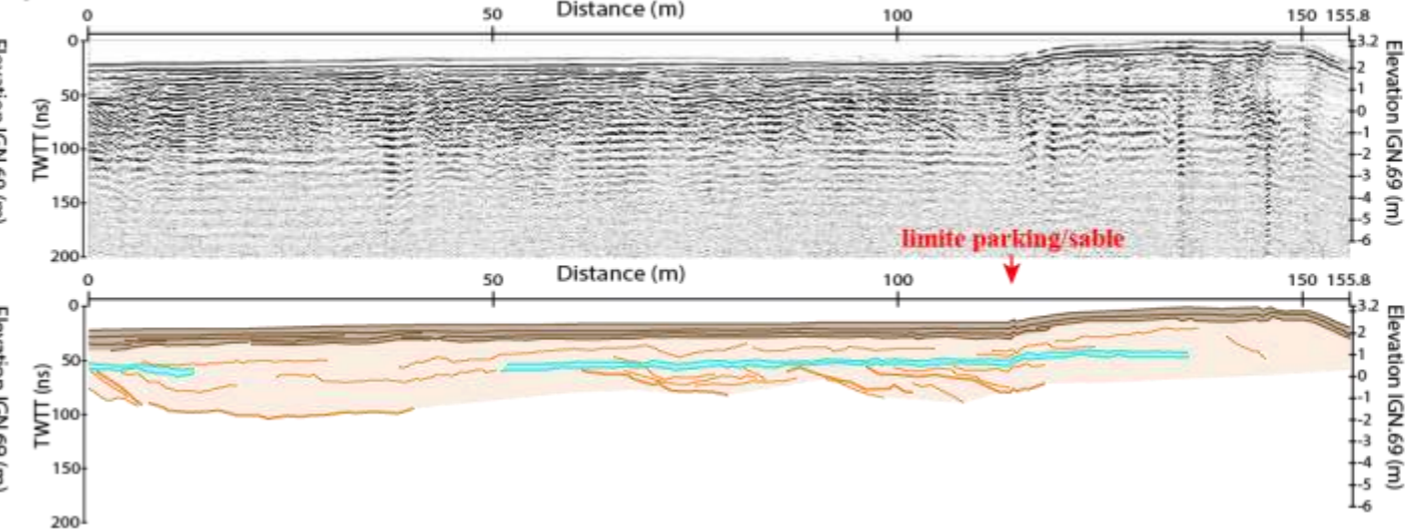


Donnée GPR
Le Barcarès - les Miramars
(antenne 250 MHz)

p556

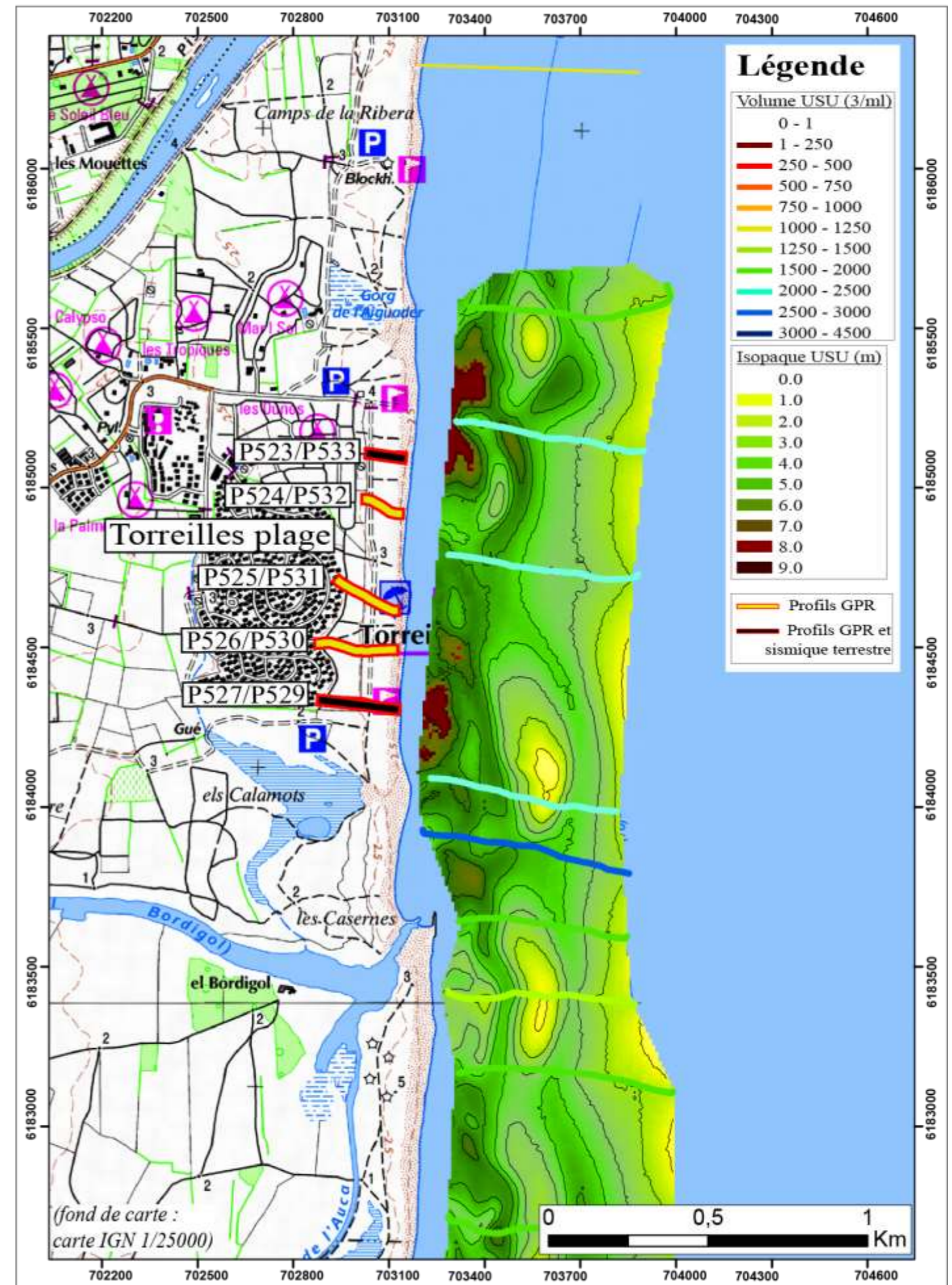


p557



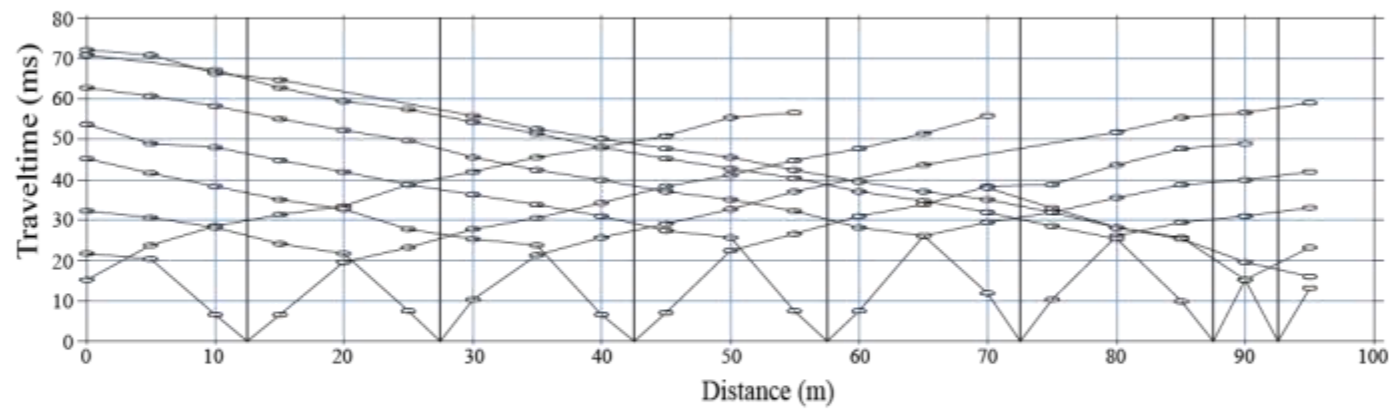
Annexe 5 : ZONE 5 : Torreilles - villages des sables

Zone 5 : Torreilles, village des sables

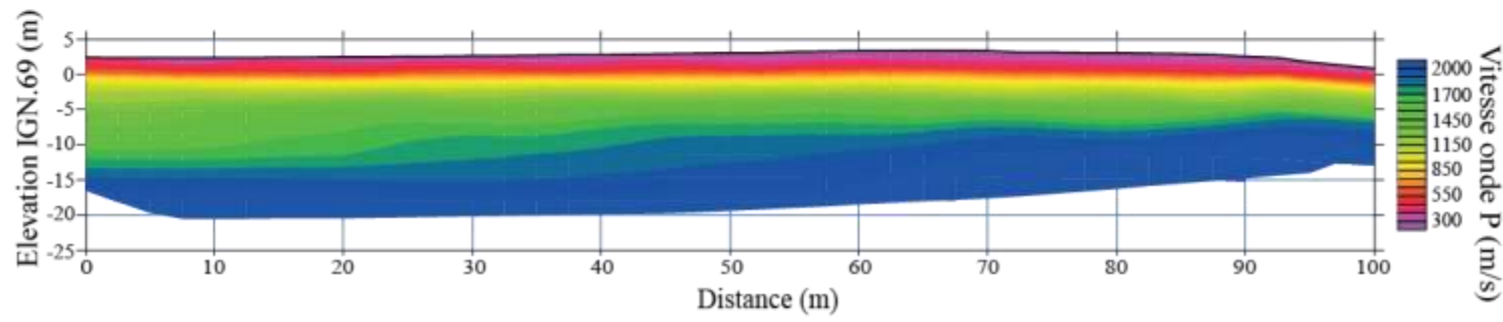


Zone 5 : Torreilles - villages des sables (Profil 523)

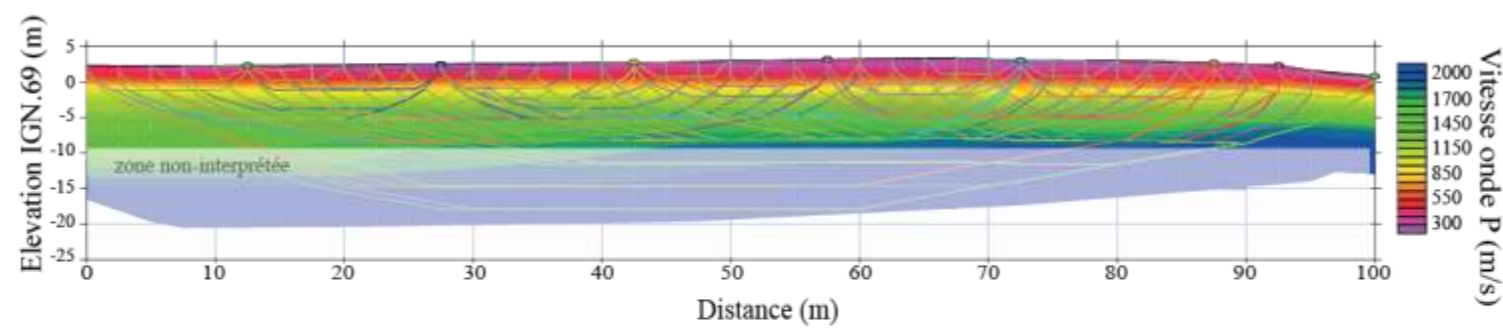
Dromochronique



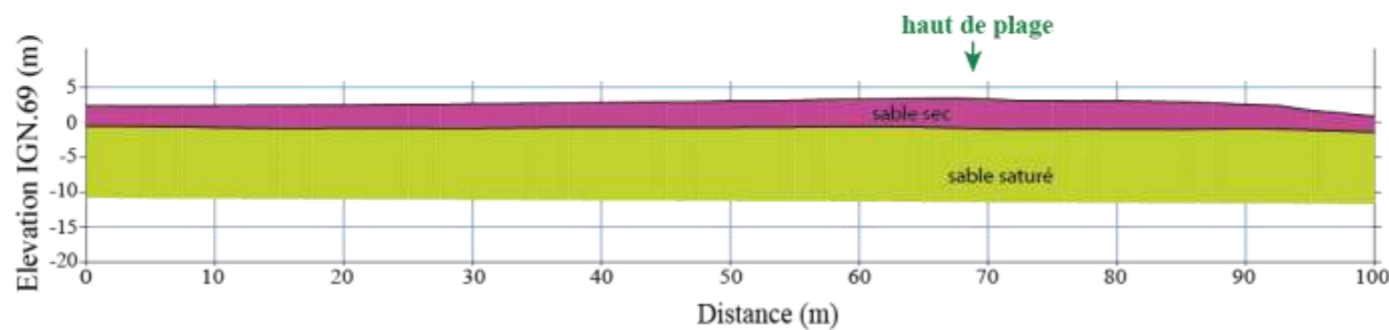
Tomographie



Tomographie et tracé onde

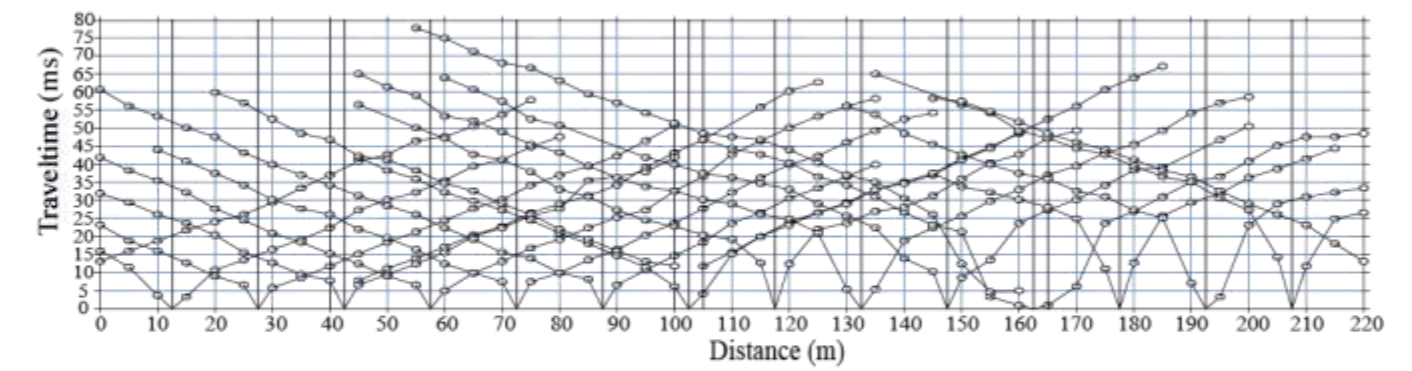


Modèle lithologique interprétatif

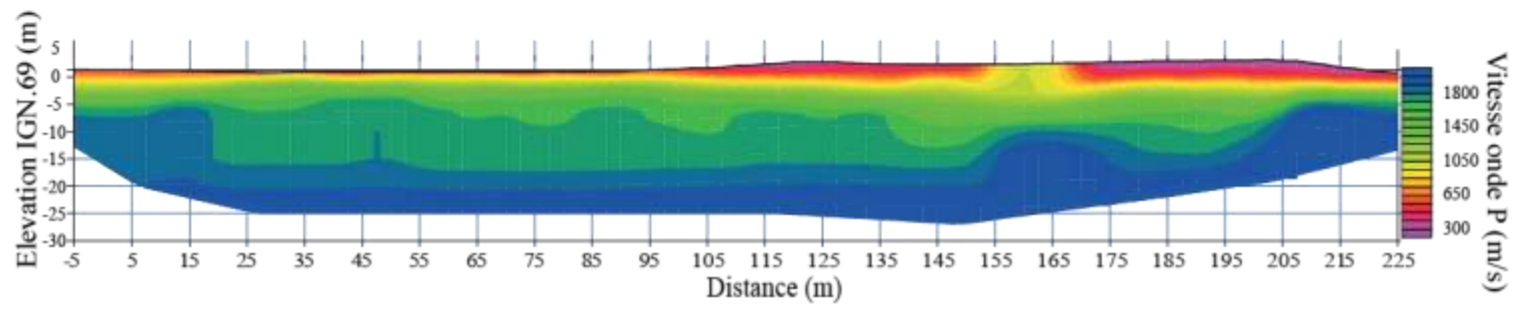


Zone 5 : Torreilles - villages des sables (Profil 527)

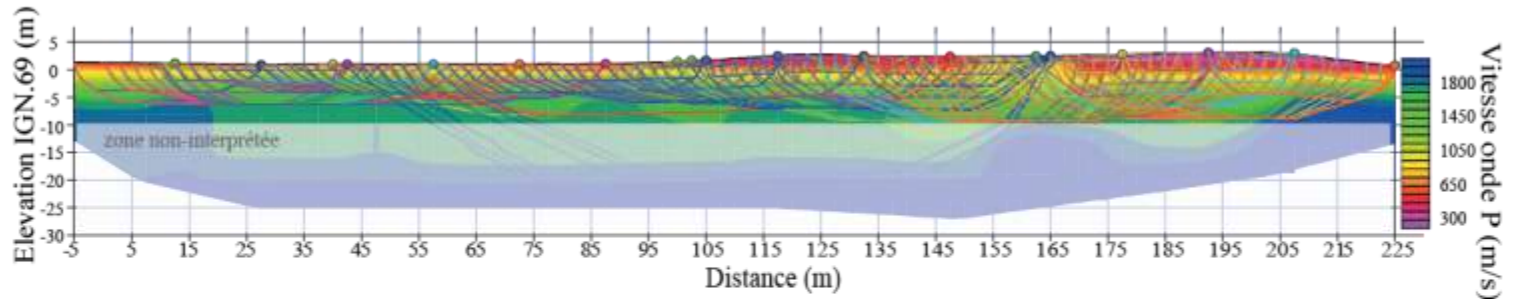
Dromochronique



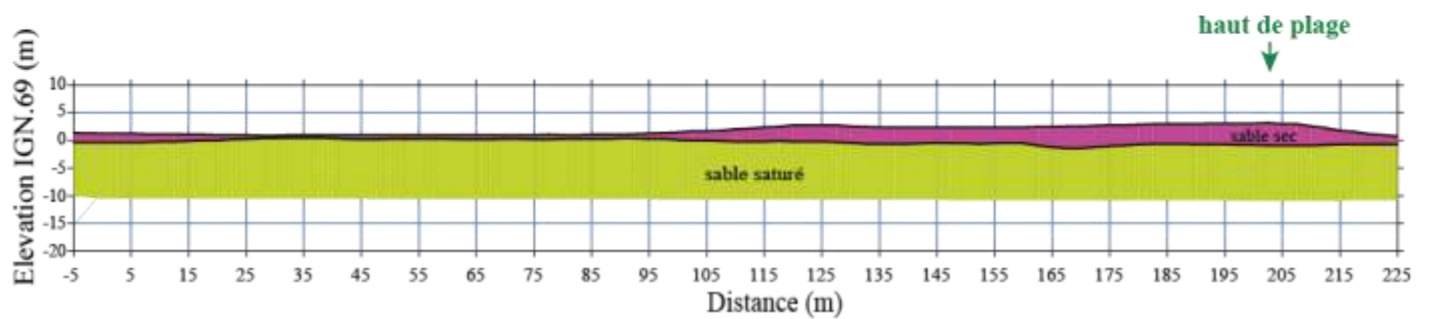
Tomographie

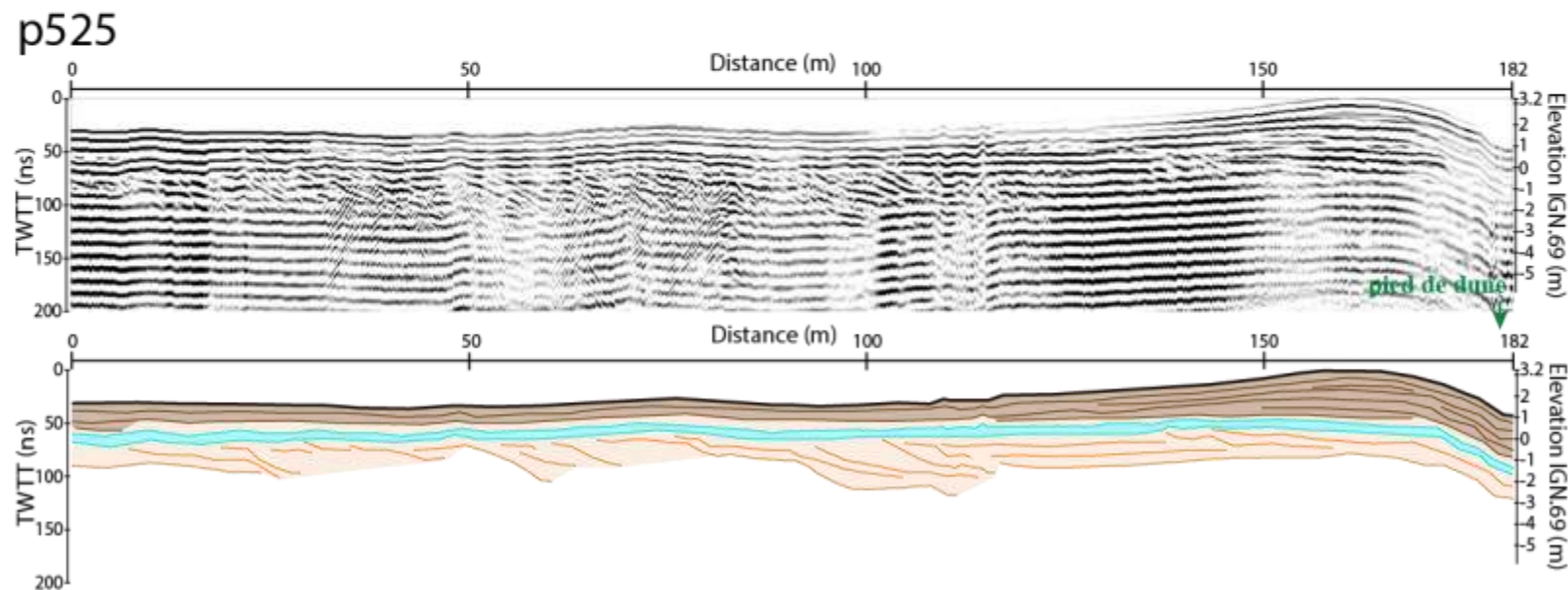
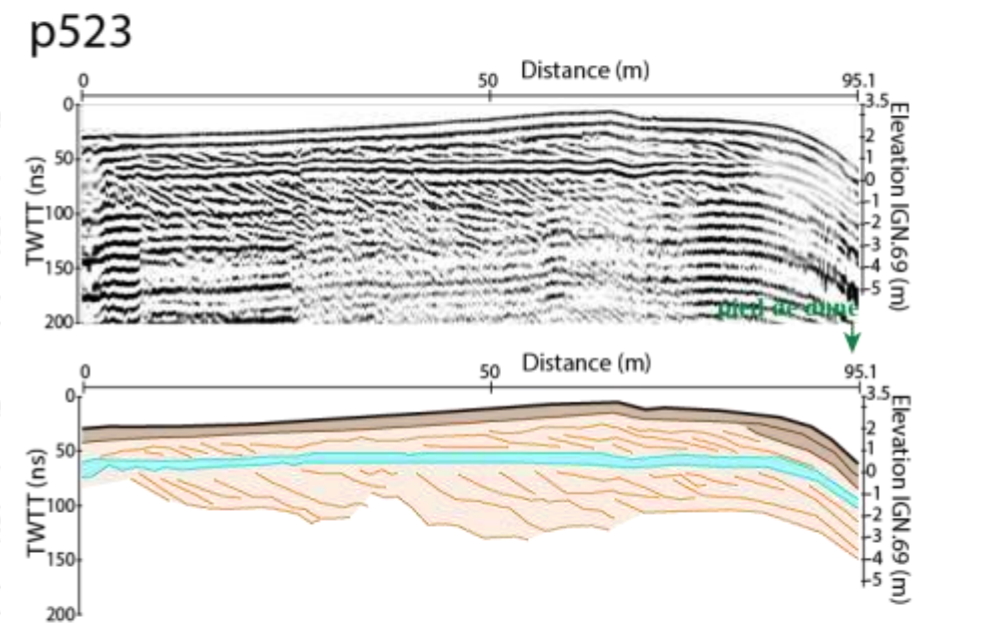
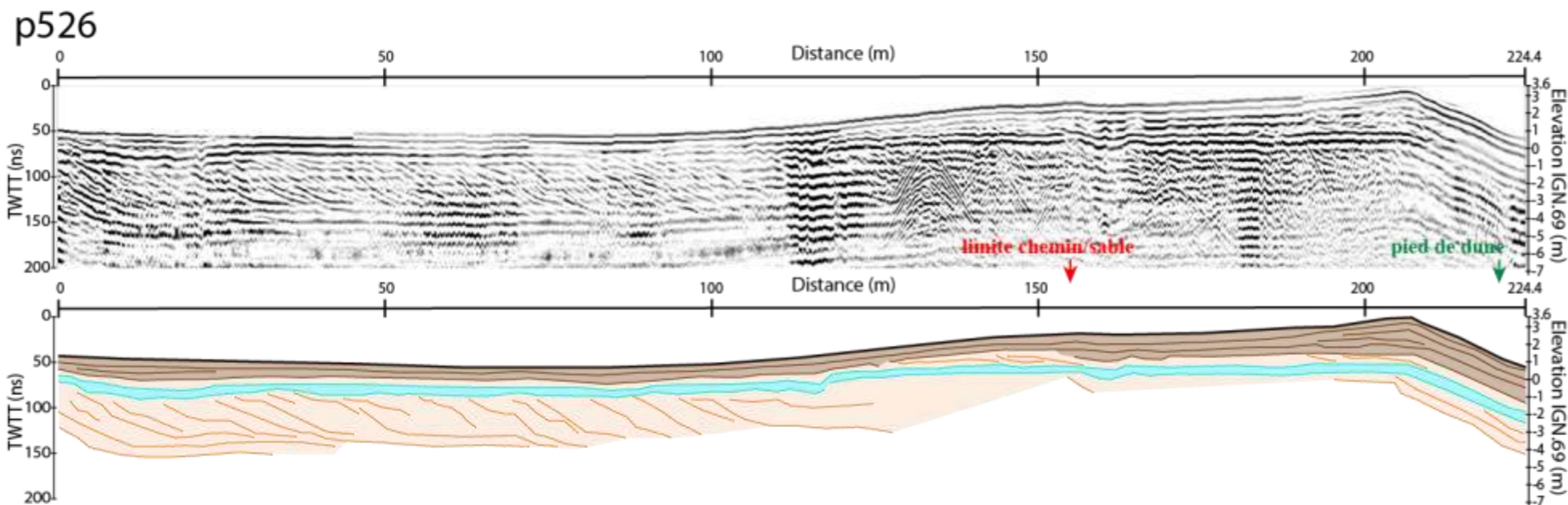
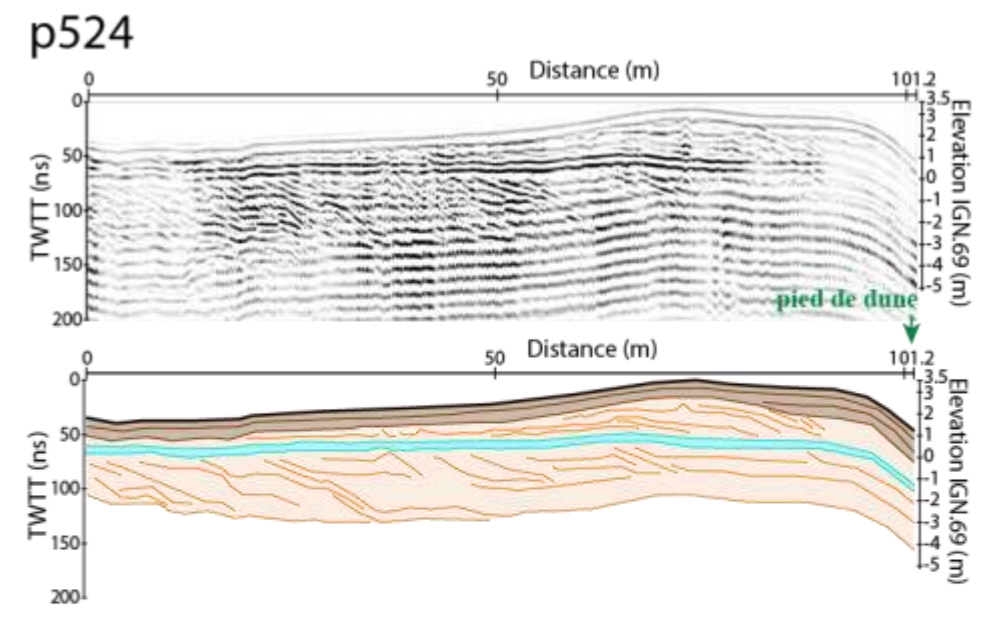
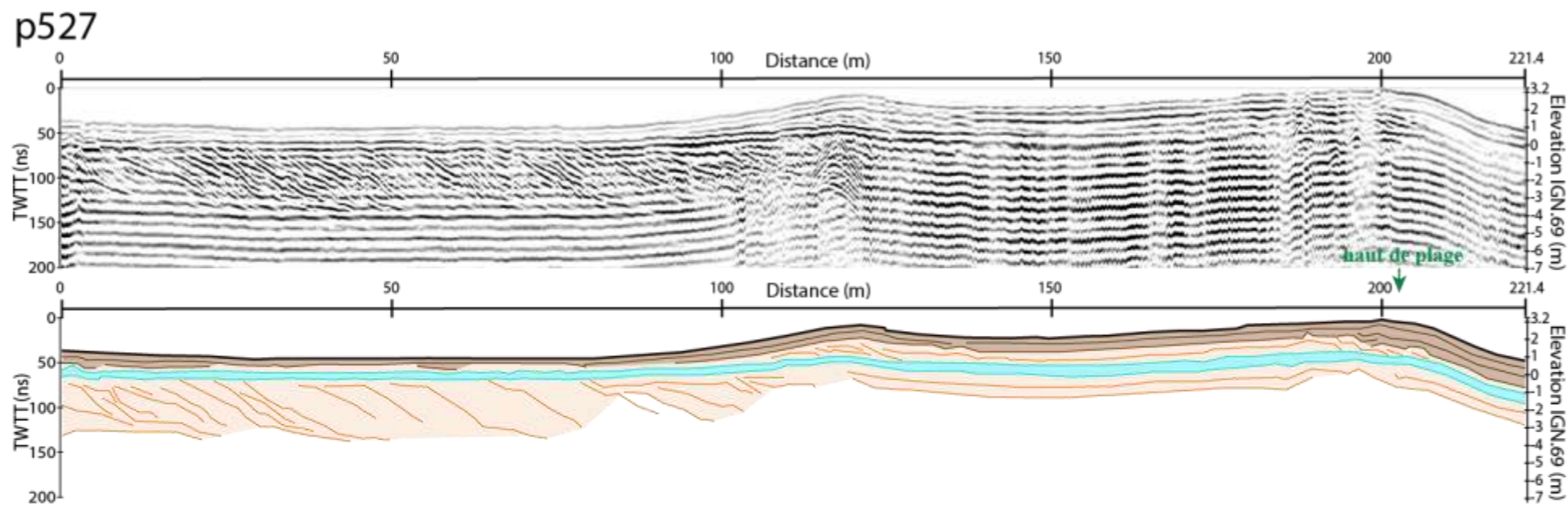


Tomographie et tracé onde

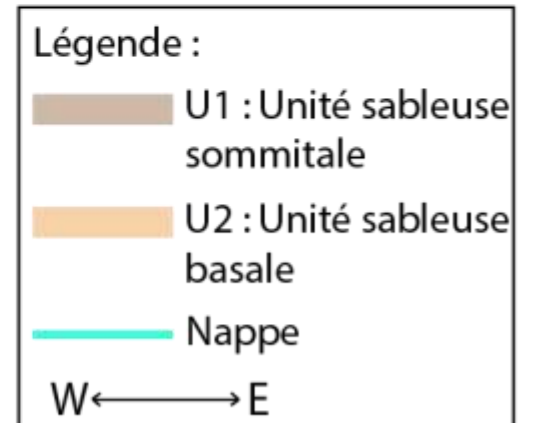


Modèle lithologique interprétatif

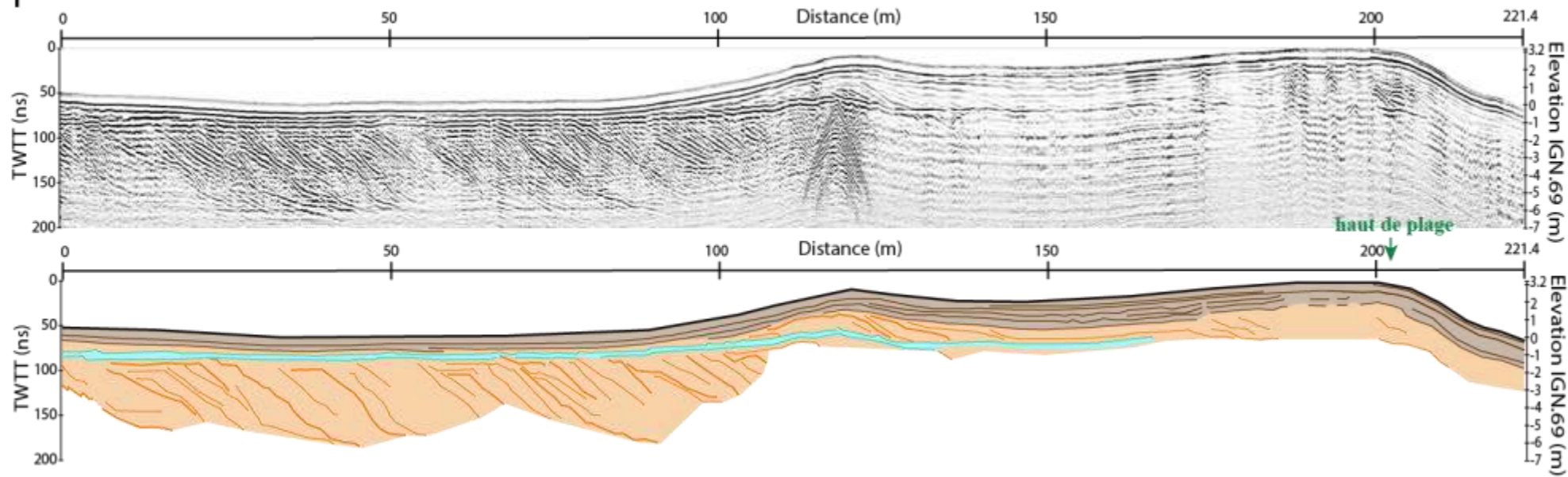




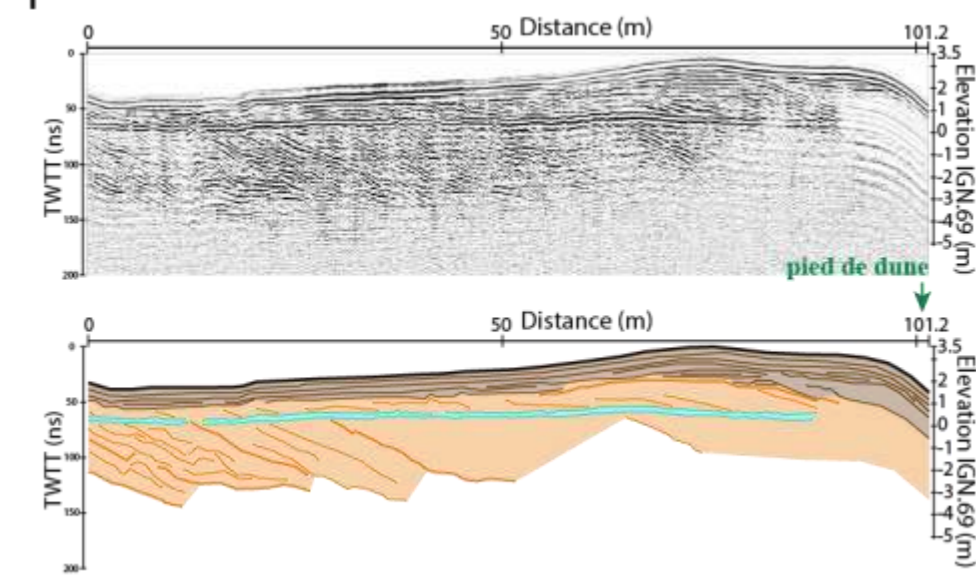
Donnée GPR
Torreilles - villages des
sables
(antenne 100 MHz)



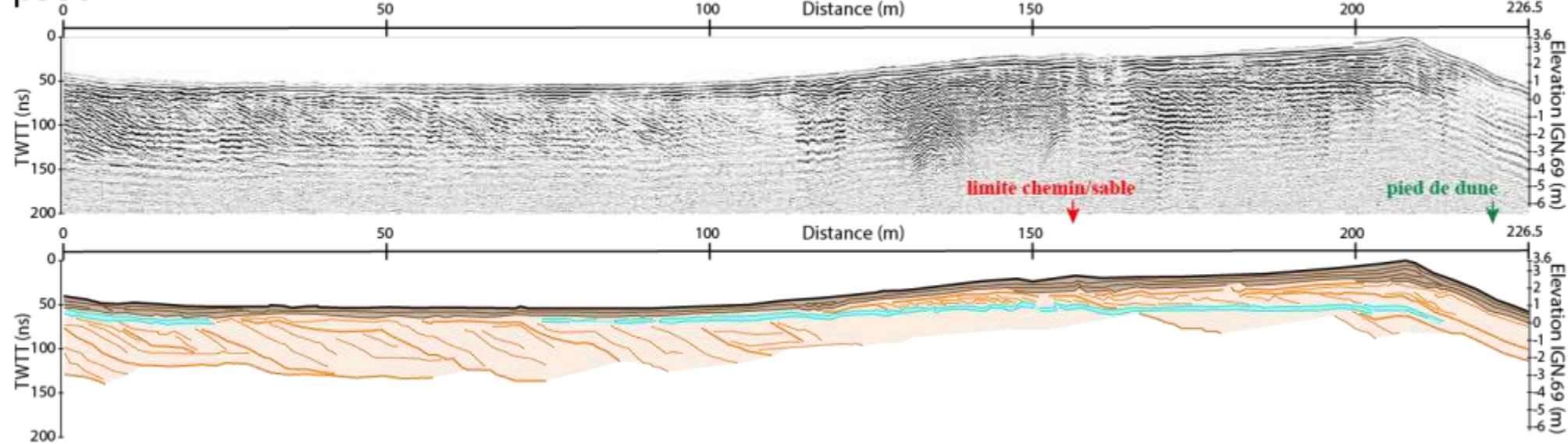
p529



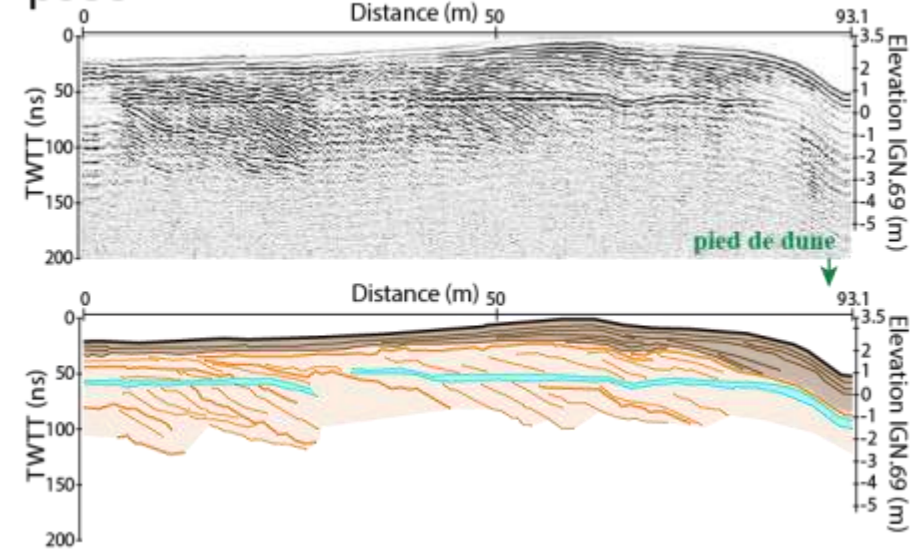
p532



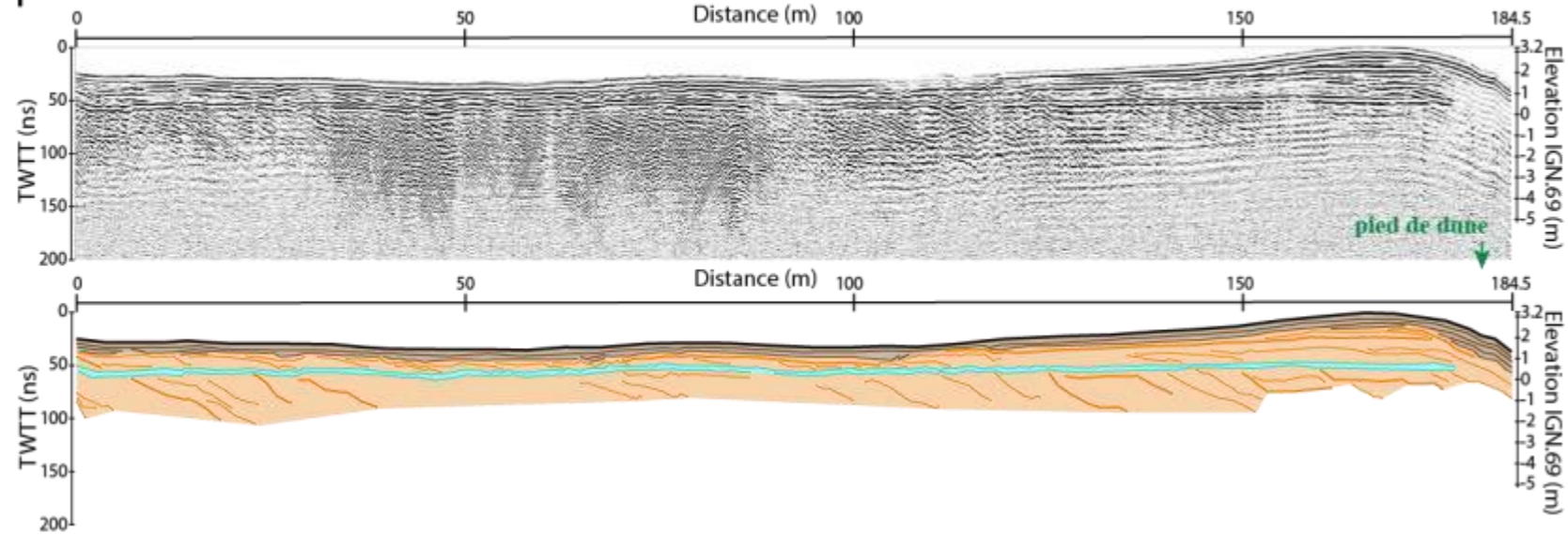
p530



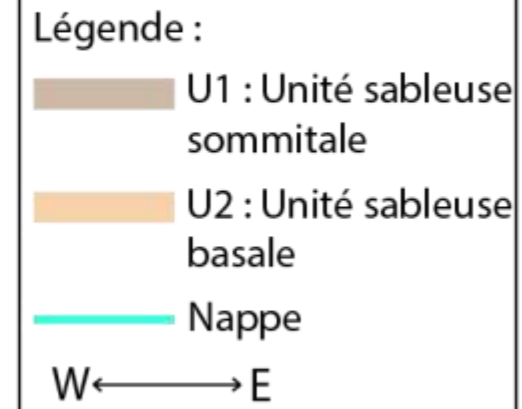
p533



p531

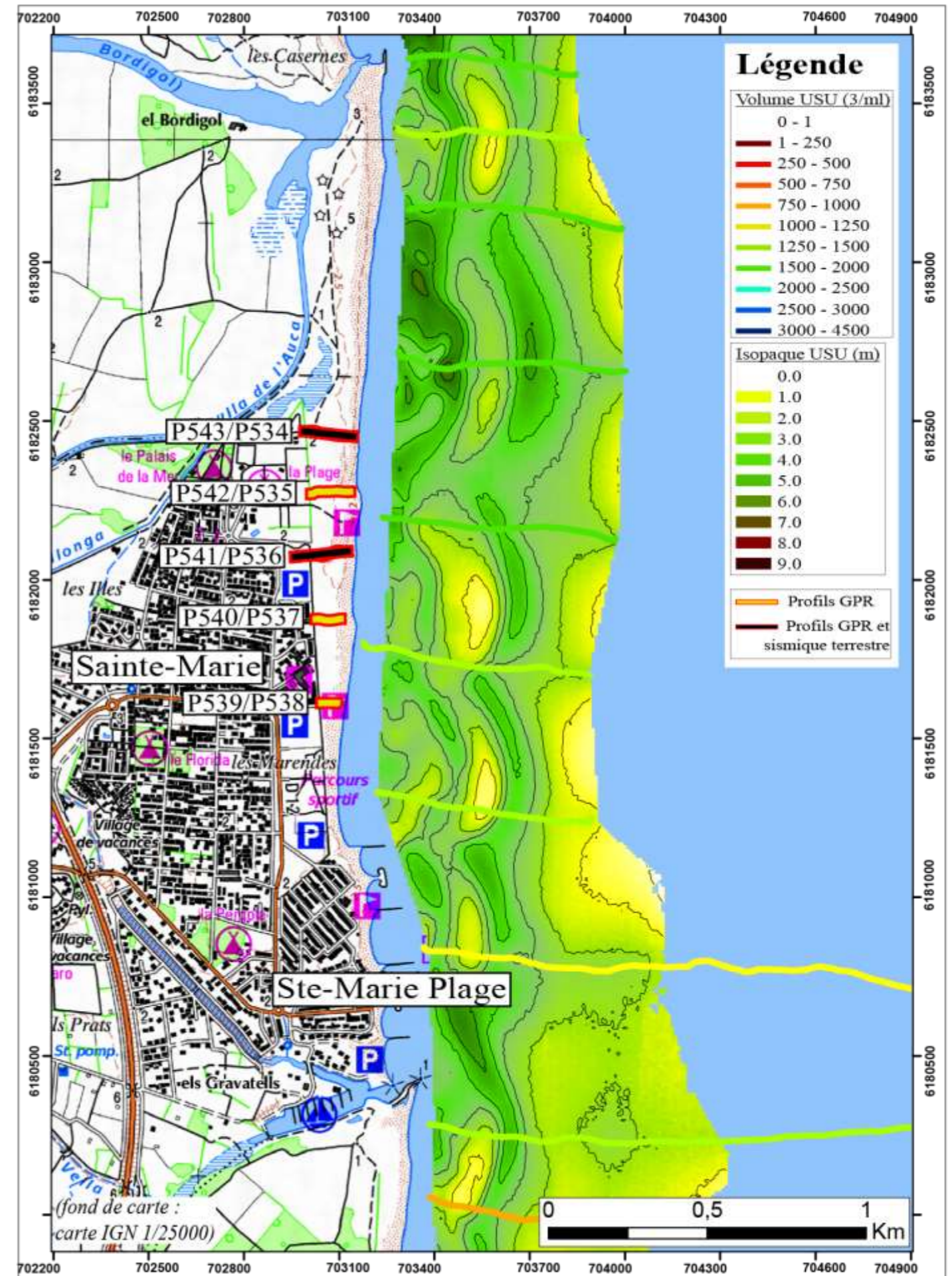


Donnée GPR
Torreilles - villages des
sables
(antenne 250 MHz)



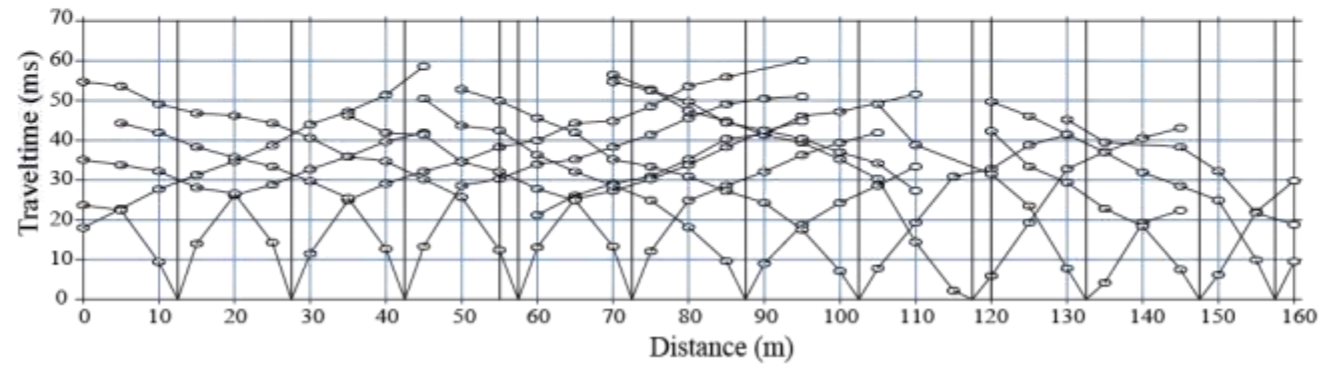
Annexe 6 : ZONE 6 : Sainte-Marie- la-Mer

Zone 6 : Sainte-Marie-la-Mer

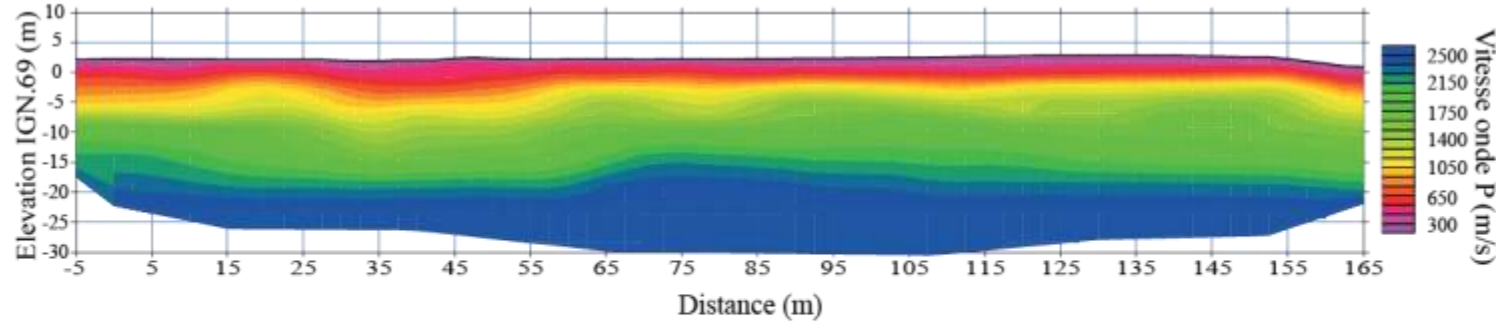


Zone 6 : Sainte-Marie-la-Mer (Profil 541)

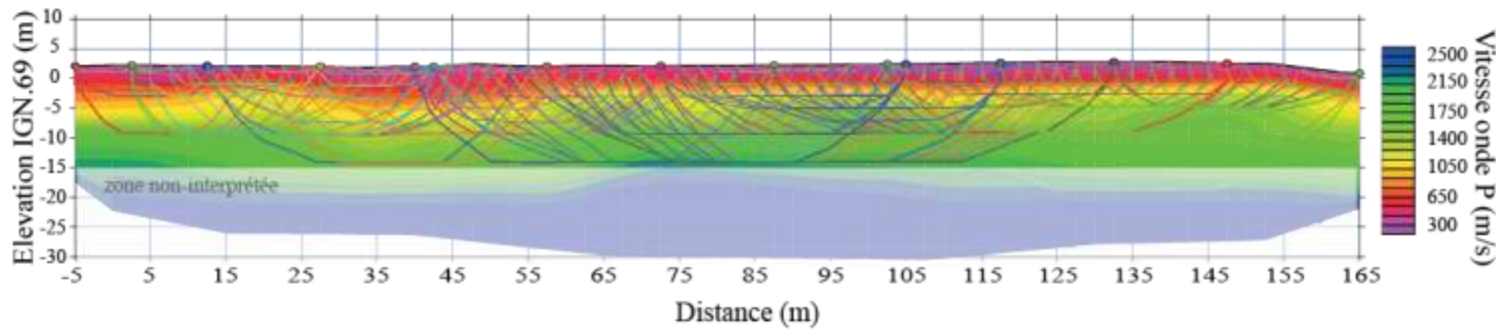
Dromochronique



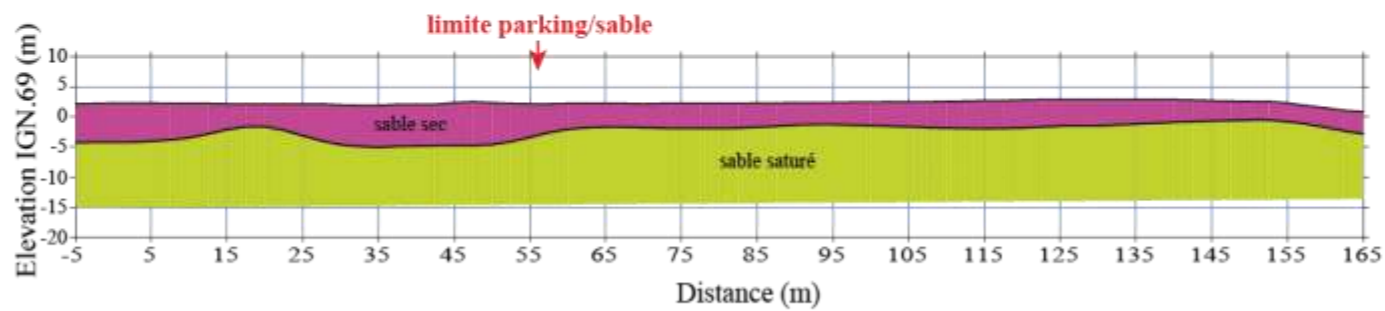
Tomographie



Tomographie et tracé onde

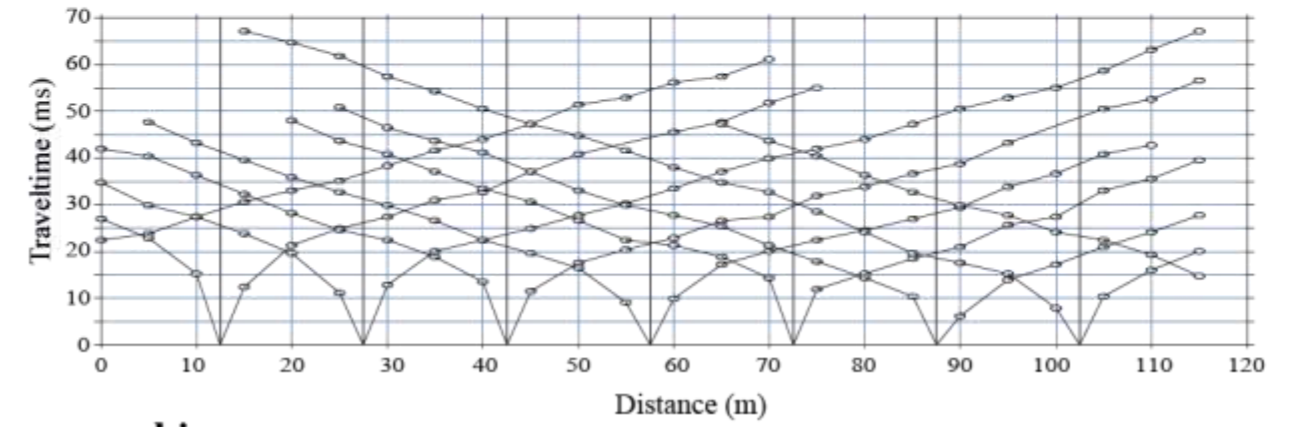


Modèle lithologique interprétatif

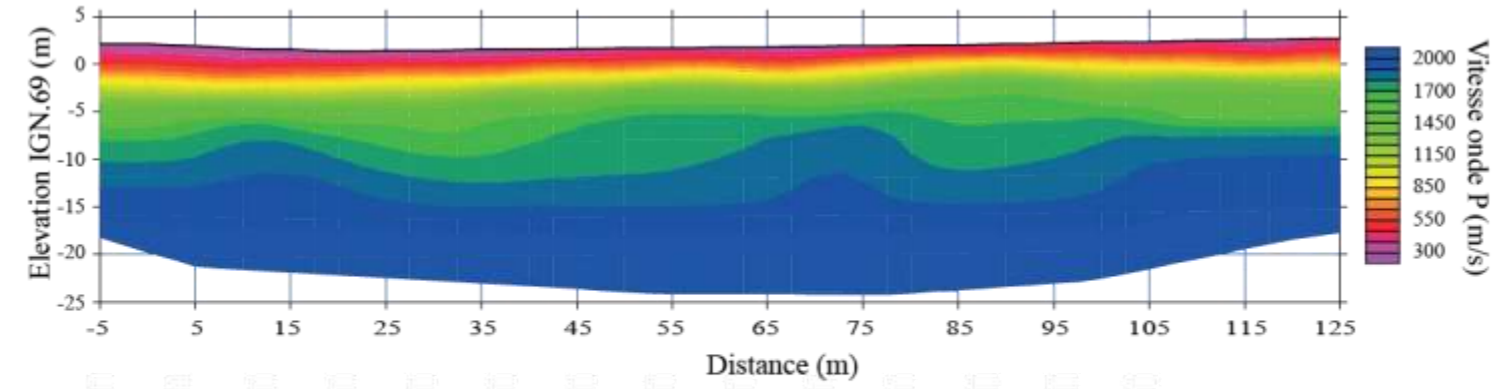


Zone 6 : Sainte-Marie-la-Mer (Profil 543)

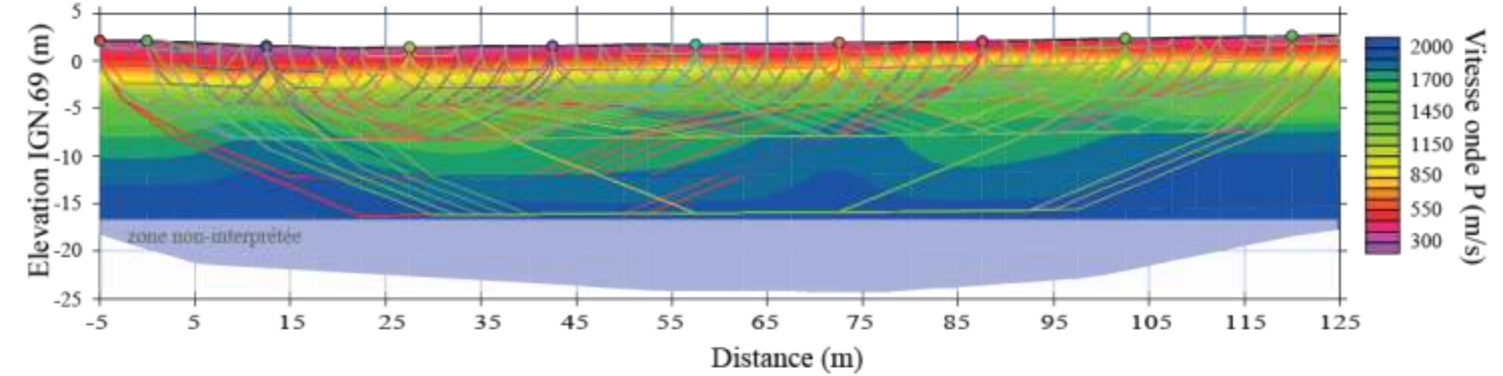
Dromochronique



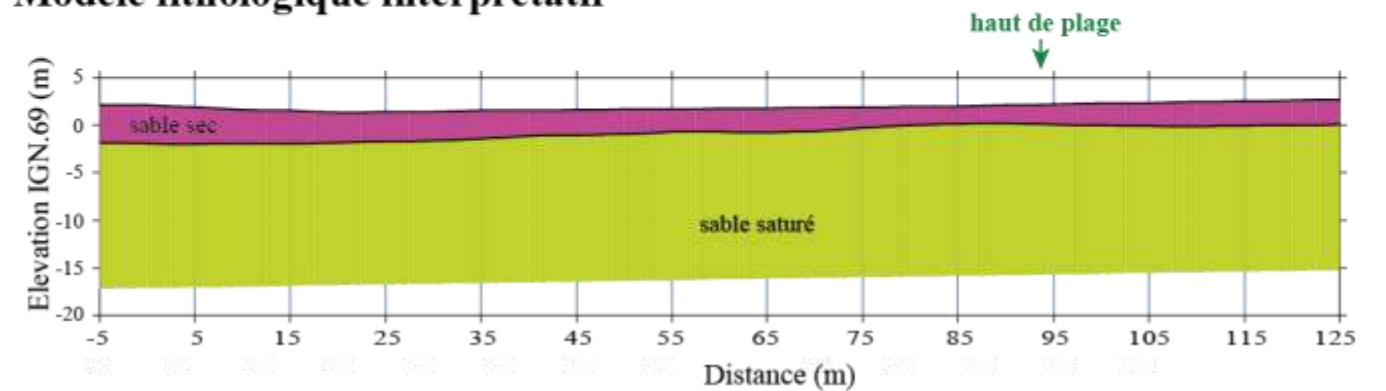
Tomographie



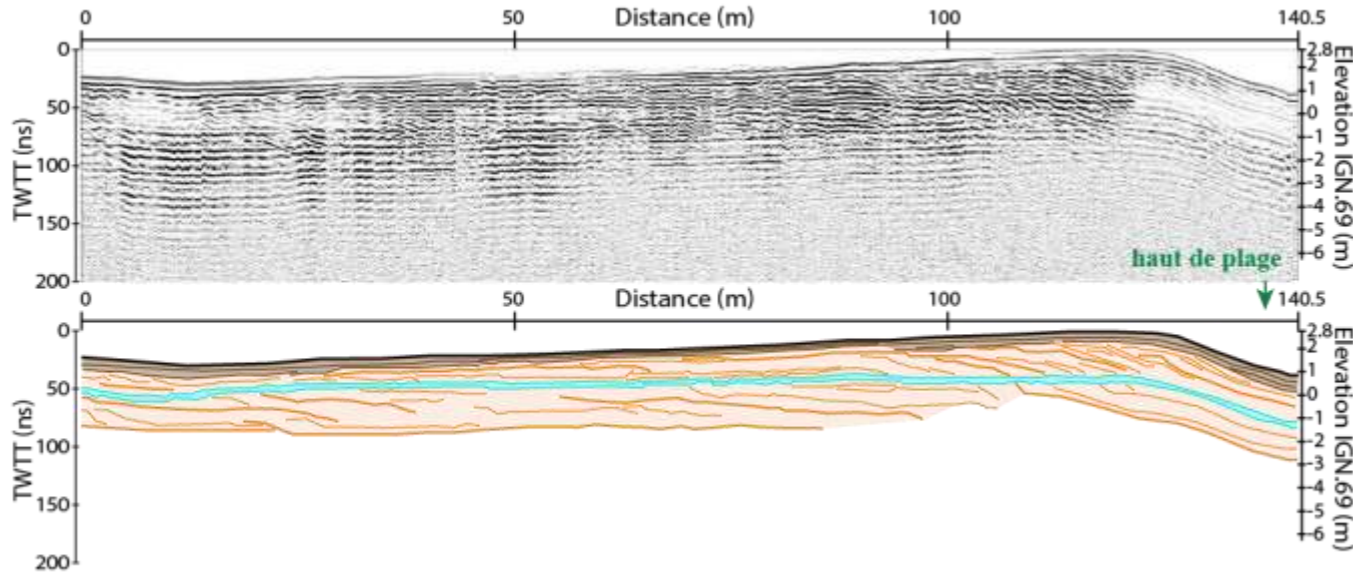
Tomographie et tracé onde



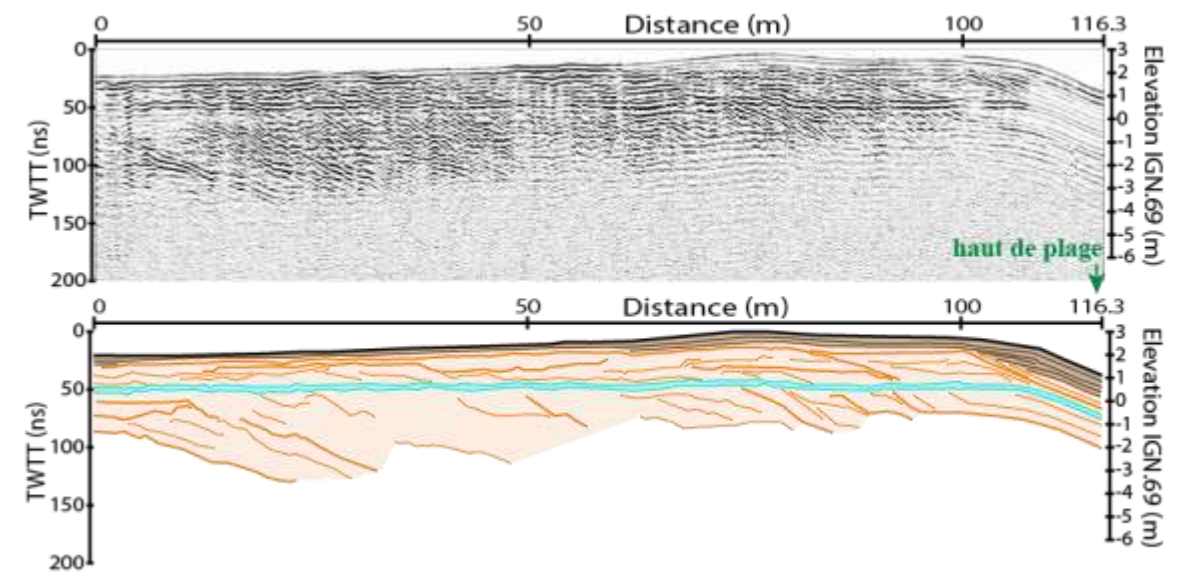
Modèle lithologique interprétatif



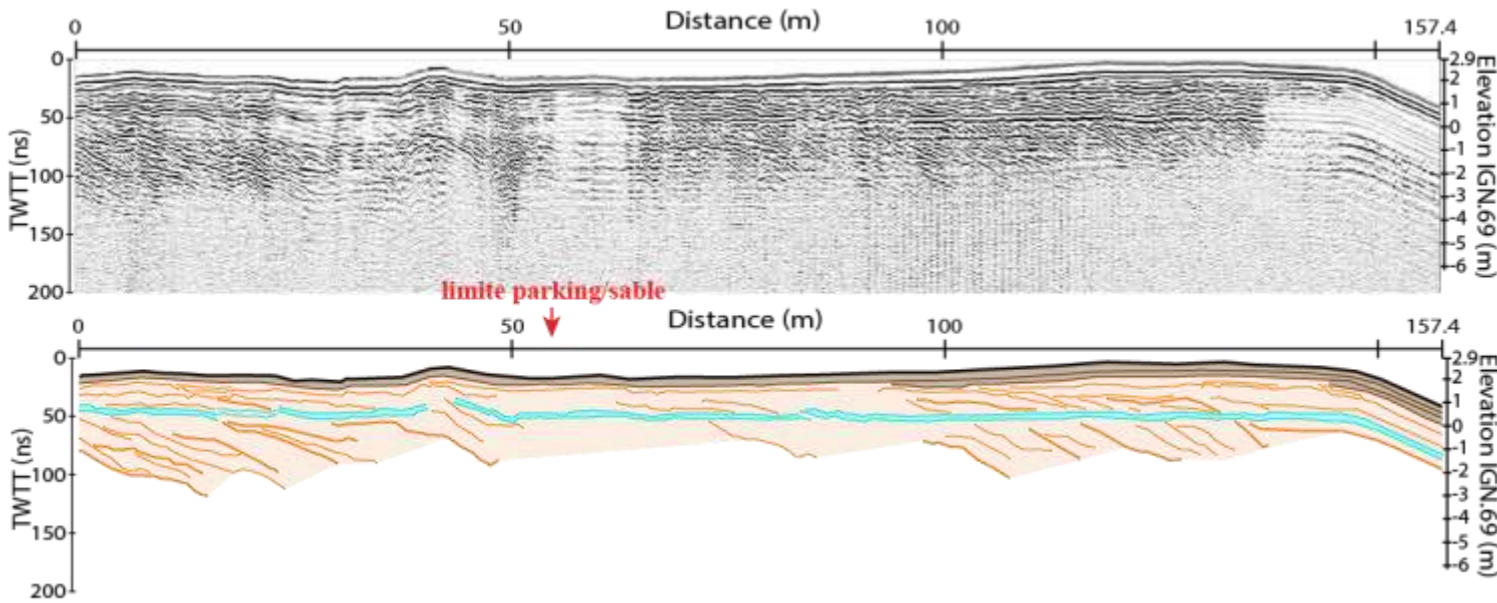
p543



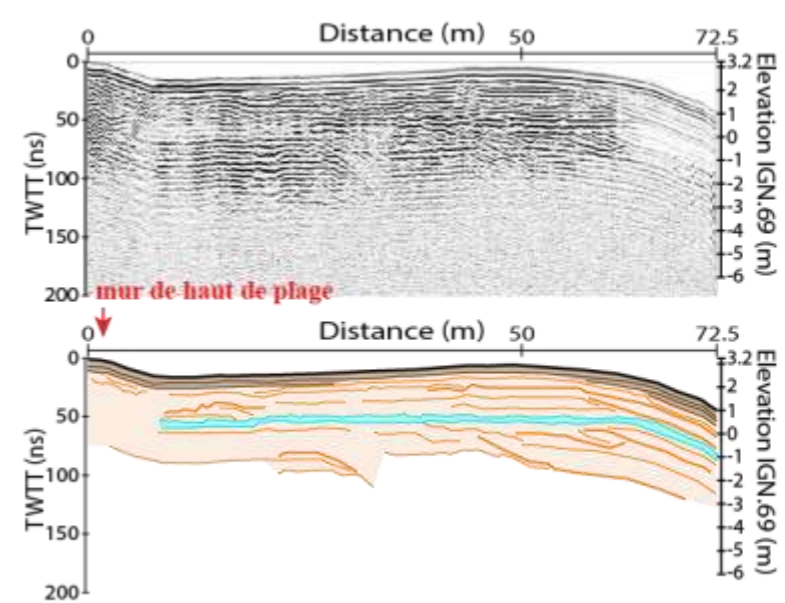
p542



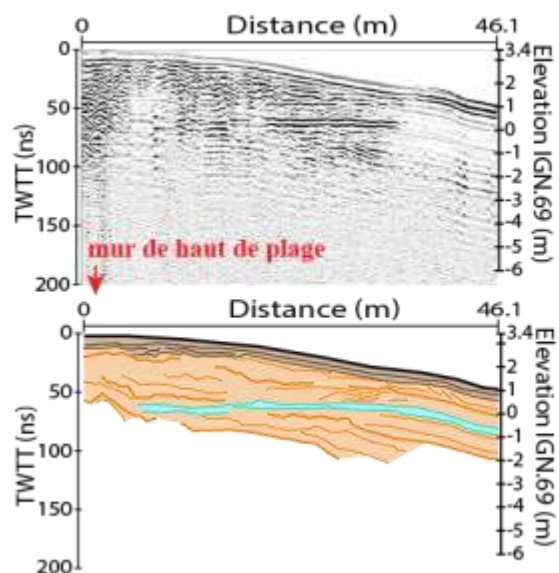
p541



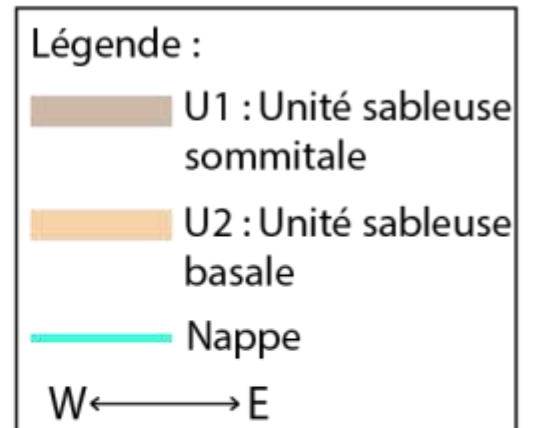
p540



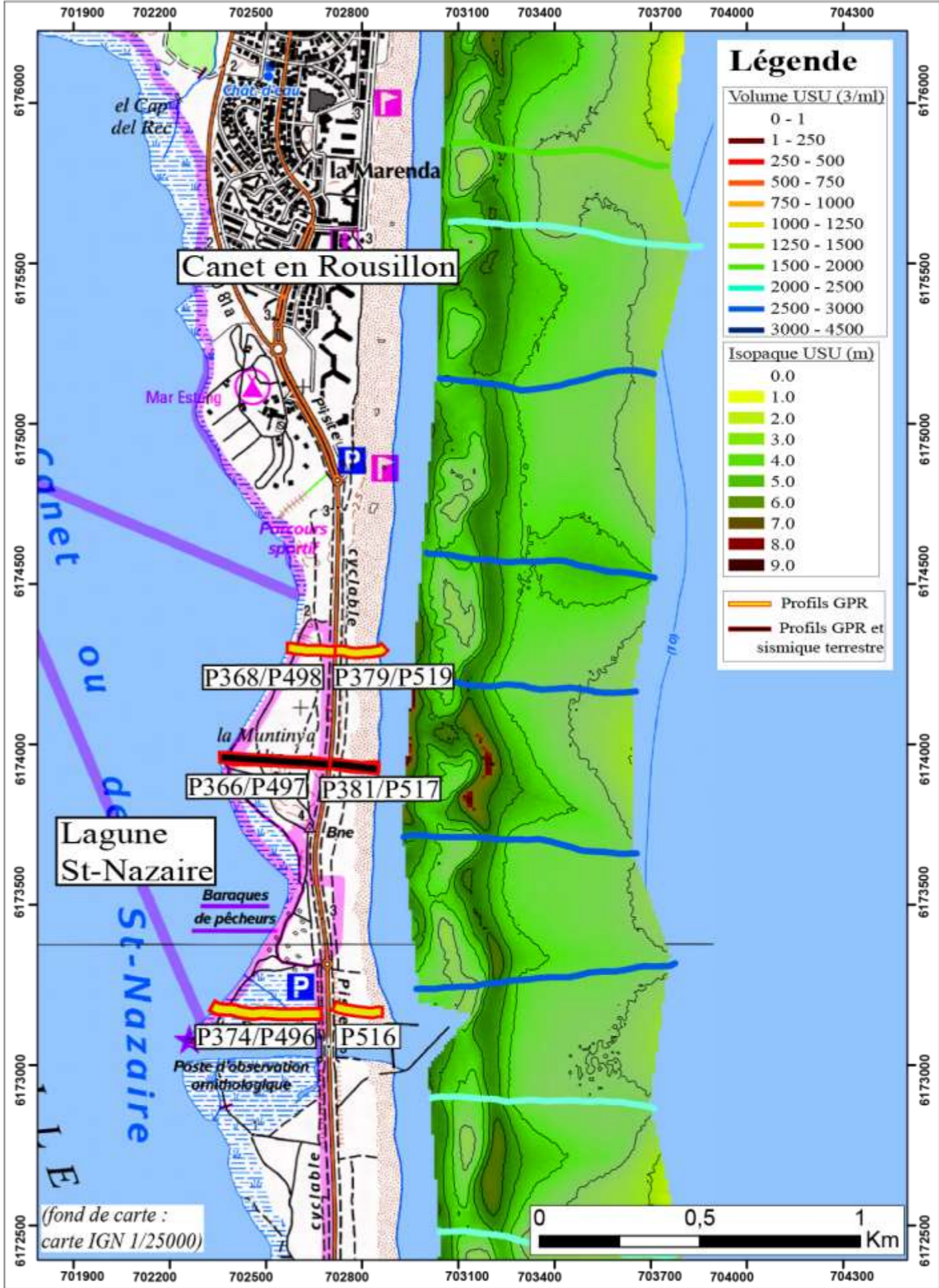
p539



Donnée GPR
Sainte-Marie-la-Mer
(antenne 250 MHz)



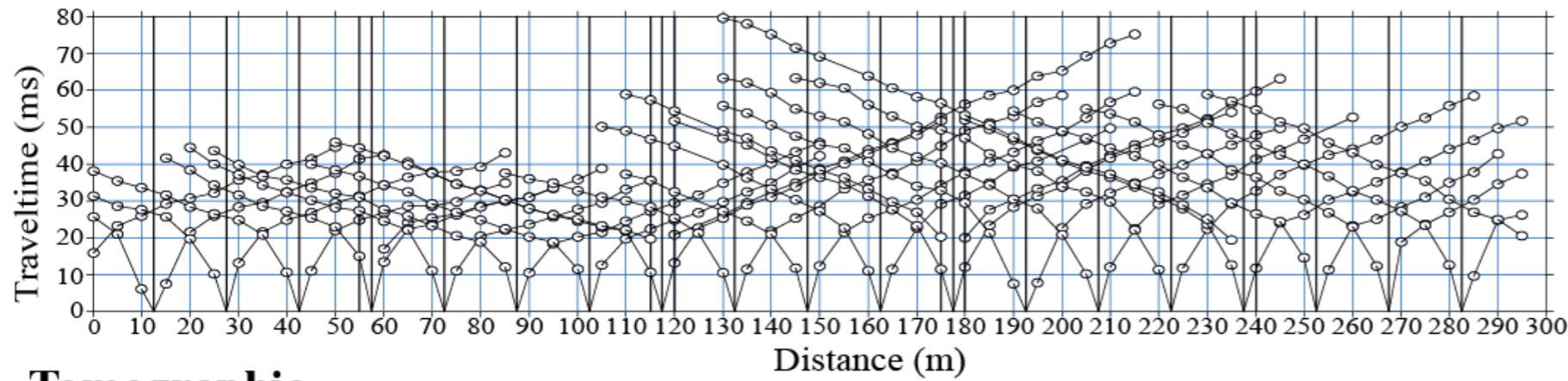
Annexe 7 :
ZONE 7 :
Canet-en-
Roussillon –
Lido nord



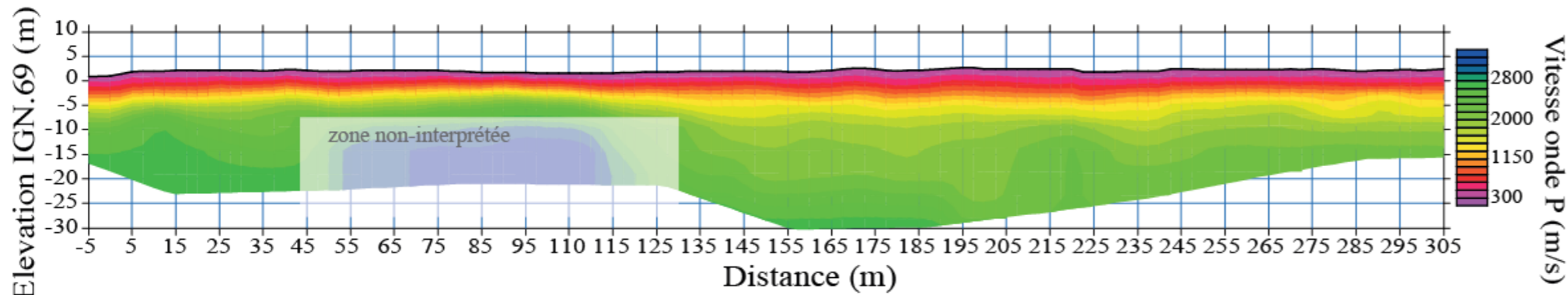
Zone 7 : Canet-en-Roussillon - lido nord (Profil 497-517)

P497

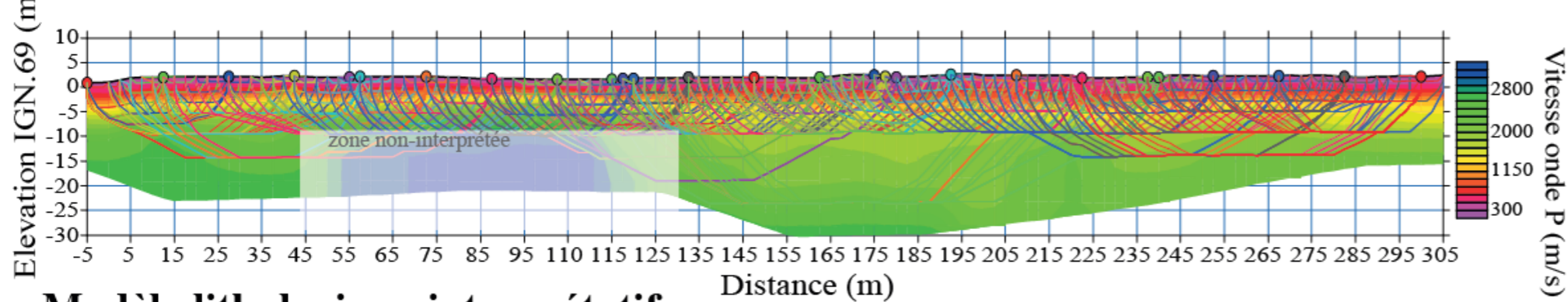
Dromochronique



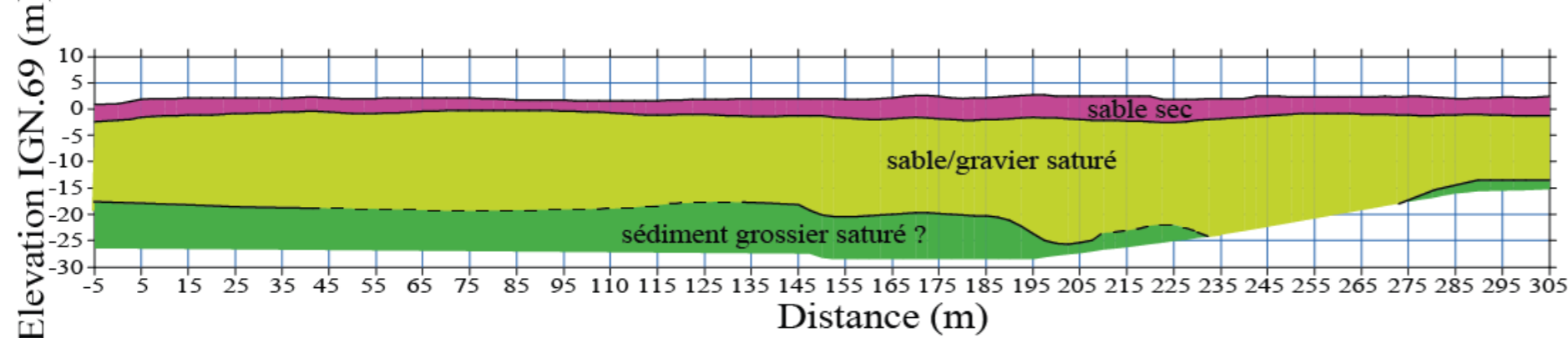
Tomographie



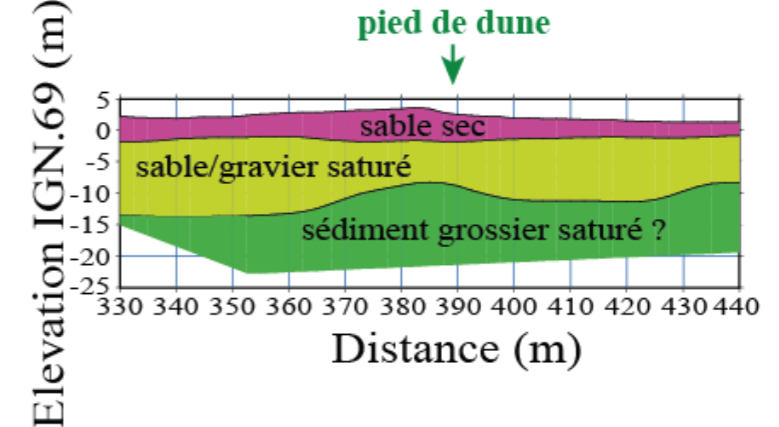
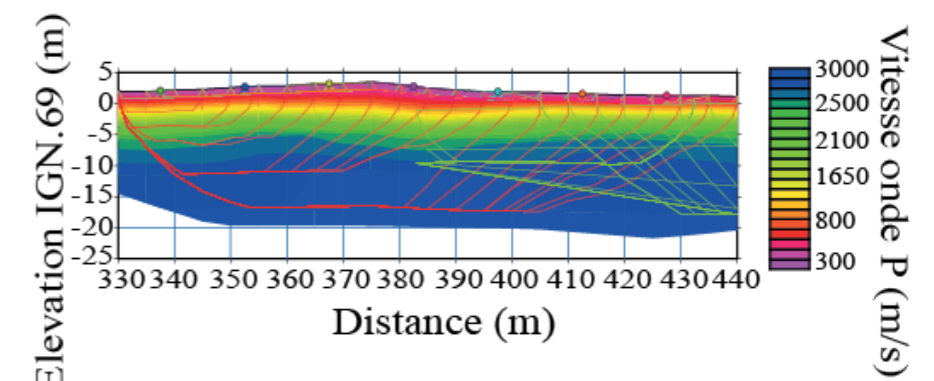
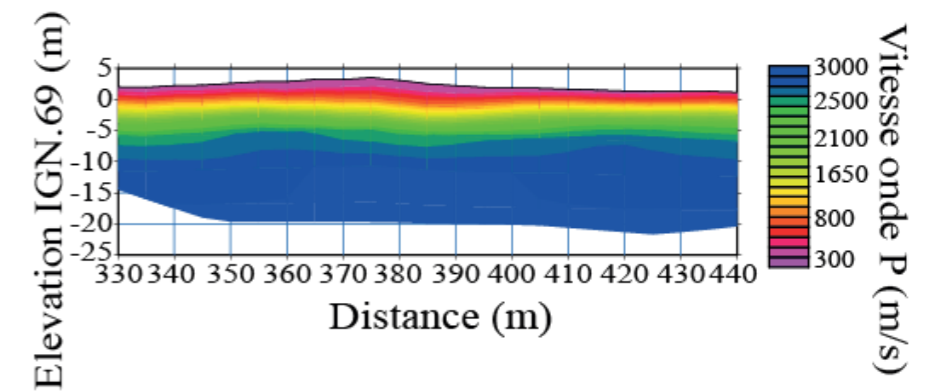
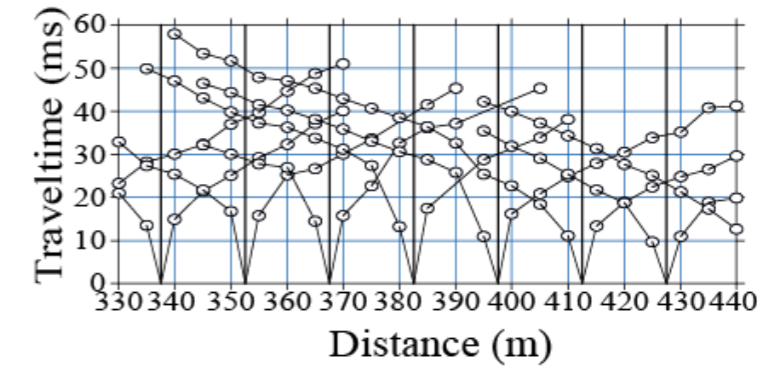
Tomographie et tracé onde



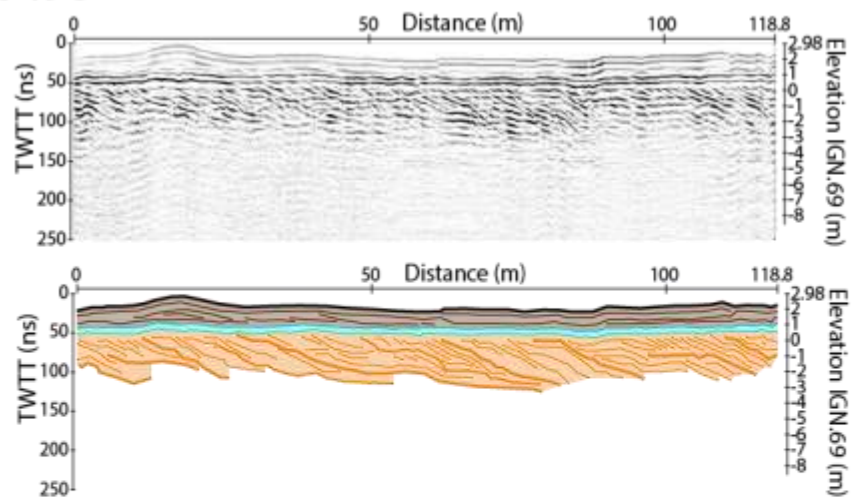
Modèle lithologique interprétatif



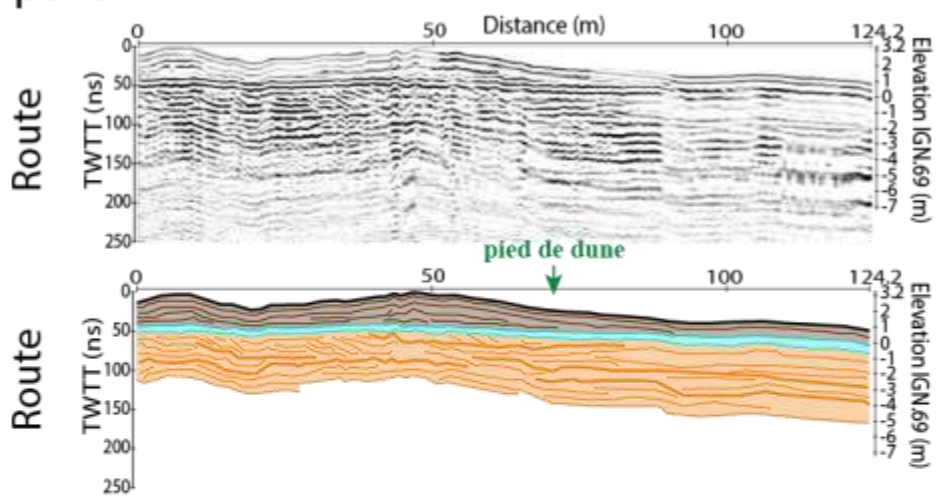
P517



p498

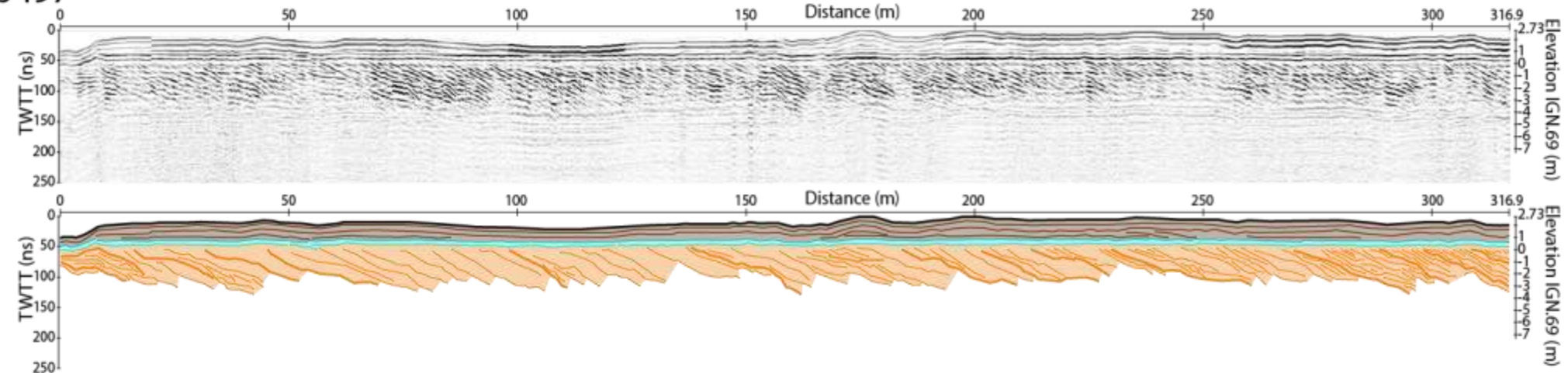


p519

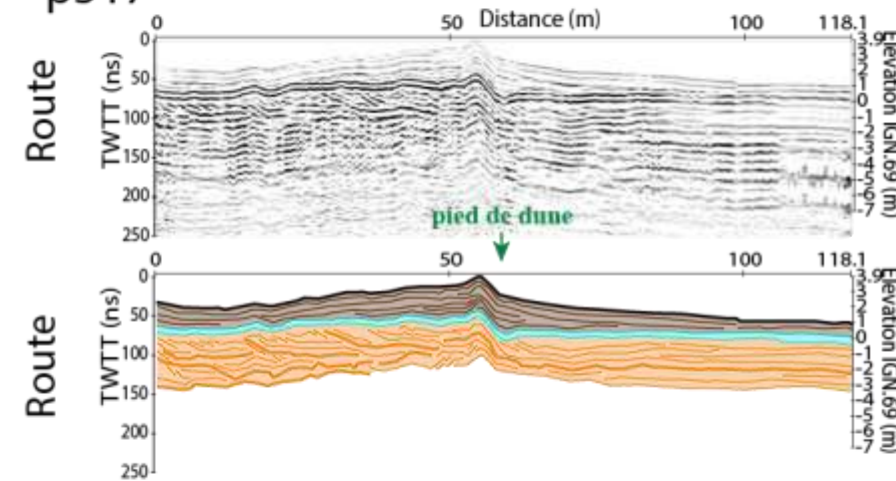


Donnée GPR
Canet-en-Roussillon
lido Nord
(antenne 100 MHz)

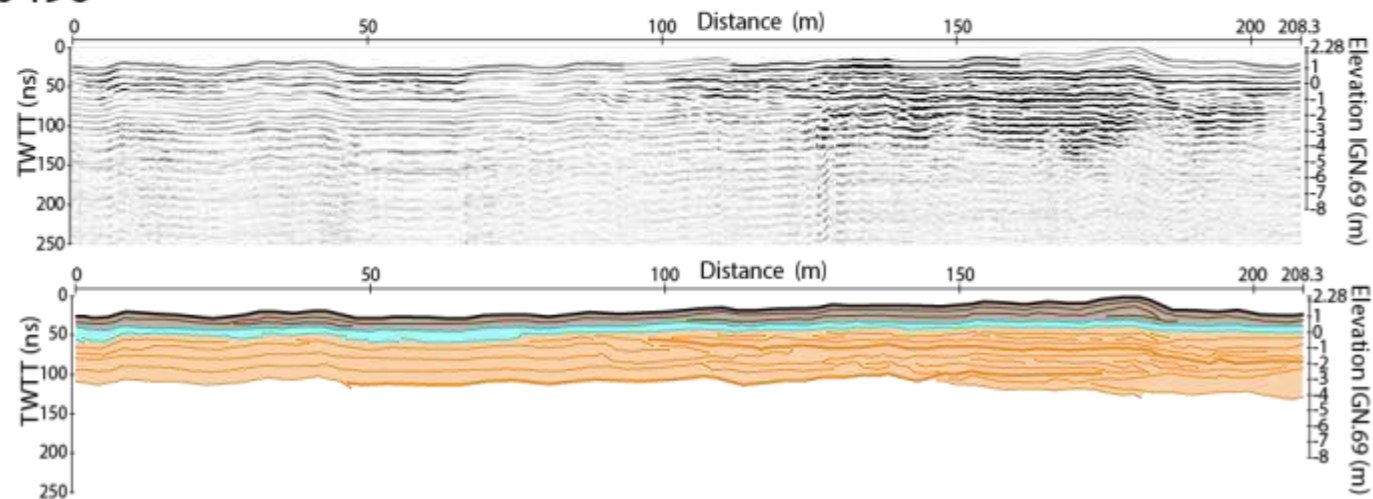
p497



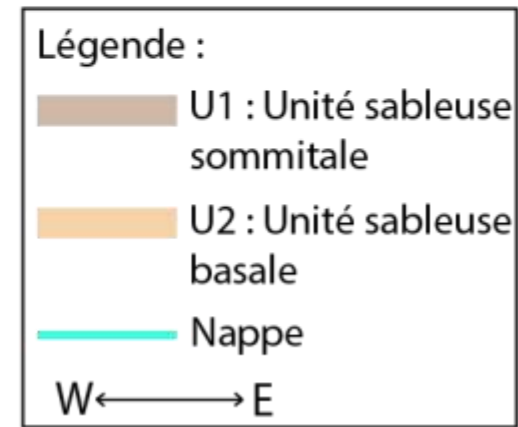
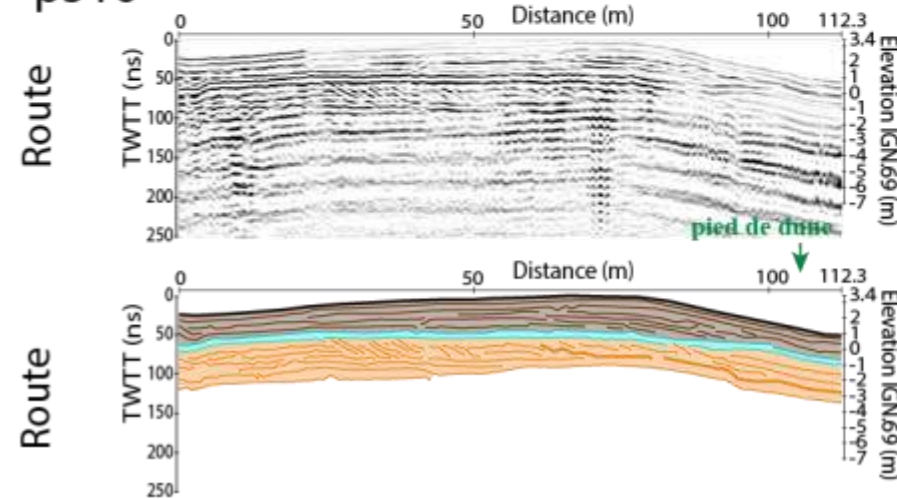
p517

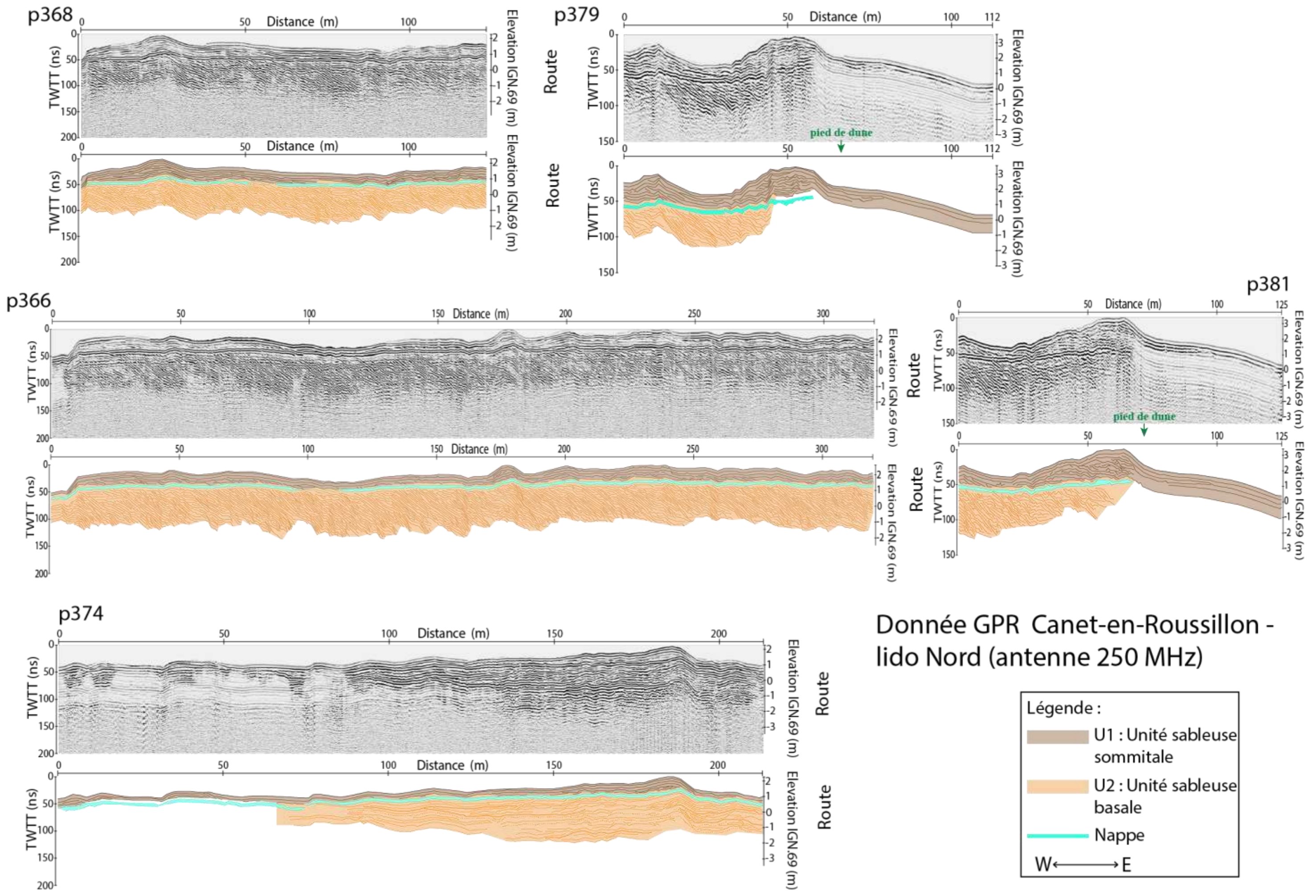


p496



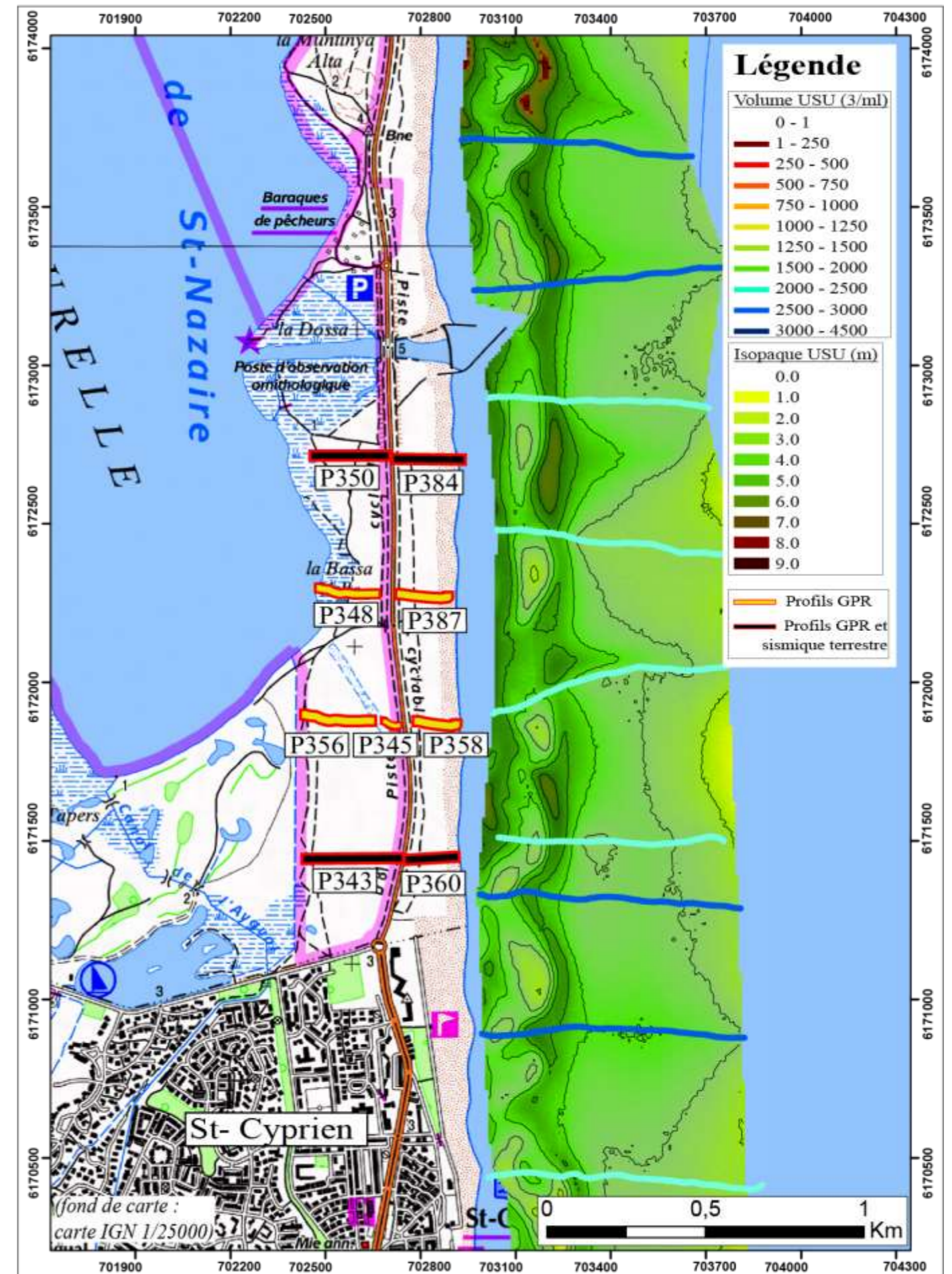
p516





Annexe 8 : ZONE 8 : Canet-en- Roussillon – Lido sud

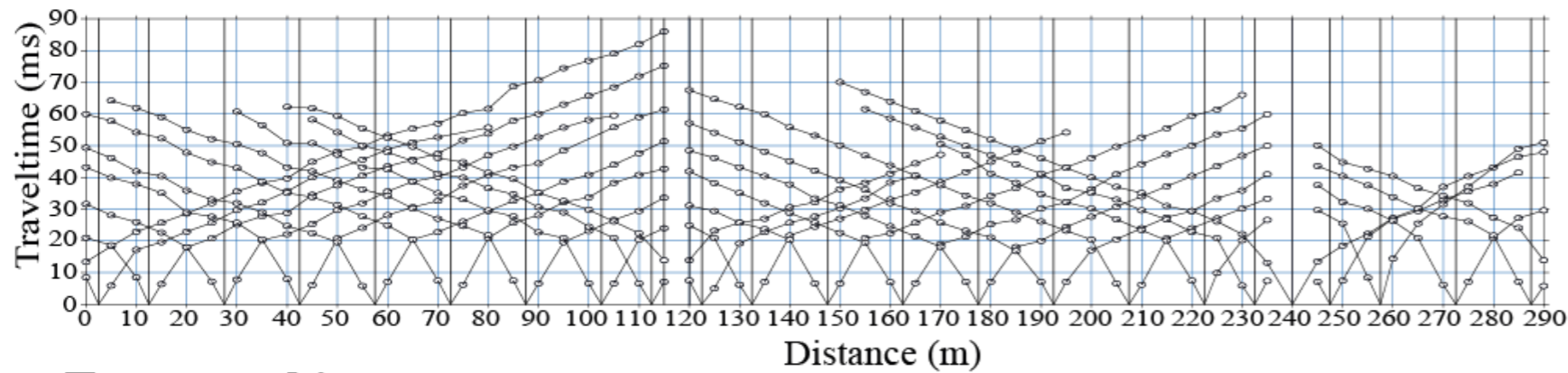
Zone 8 : Canet-en-Roussillon - lido Sud



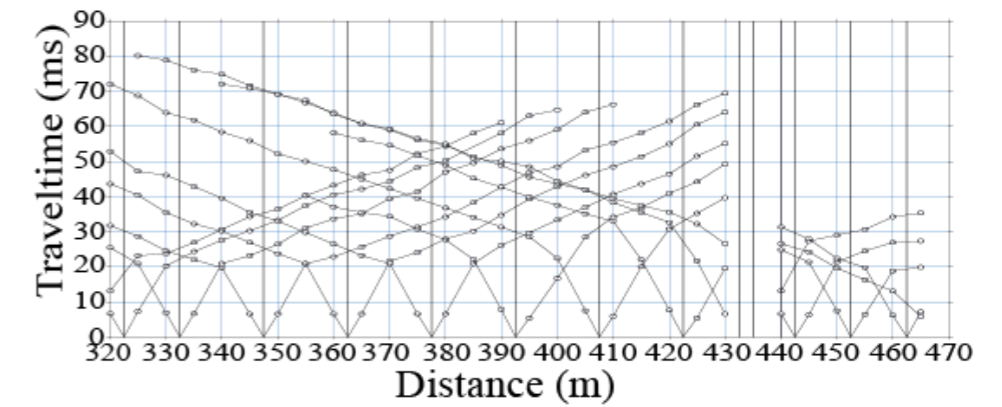
Zone 8: Canet-en-Roussillon - lido Sud (Profil 343-360)

P343

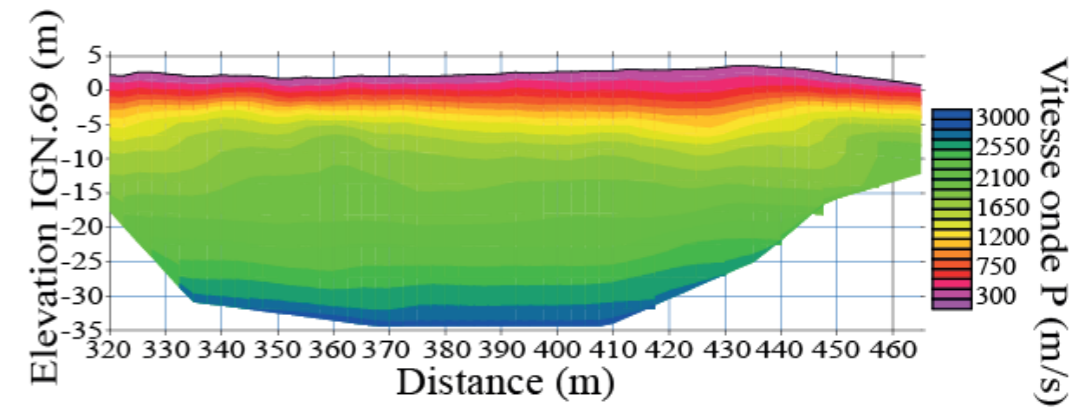
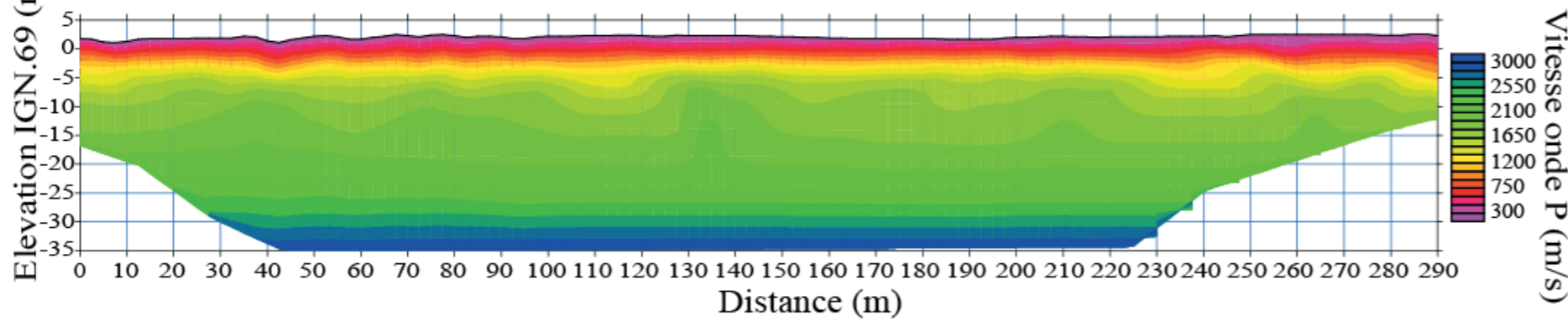
Dromochronique



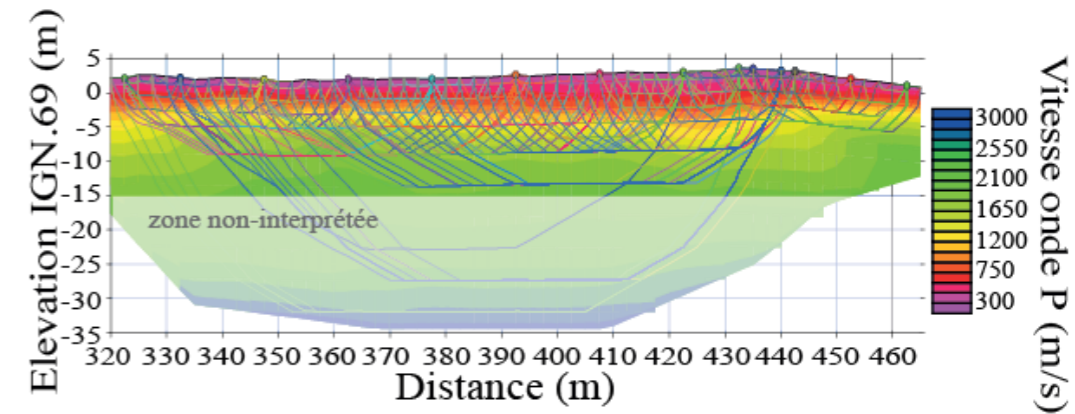
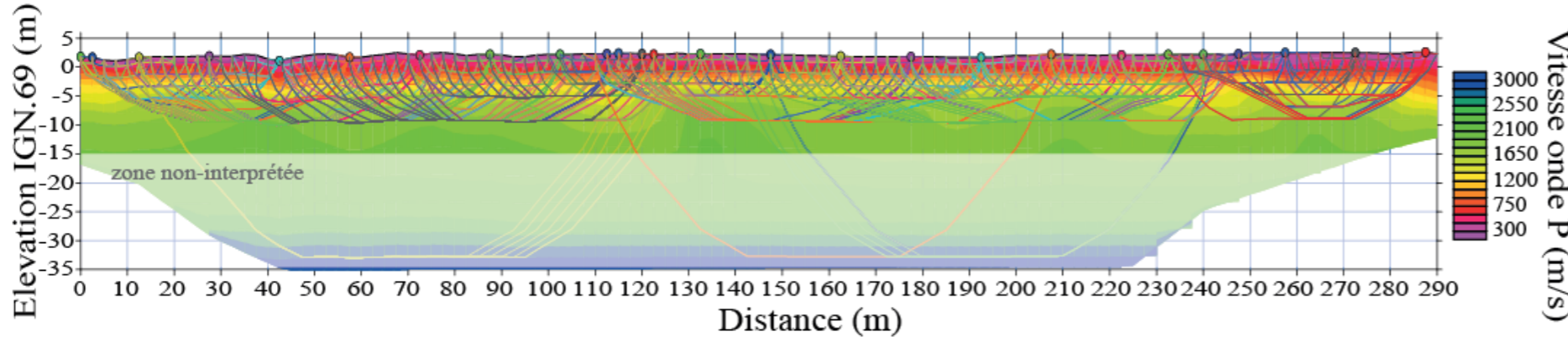
P360



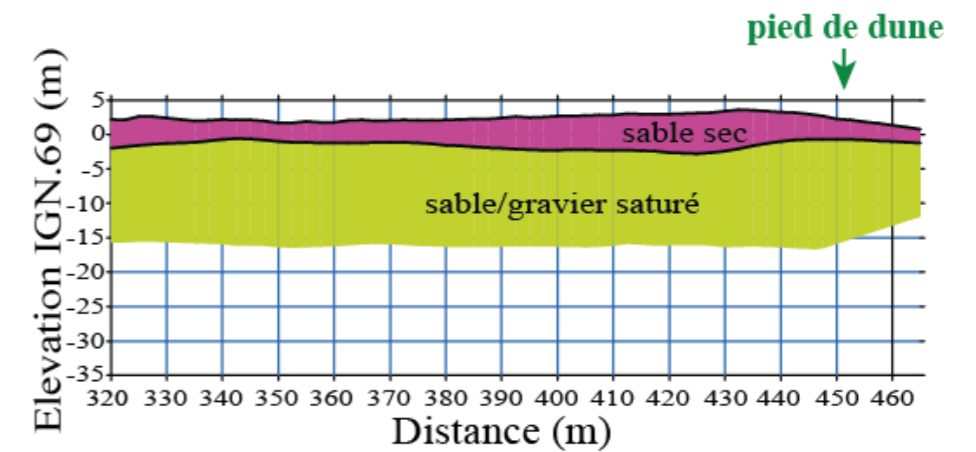
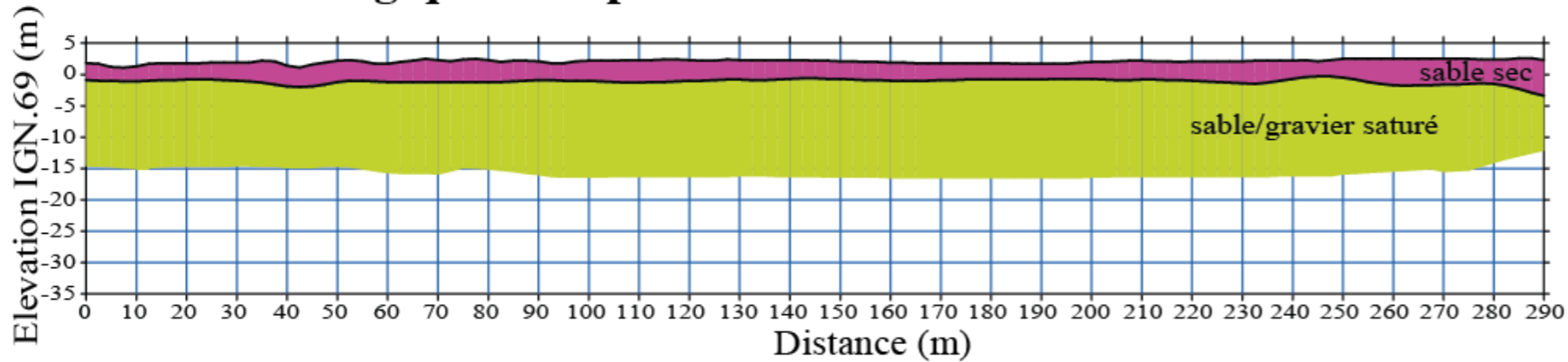
Tomographie



Tomographie et tracé onde



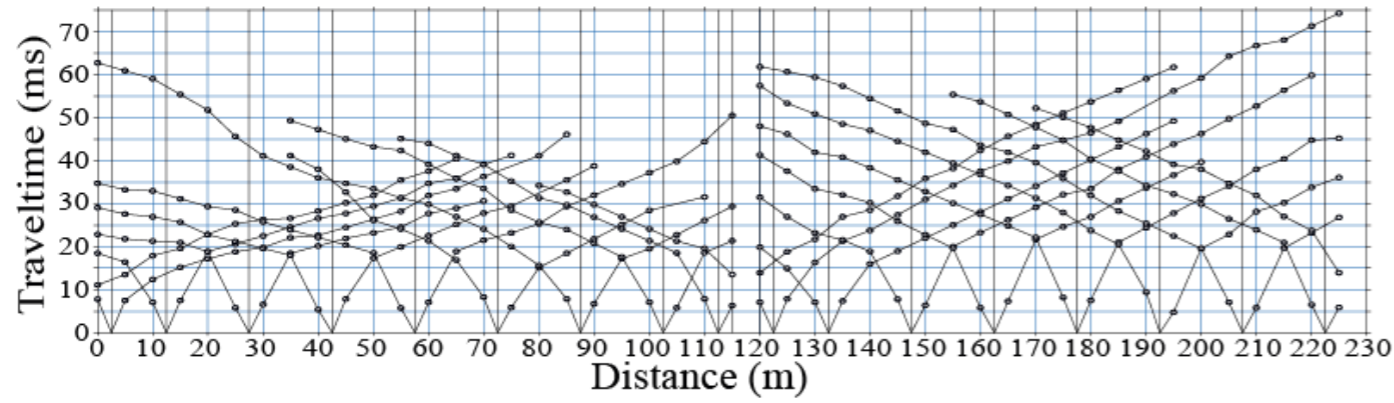
Modèle lithologique interprétatif



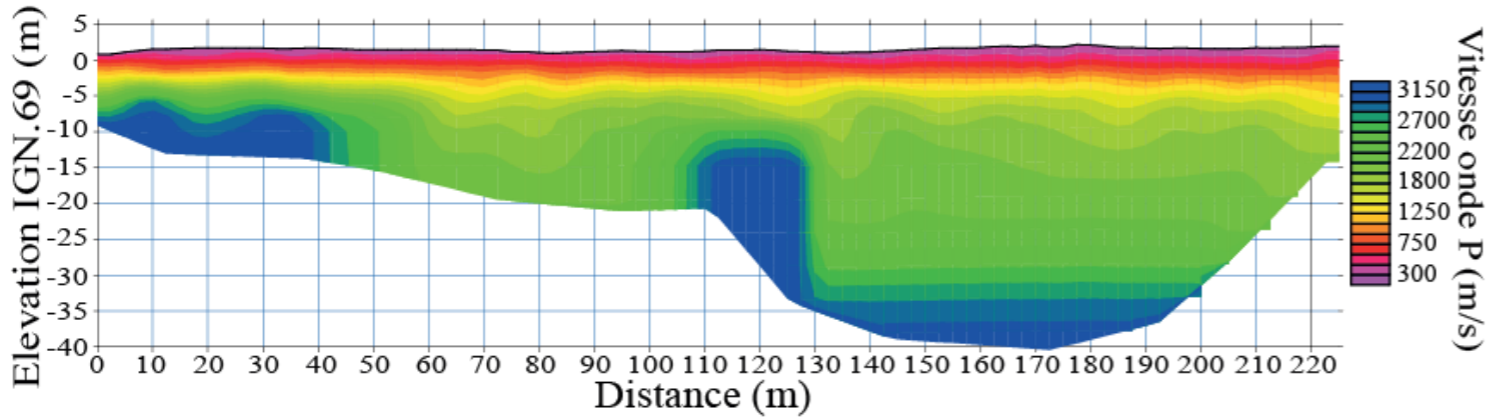
Zone 8 : Canet-en-Roussillon - lido Sud (Profil 350-384)

P350

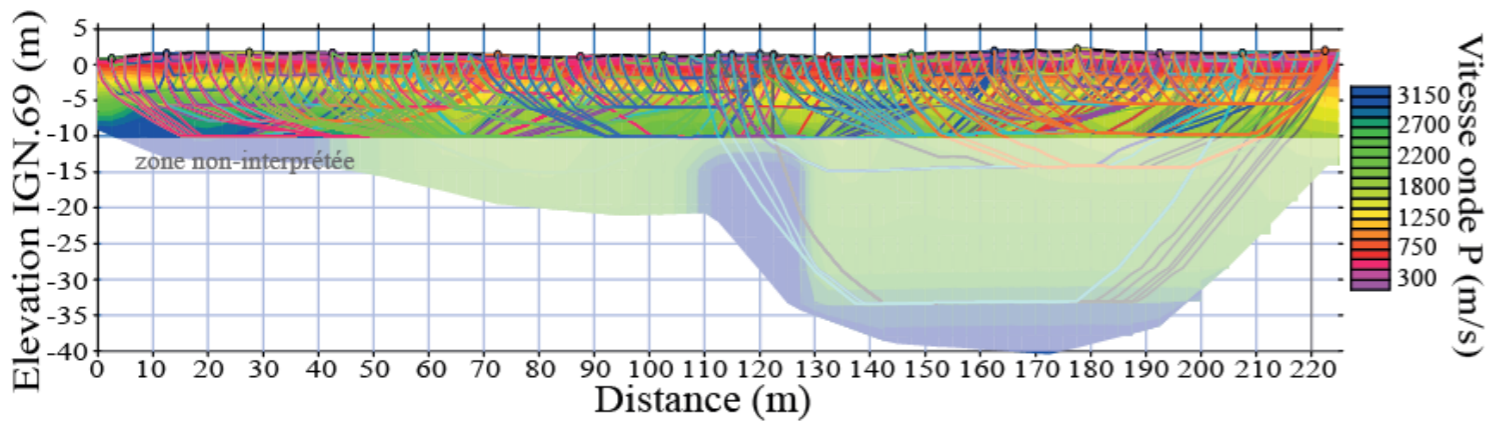
Dromochronique



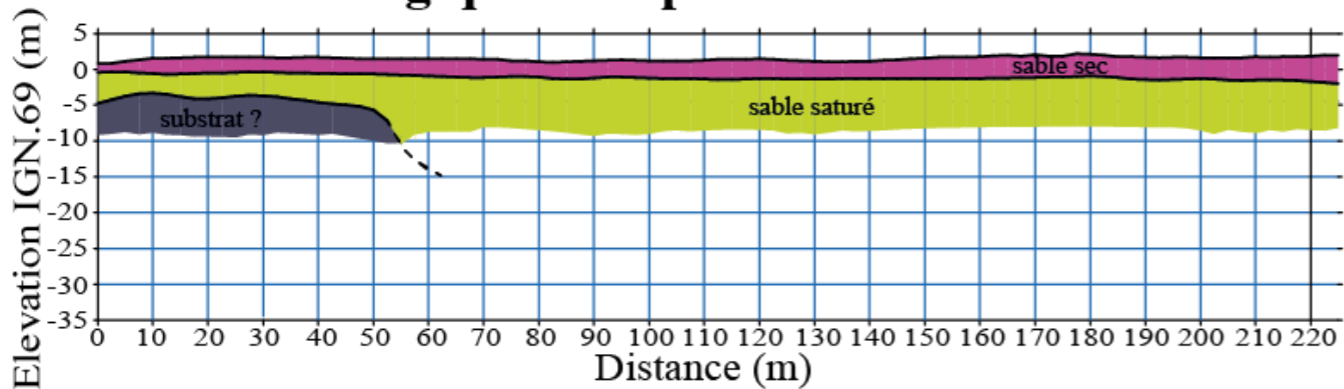
Tomographie



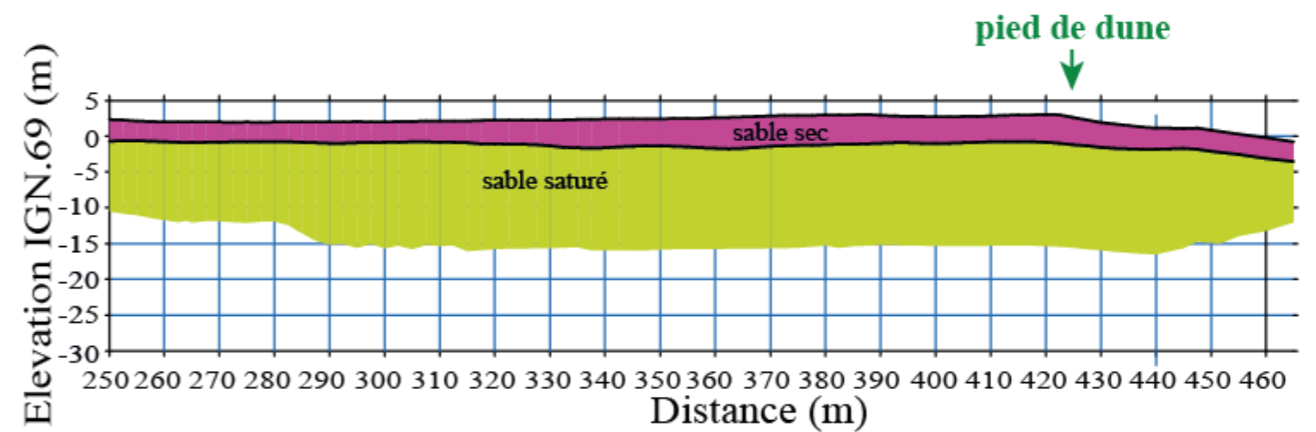
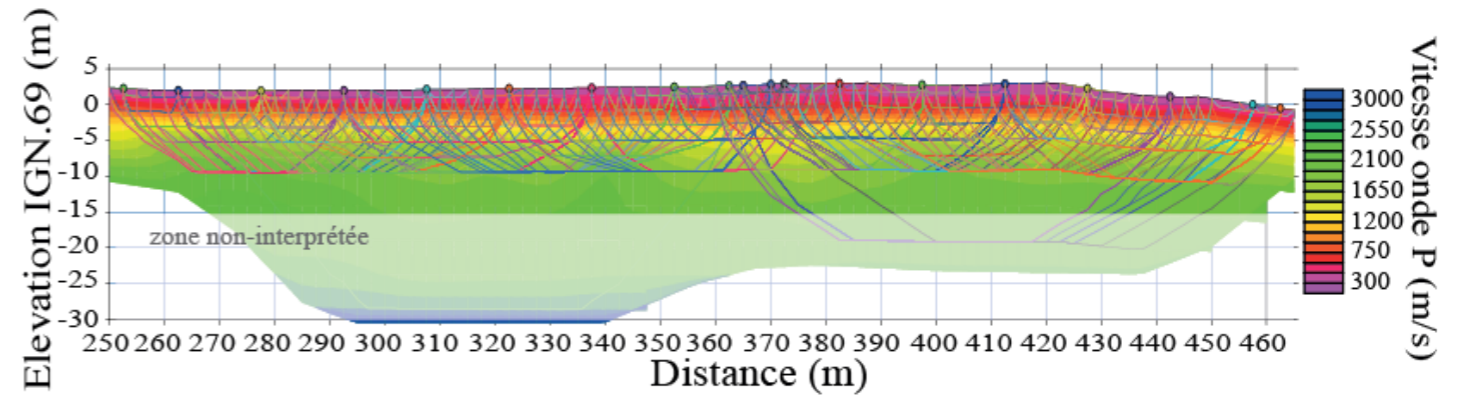
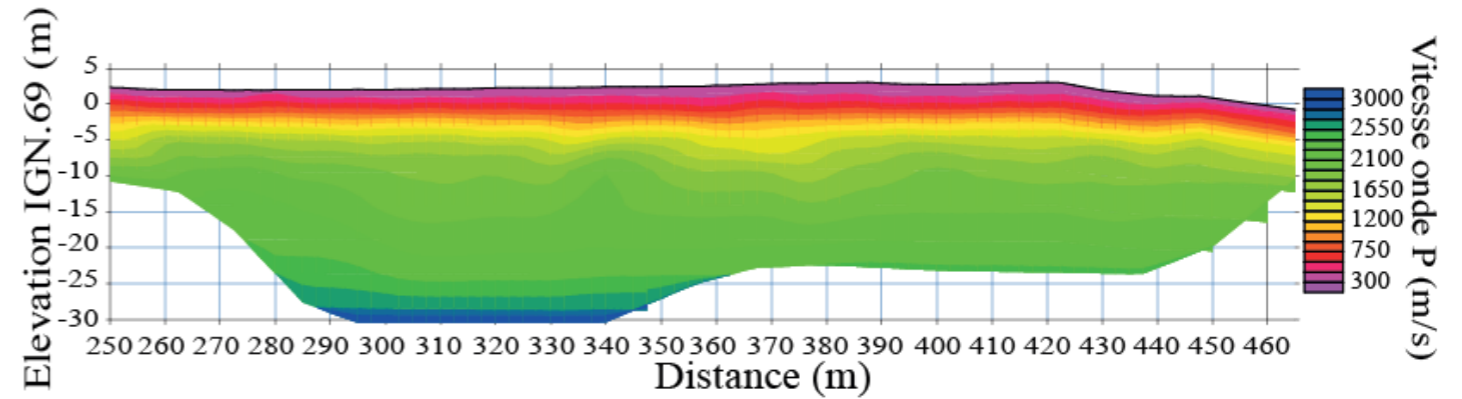
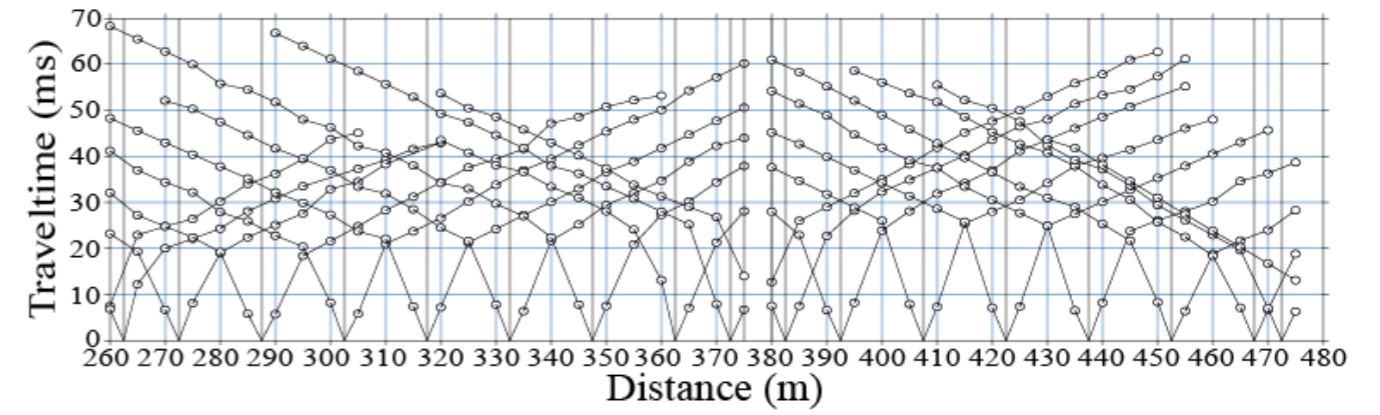
Tomographie et tracé onde

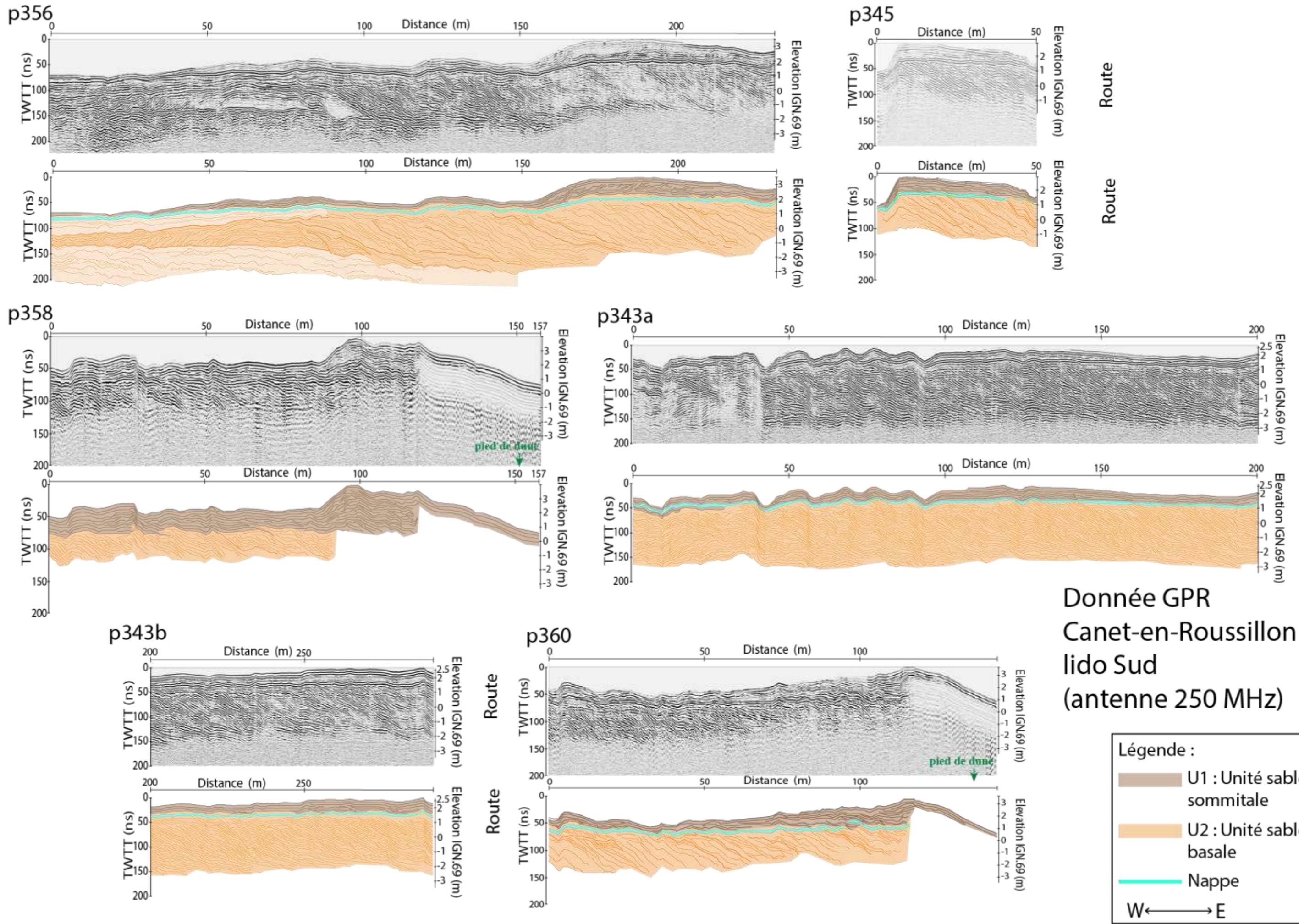


Modèle lithologique interprétatif

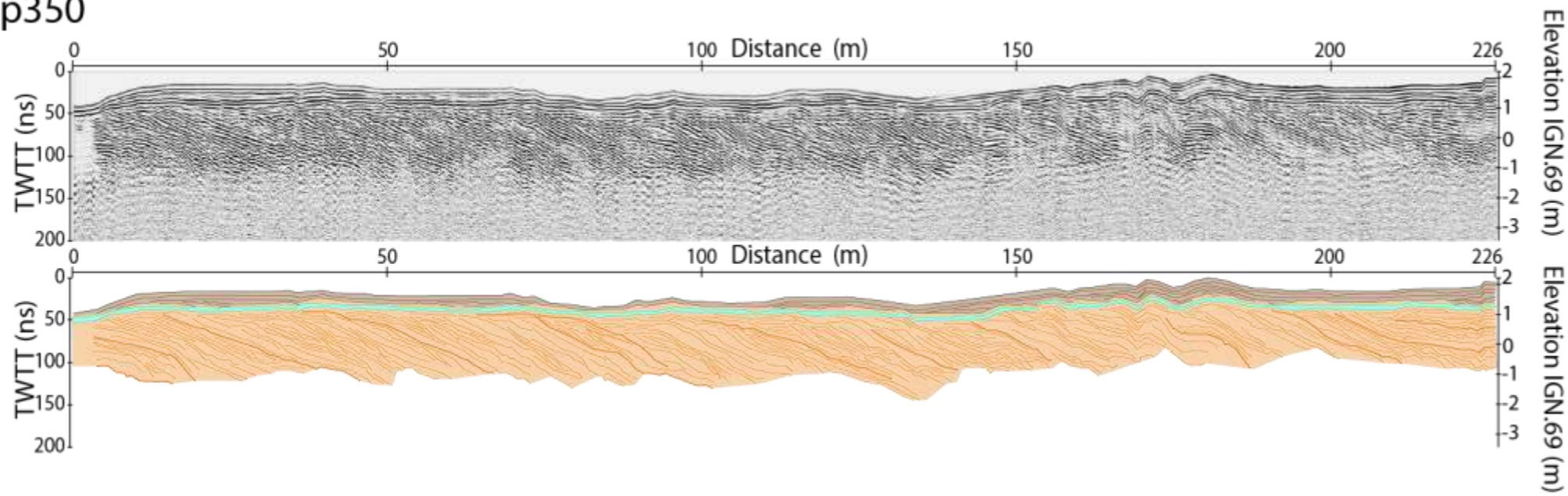


P384





p350



Route

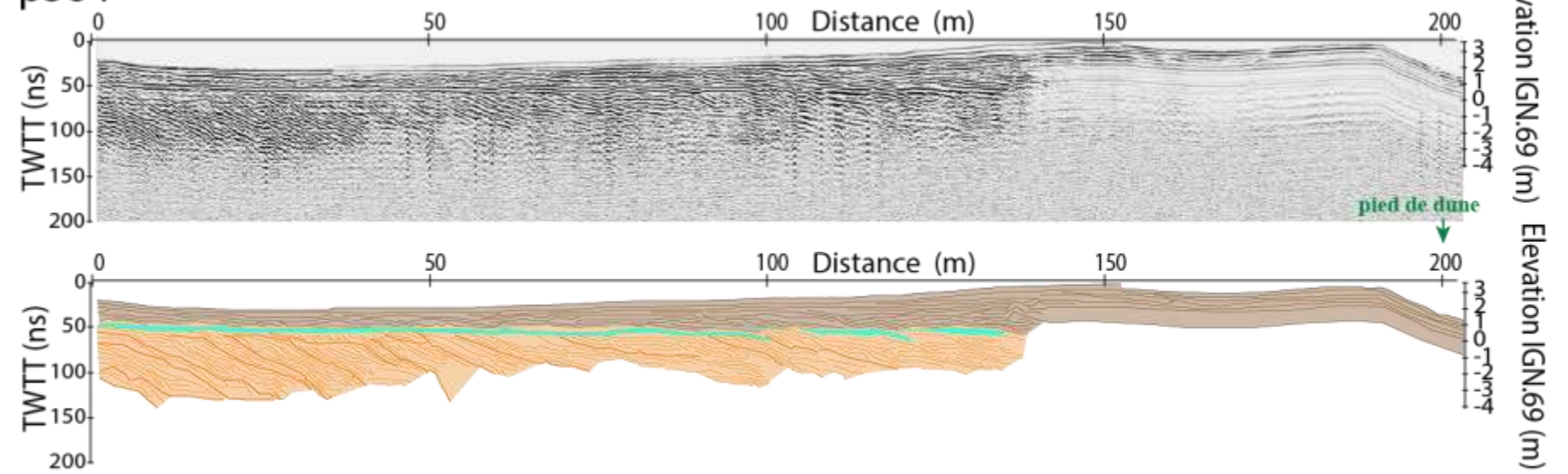
Donnée GPR
Canet-en-Roussillon
lido Sud
(antenne 250 MHz)

Route

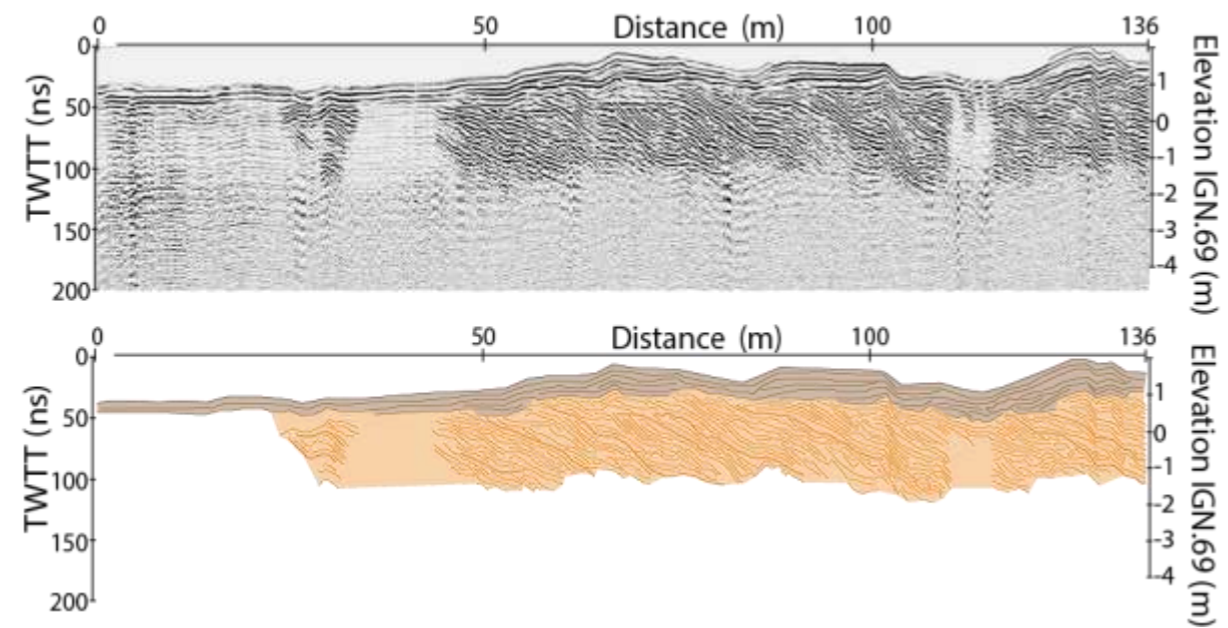
Légende :

- U1 : Unité sableuse sommitale
- U2 : Unité sableuse basale
- Nappe
- W ← → E

p384



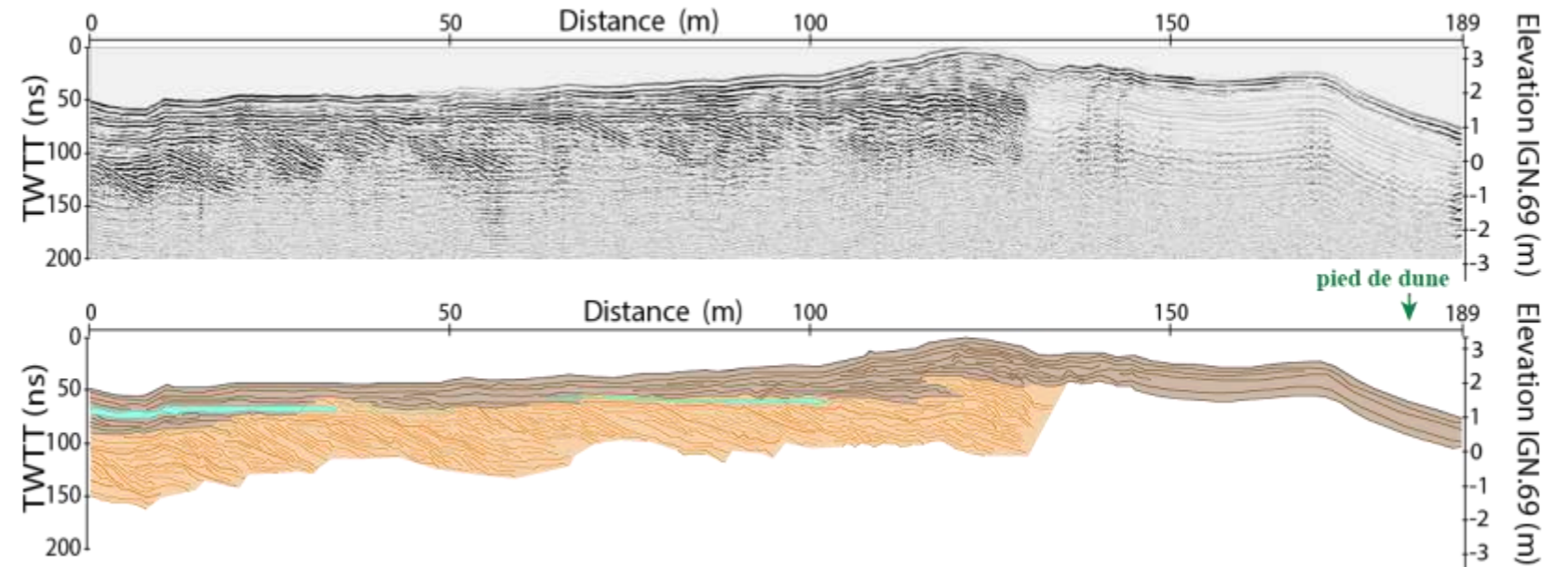
p348



Route

Route

p387

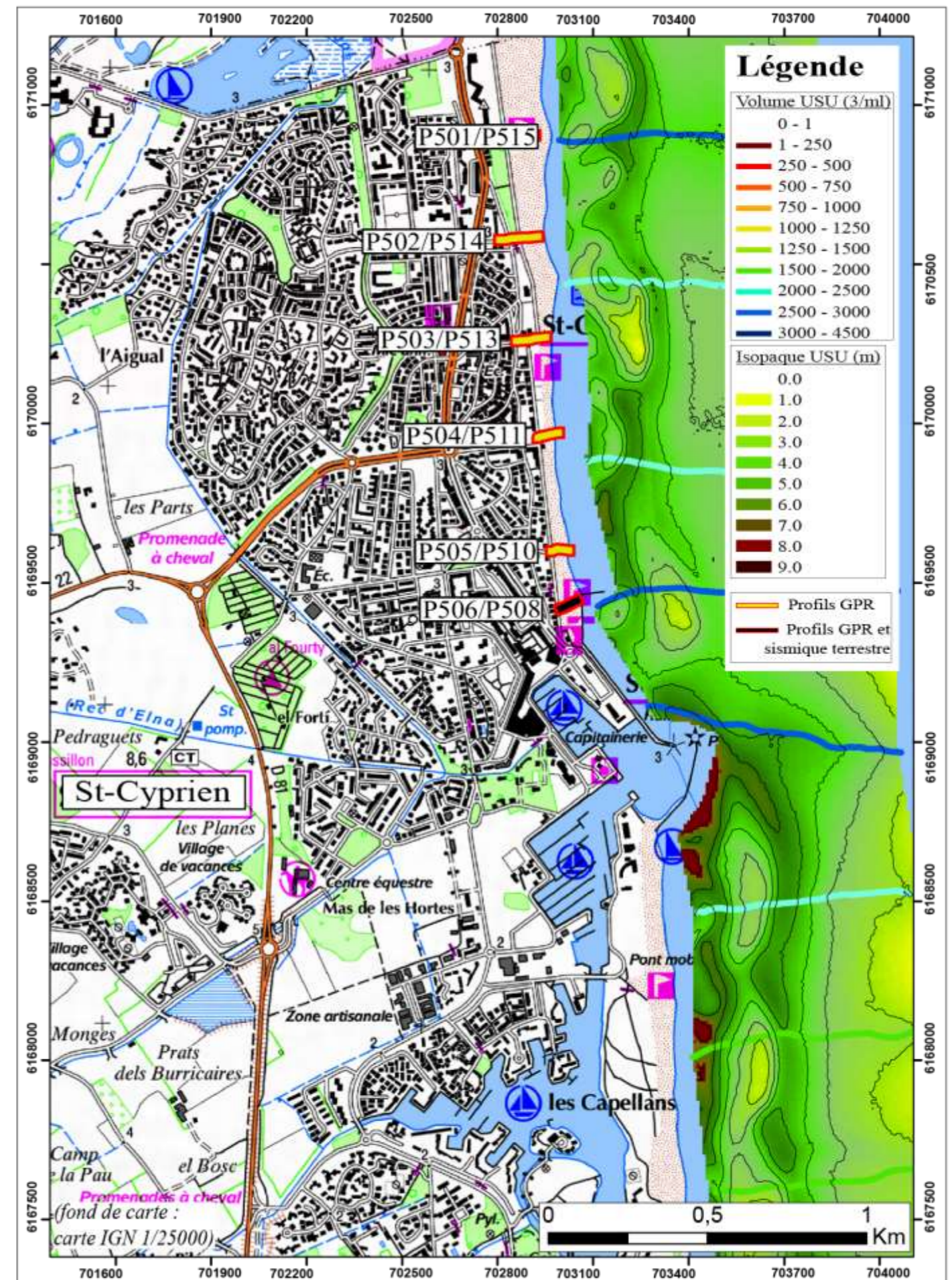


Route

Route

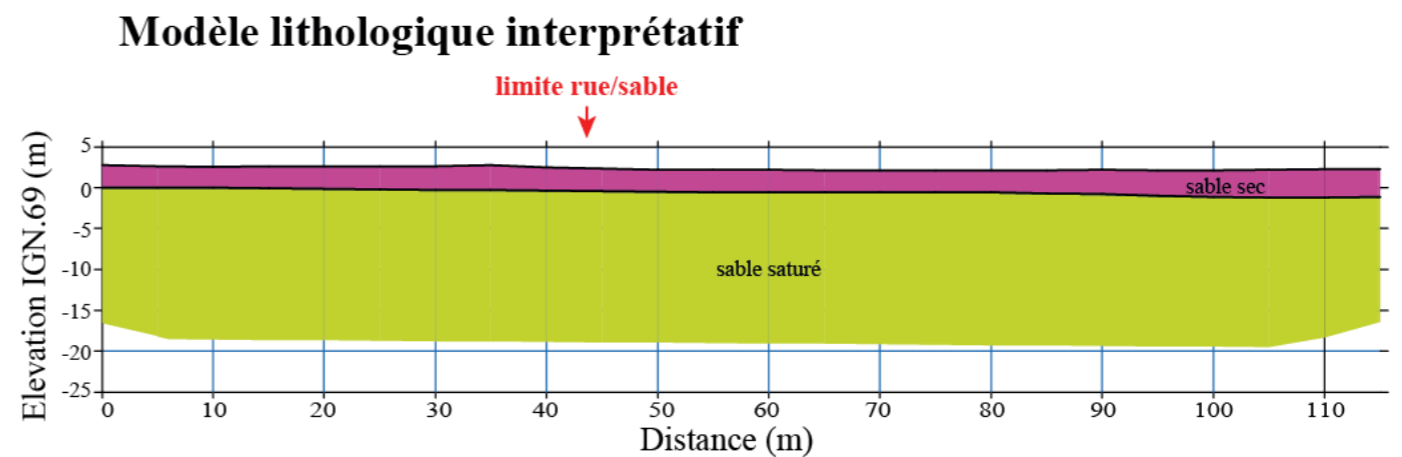
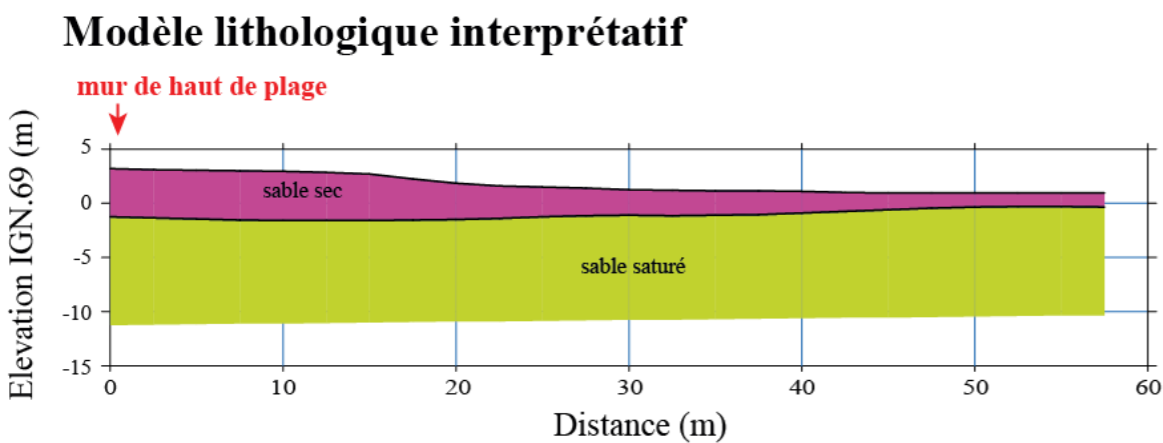
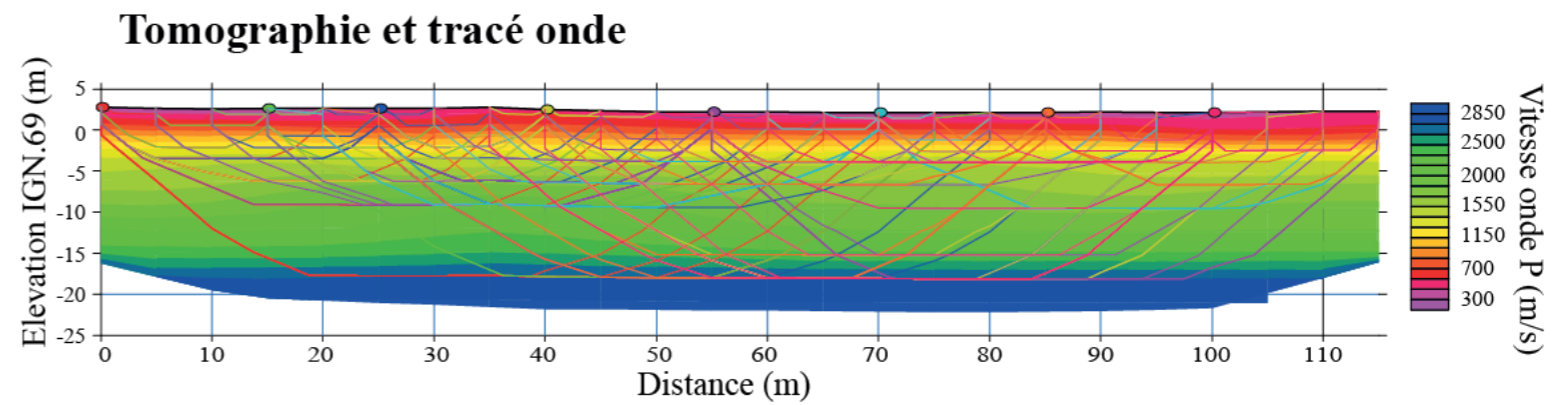
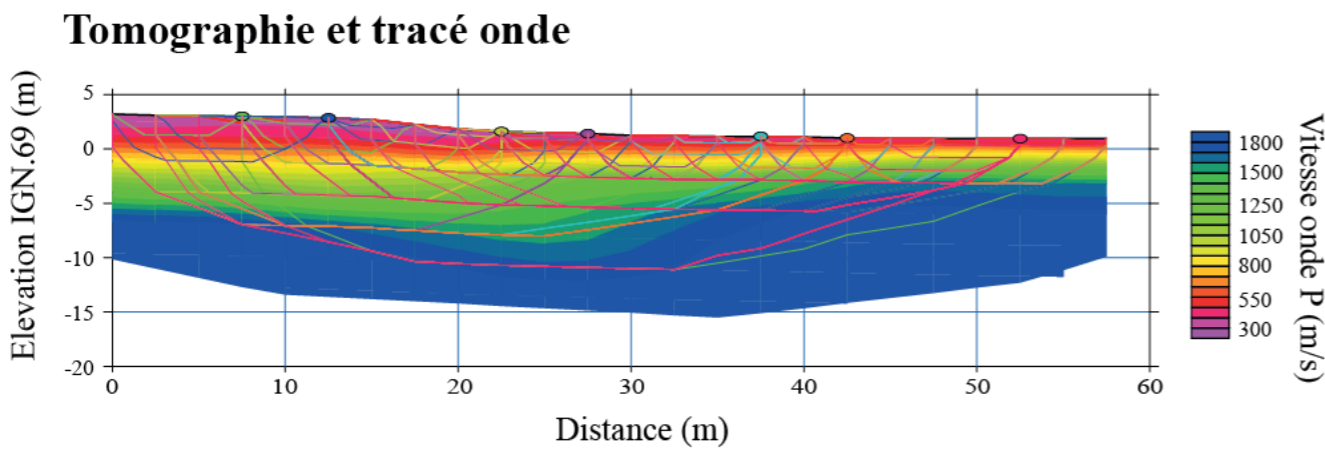
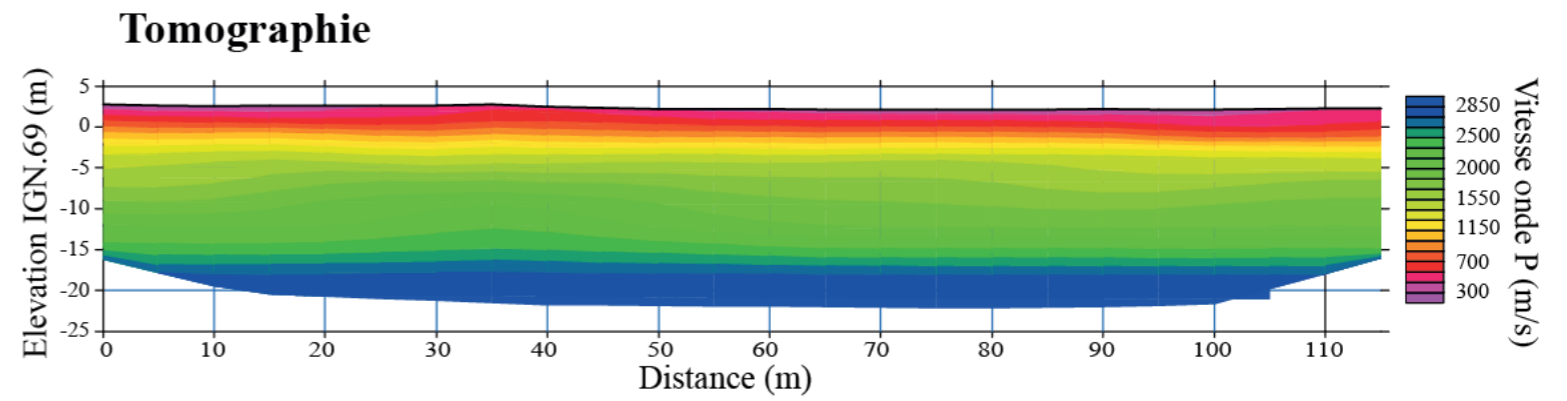
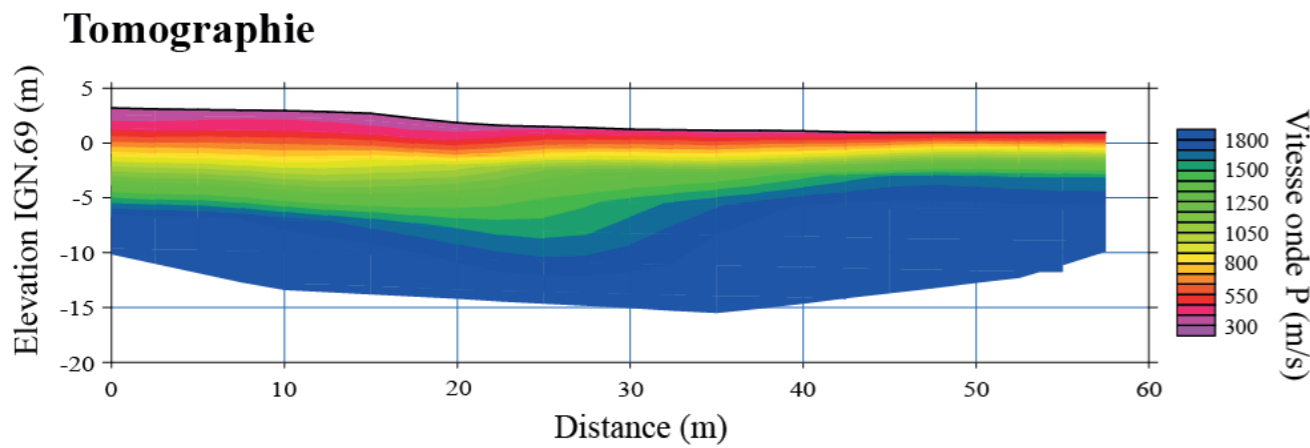
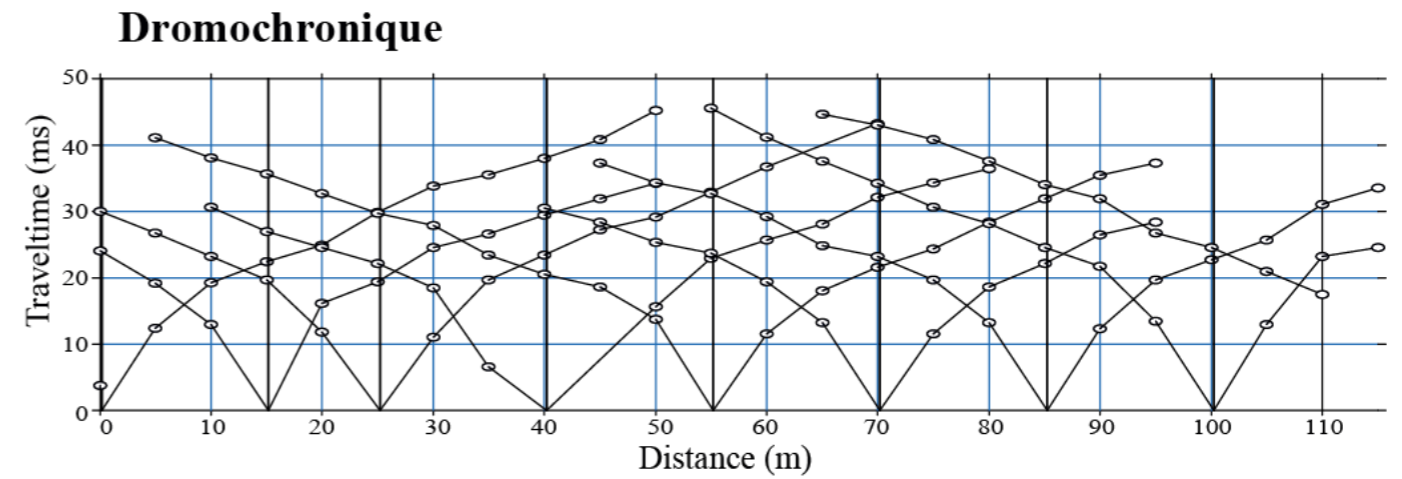
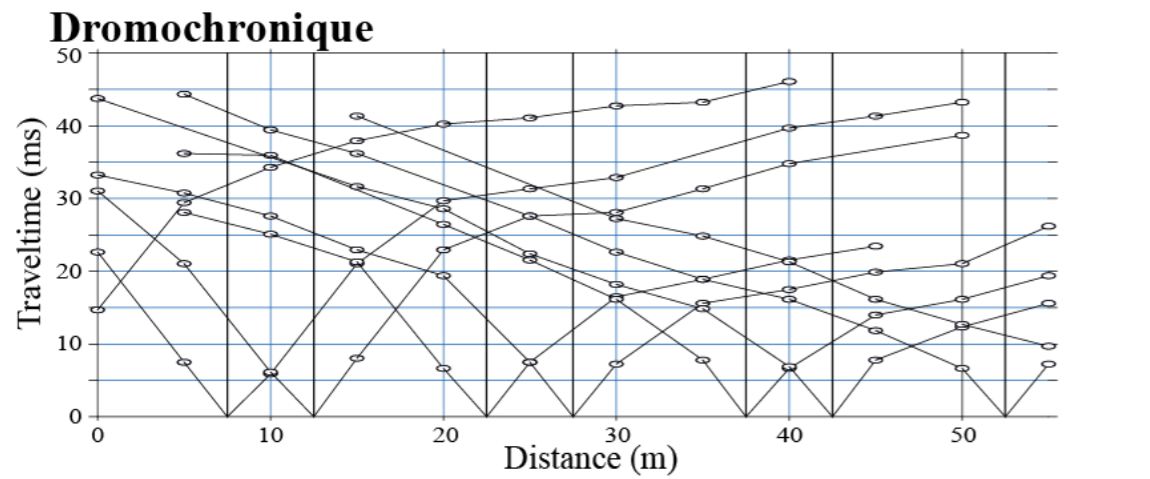
Annexe 9 : ZONE 9 : Saint- Cyprien nord

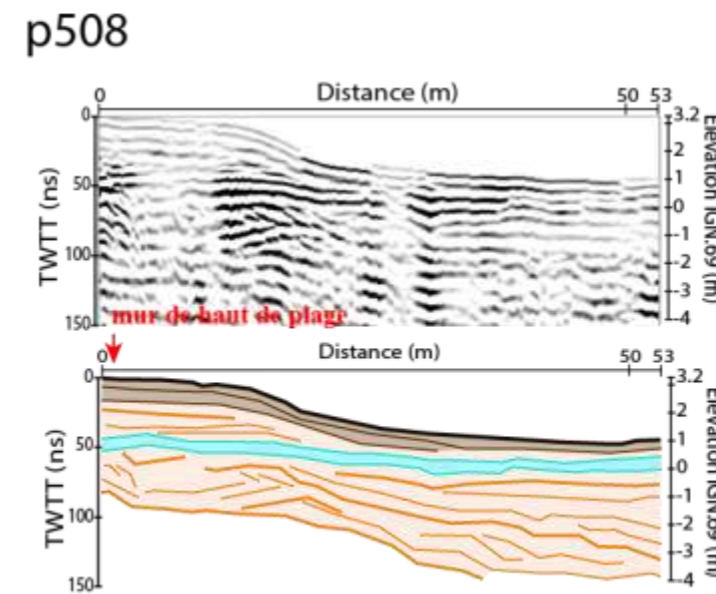
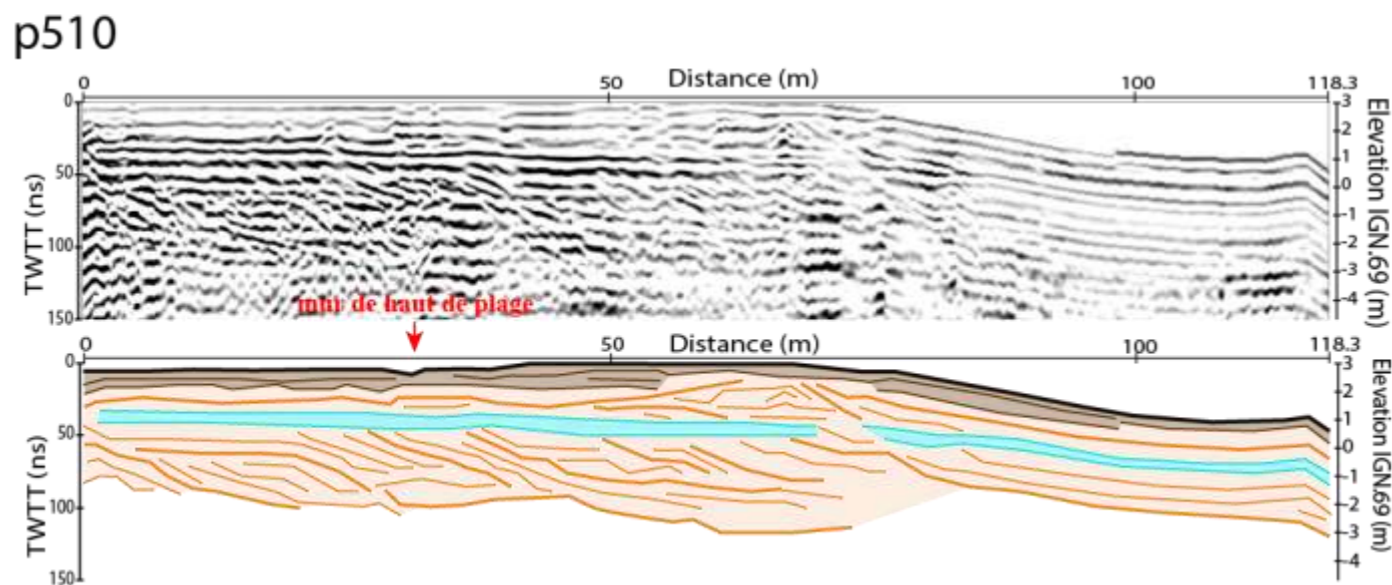
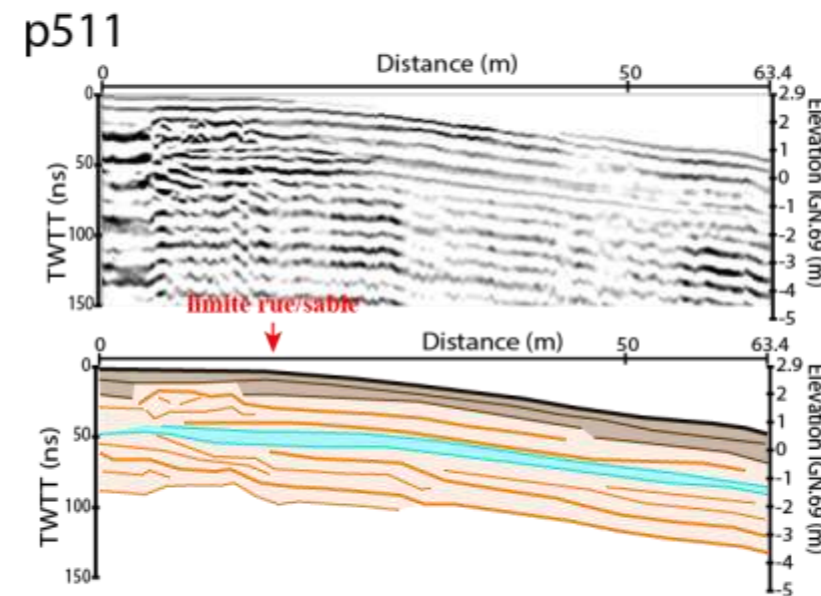
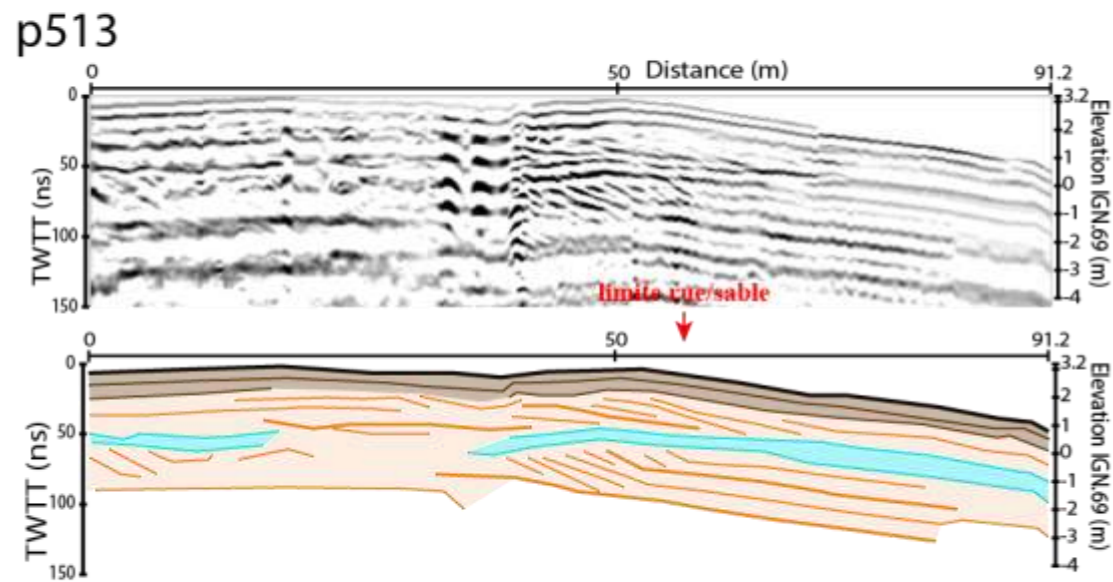
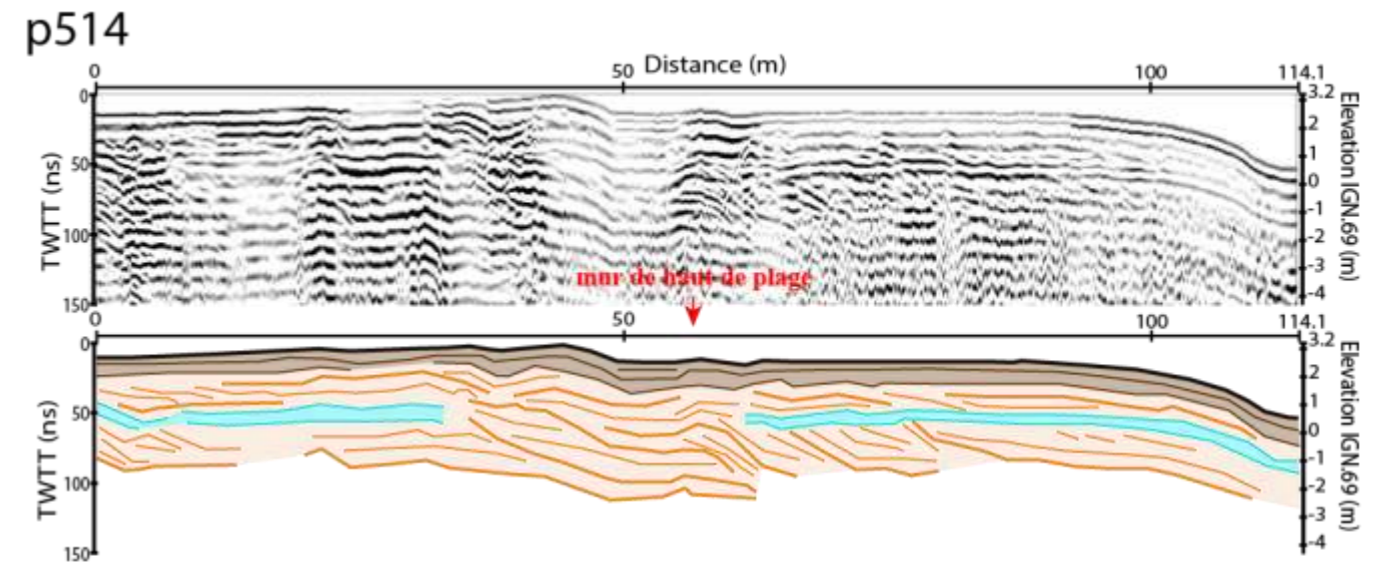
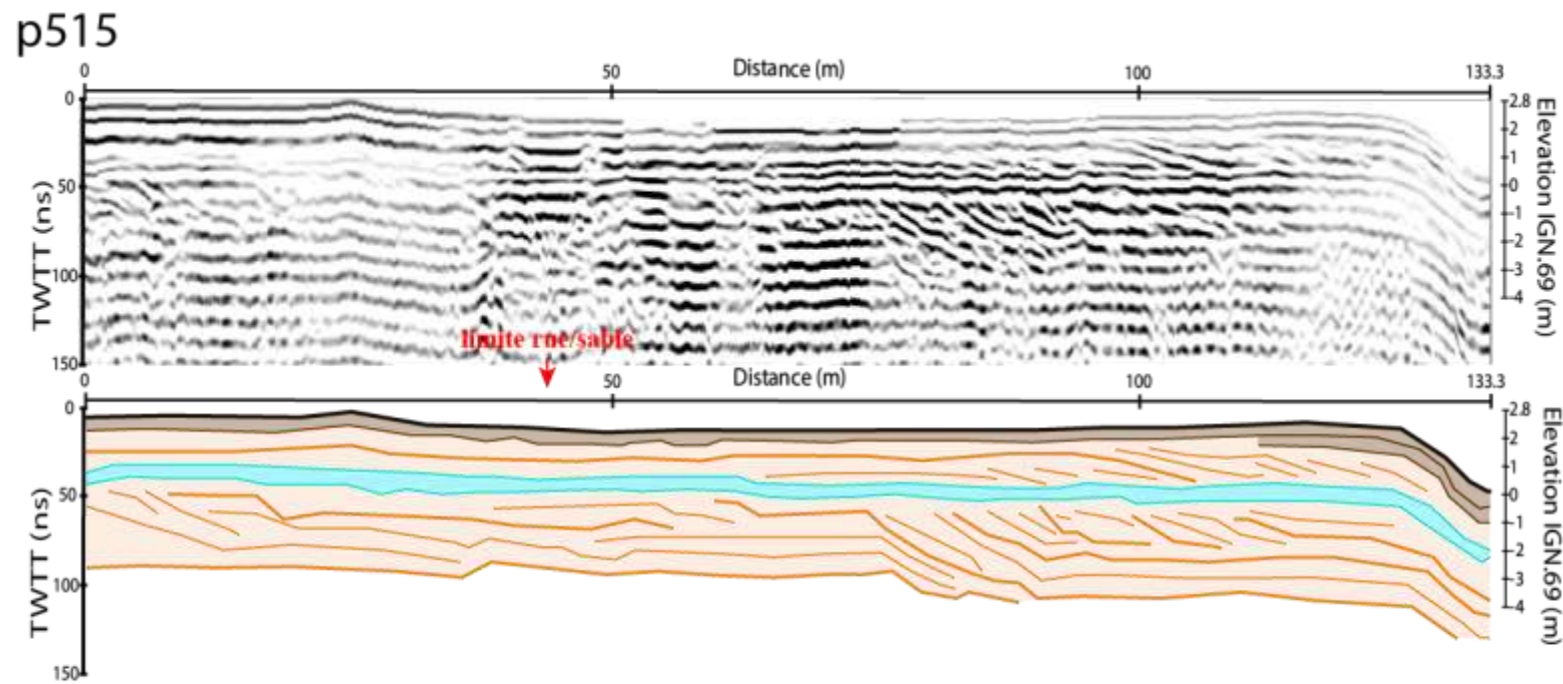
Zone 9 : Saint-Cyprien Nord



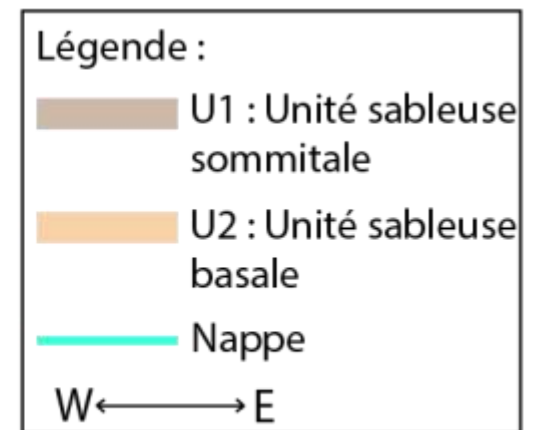
Zone 9 : Saint-Cyprien Nord (Profil 508)

Zone 9 : Saint-Cyprien Nord (Profil 515)

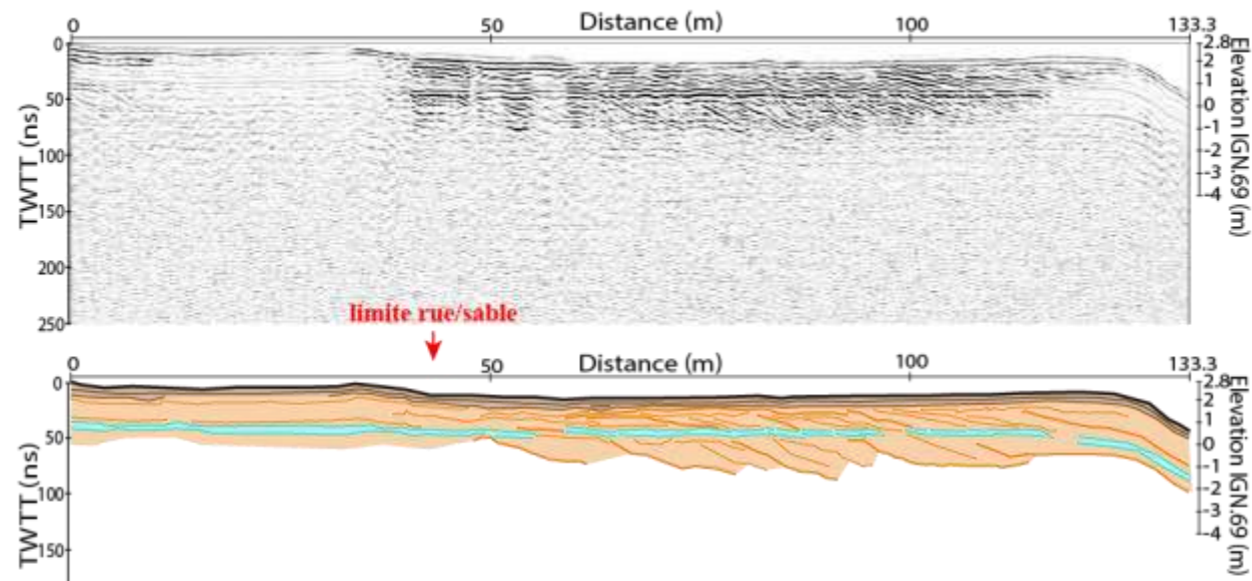




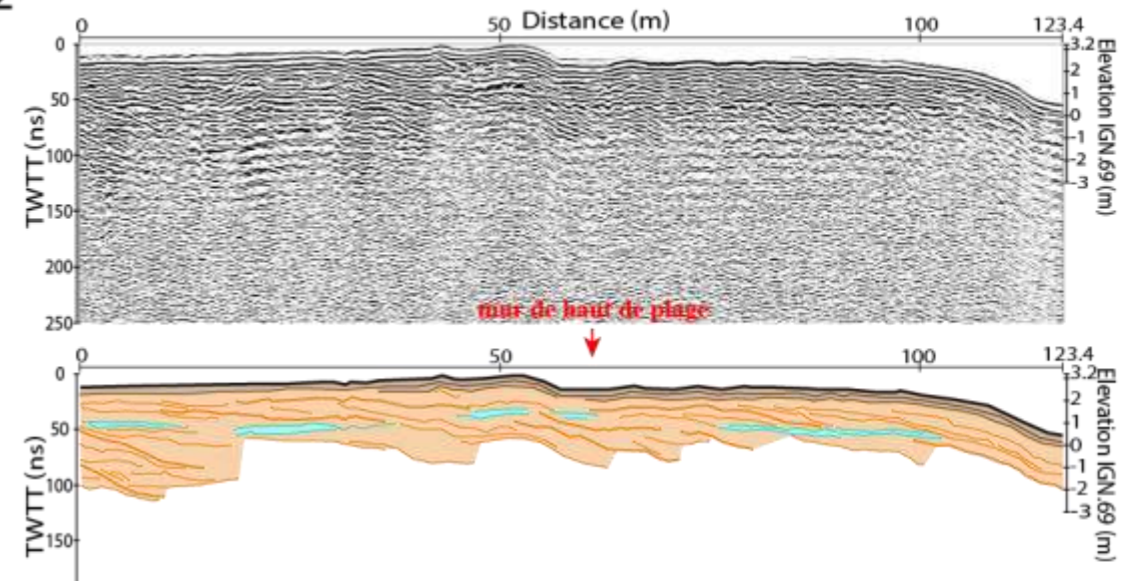
Donnée GPR
Saint-Cyprien Nord
(antenne 100 MHz)



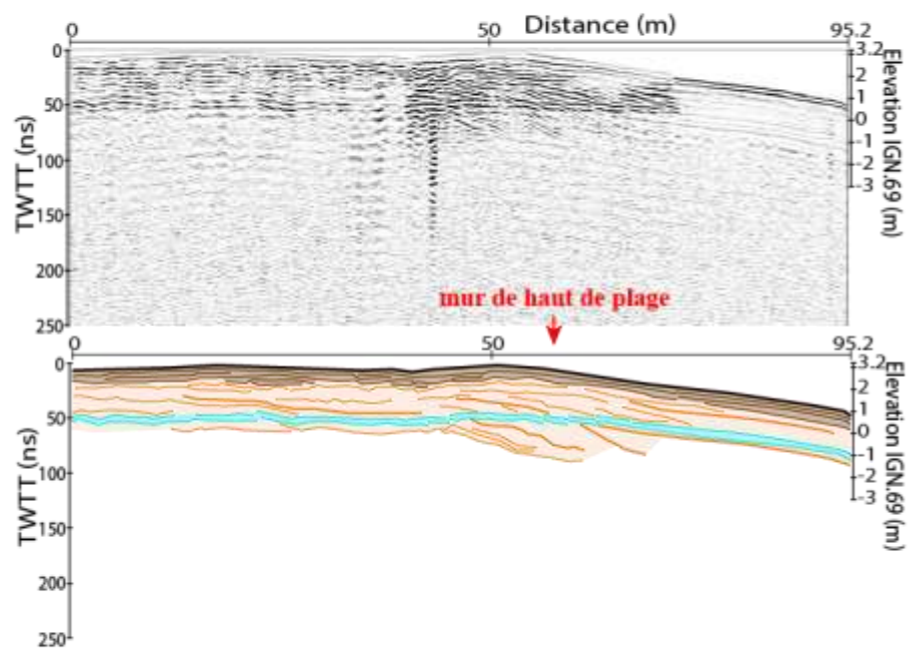
p501



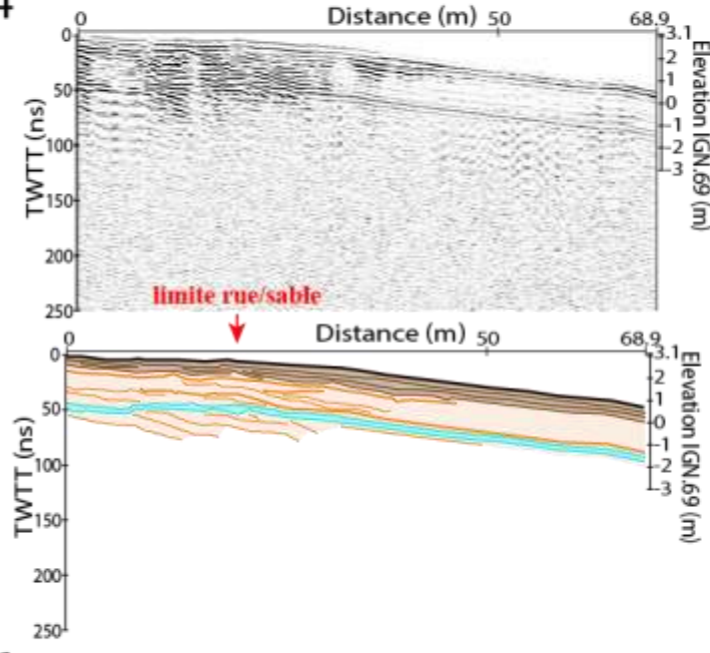
p502



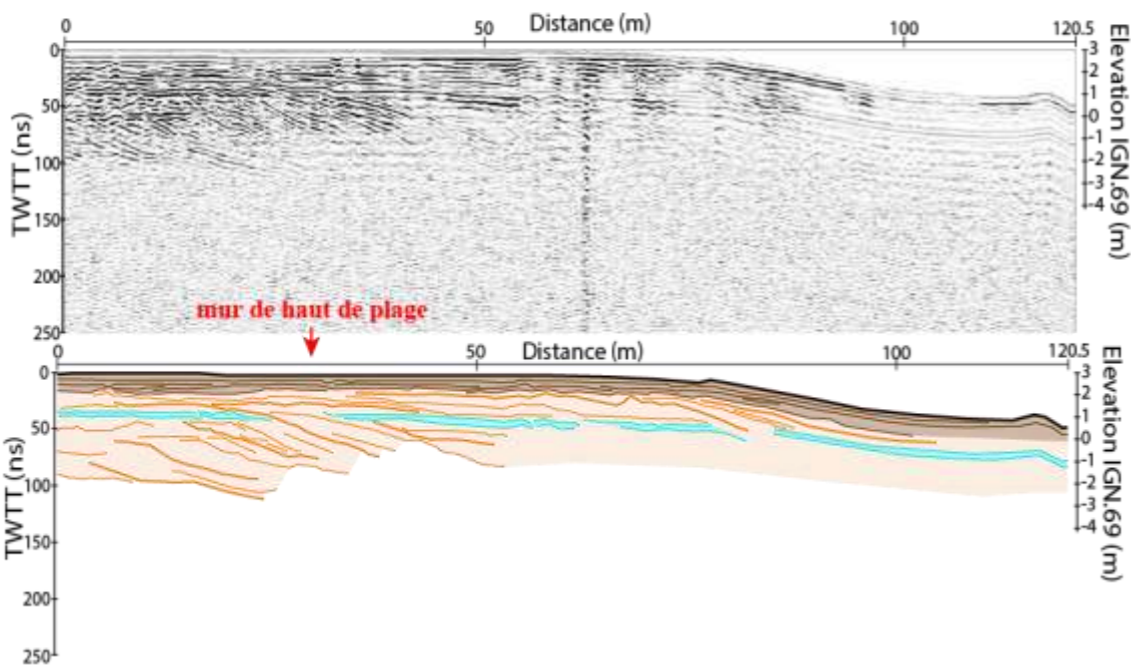
p503



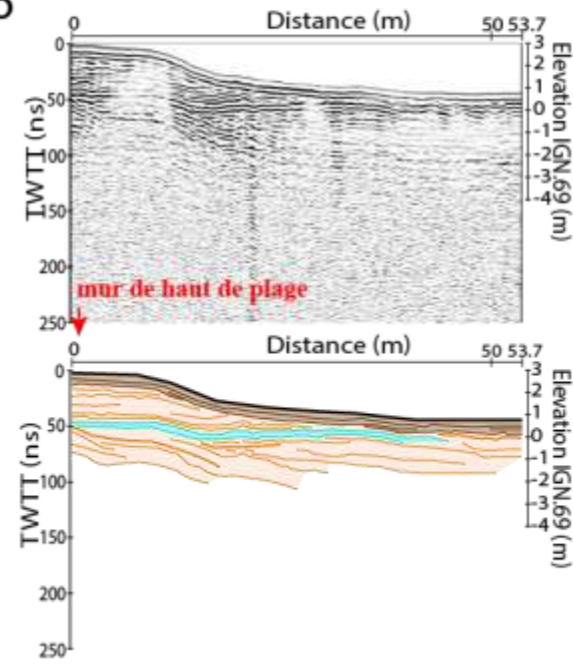
p504



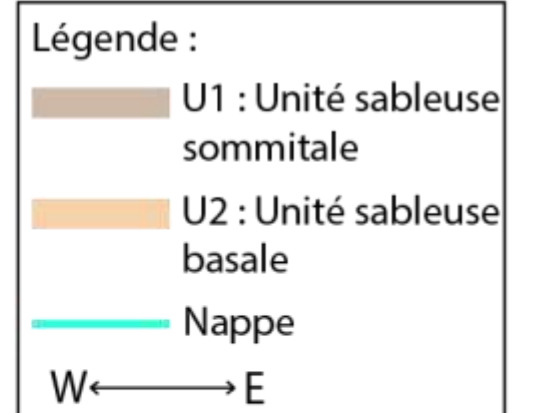
p505



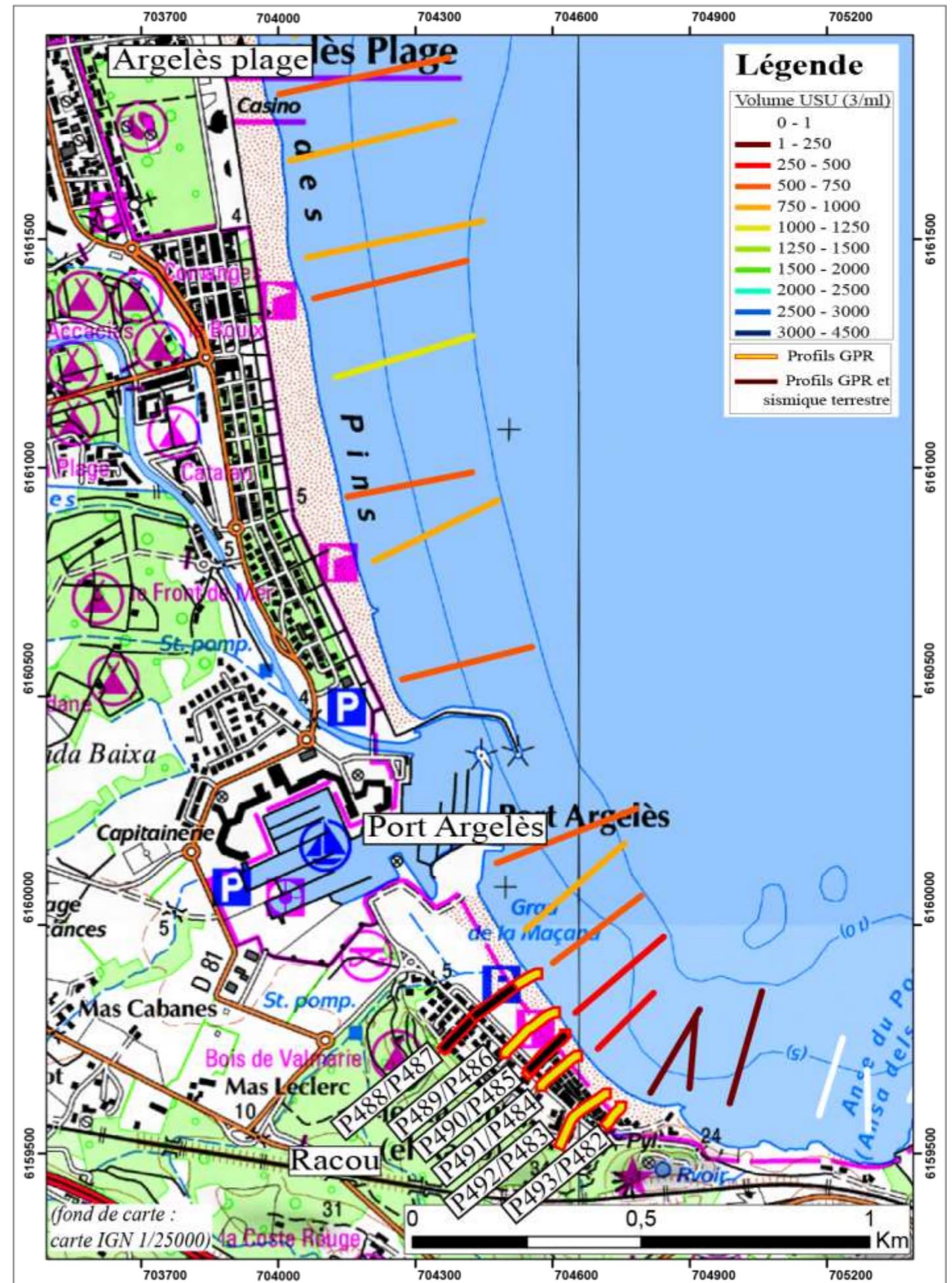
p506



Donnée GPR
 Saint-Cyprien Nord
 (antenne 250 MHz)

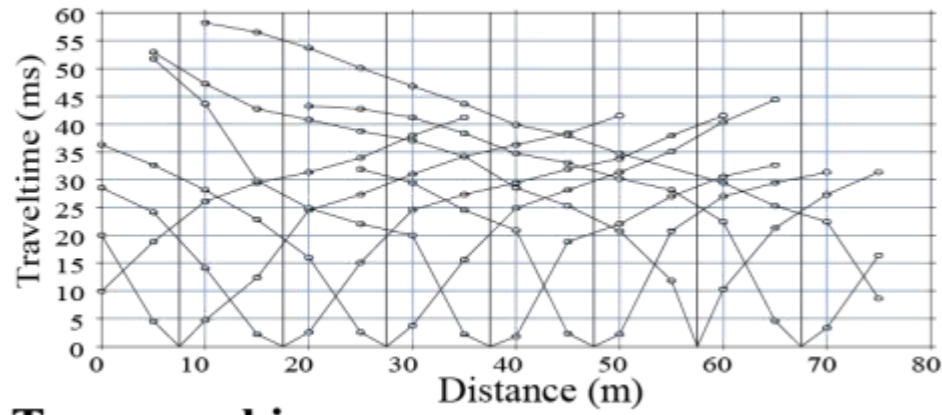


Annexe 10 : ZONE 10 : Argelès-sur- Mer – le Racou

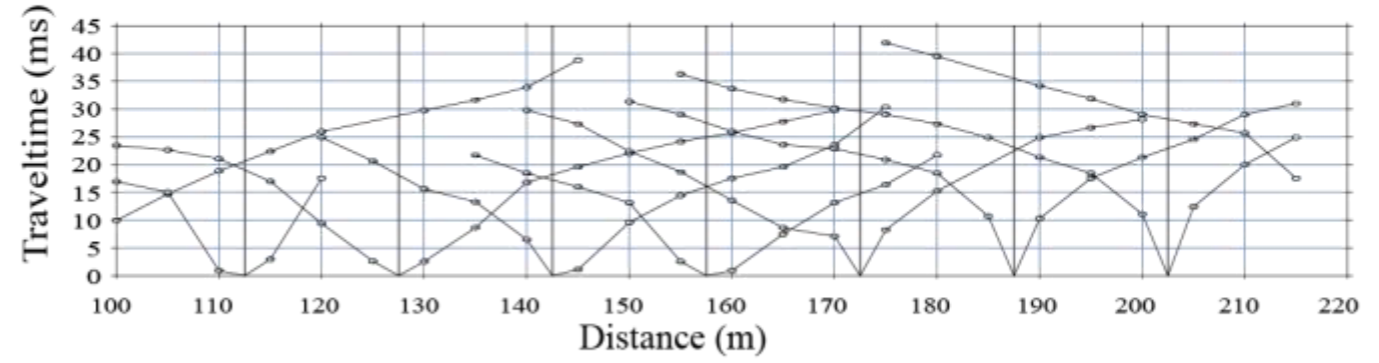


Zone 10 : Argelès-sur-Mer - le Racou (Profil 488)

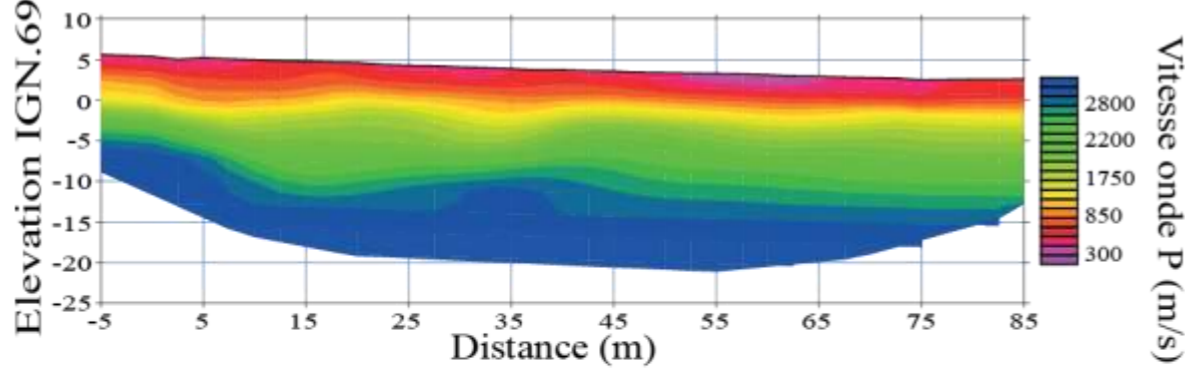
Dromochronique



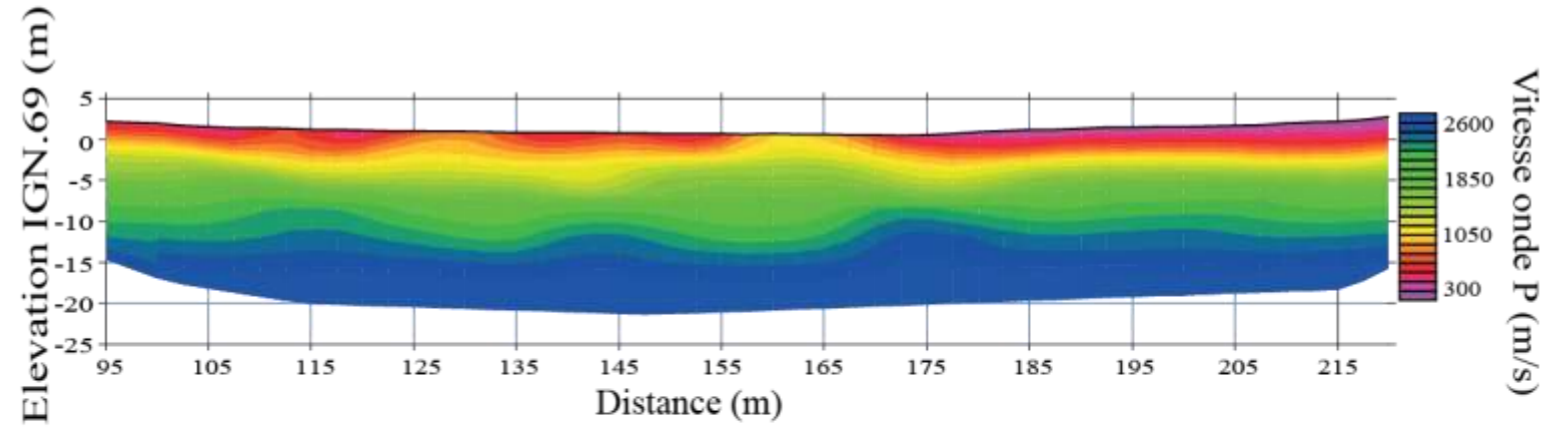
Route



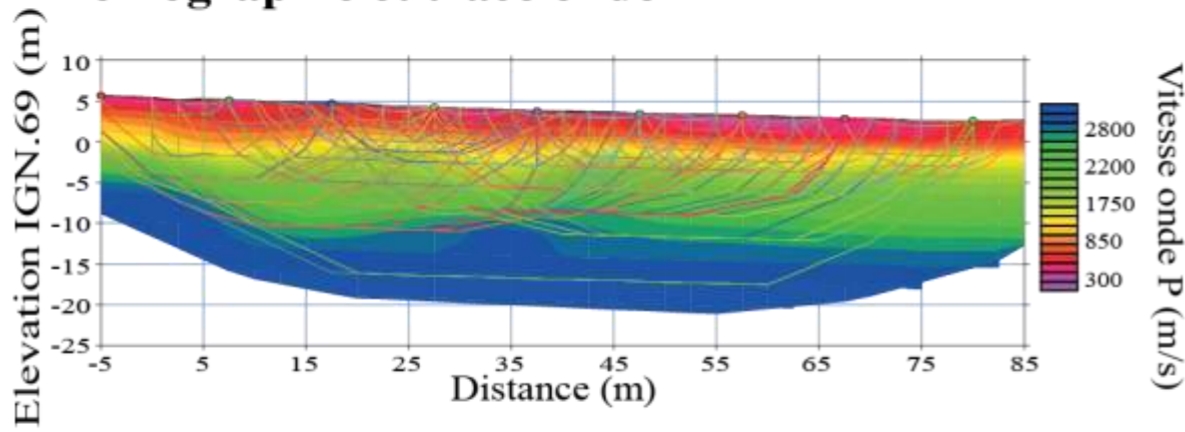
Tomographie



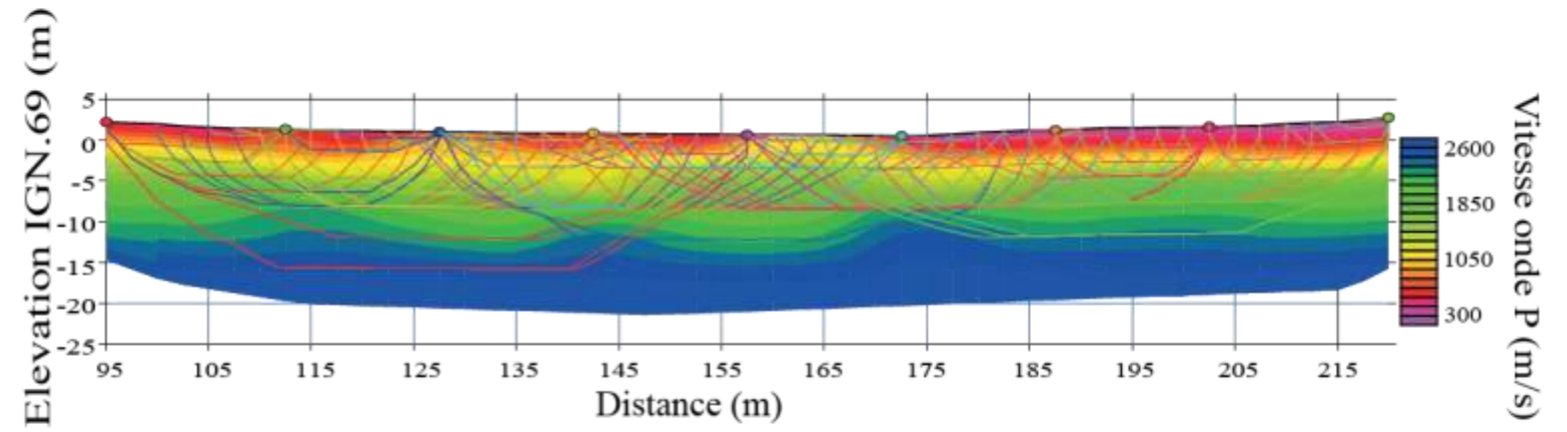
Route



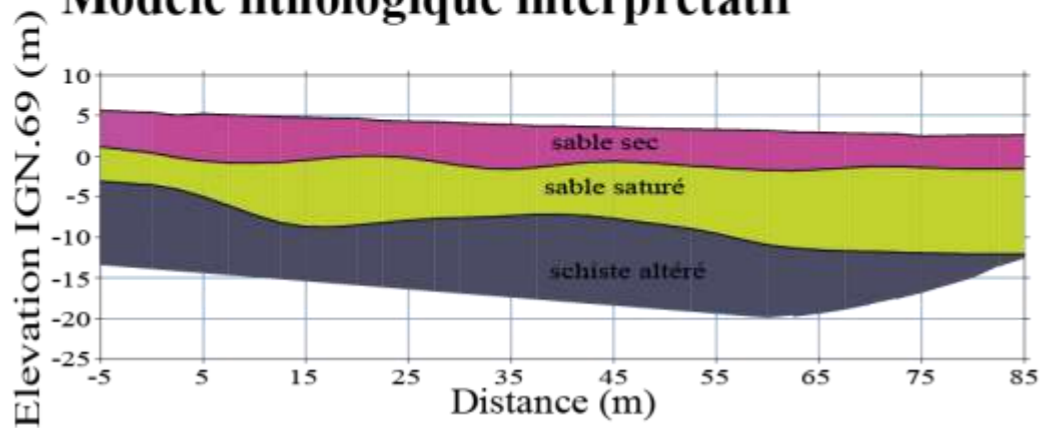
Tomographie et tracé onde



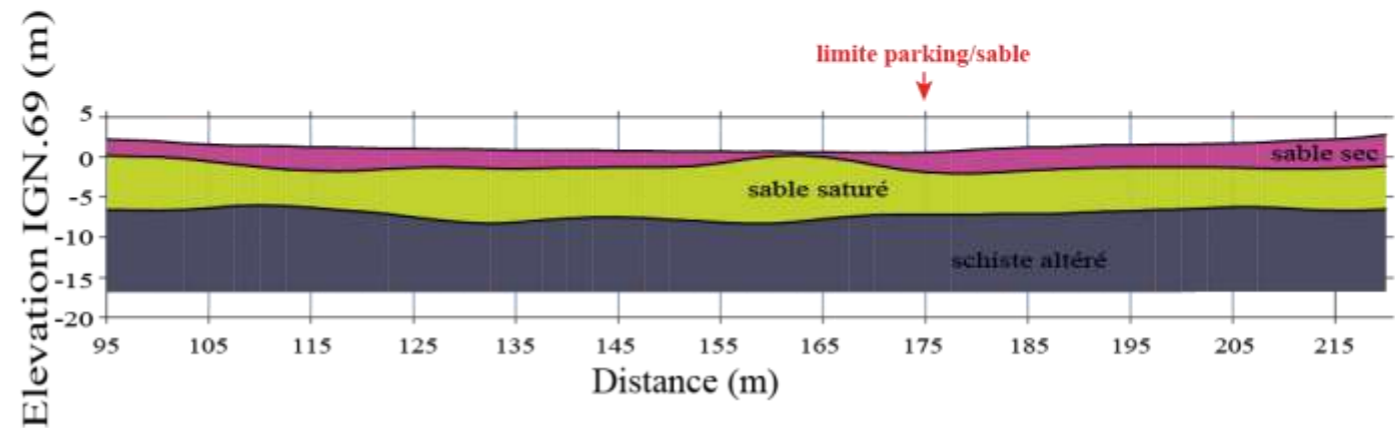
Route



Modèle lithologique interprétatif

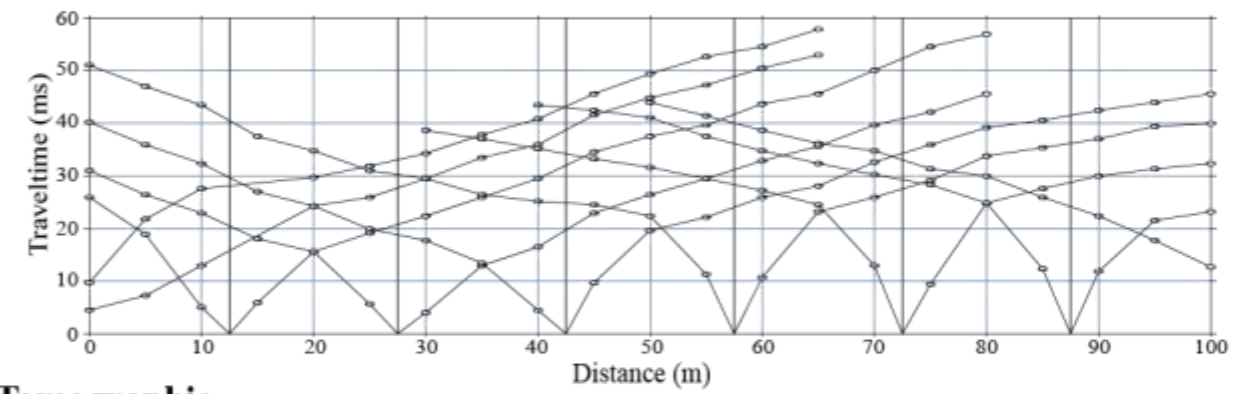


Route

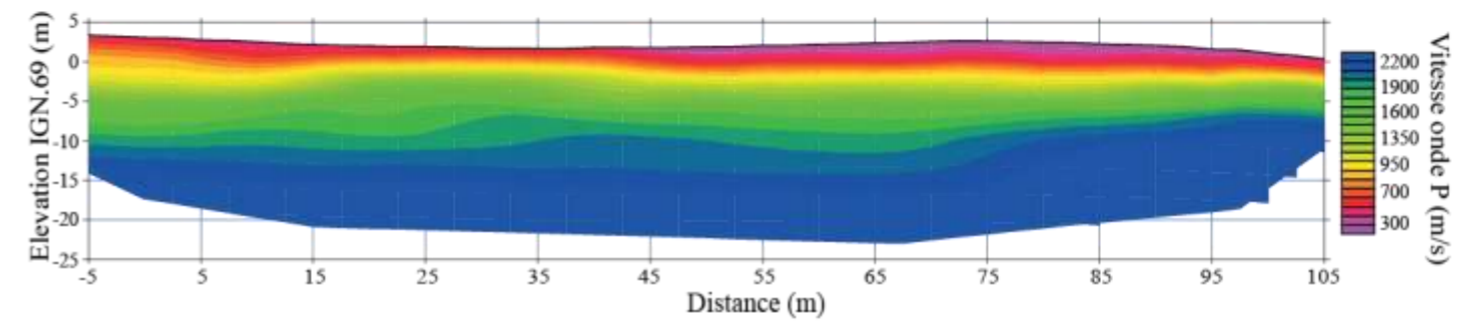


Zone 10 : Argelès-sur-Mer - le Racou (Profil 490)

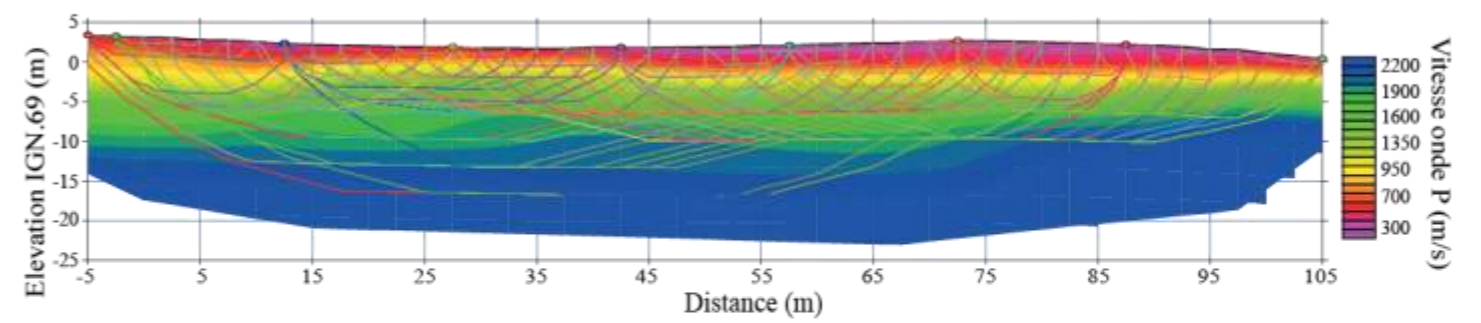
Dromochronique



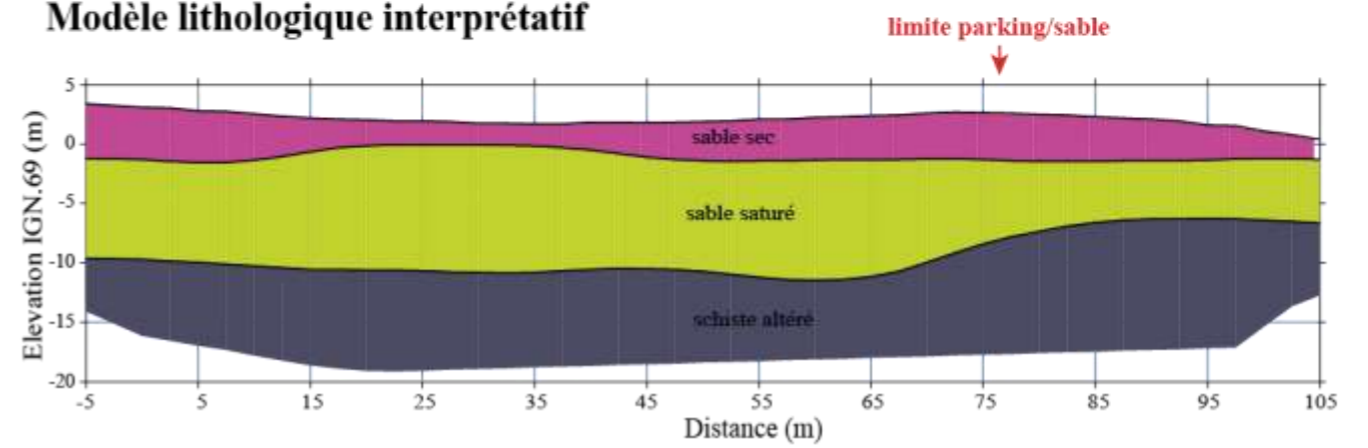
Tomographie

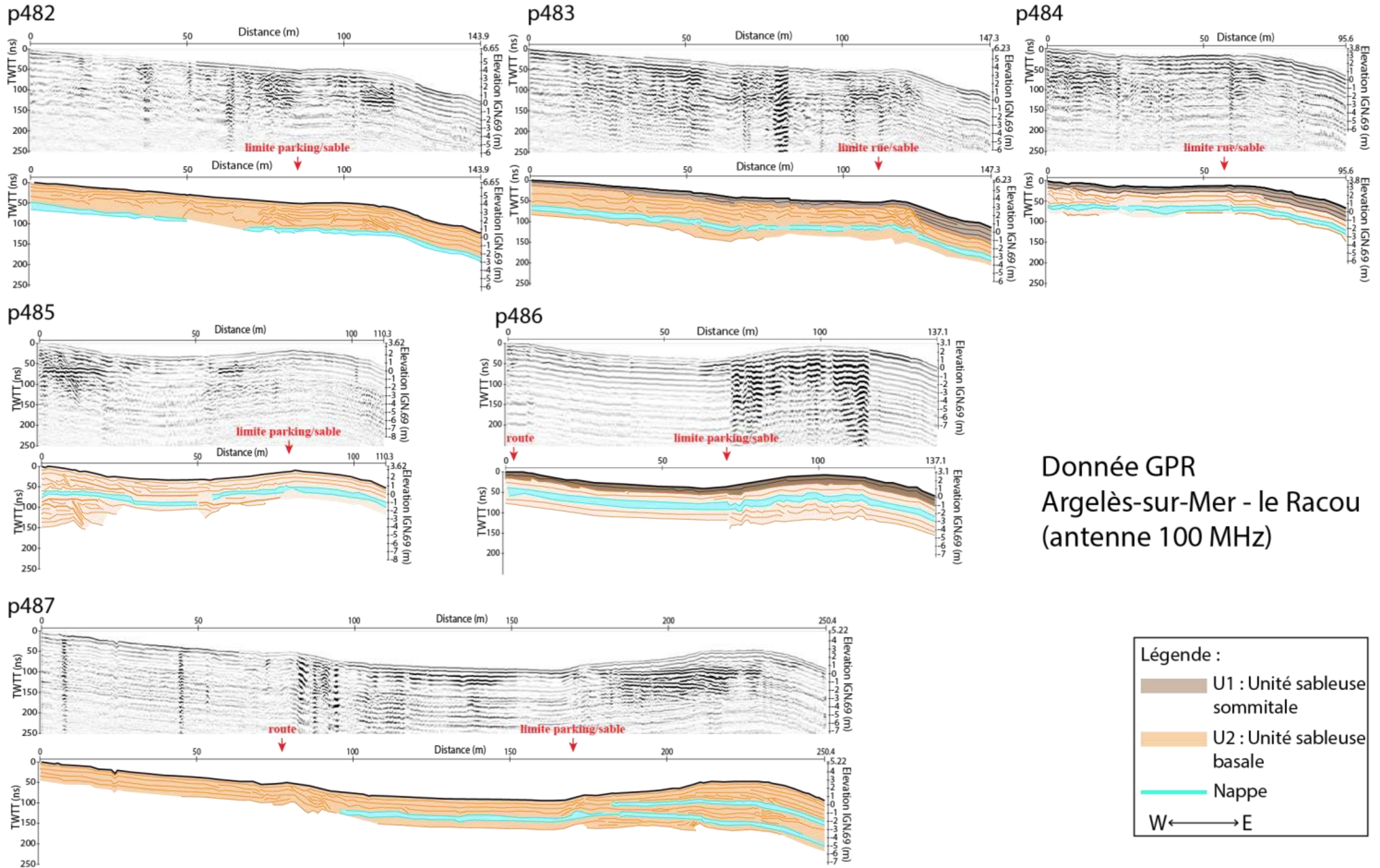


Tomographie et tracé onde

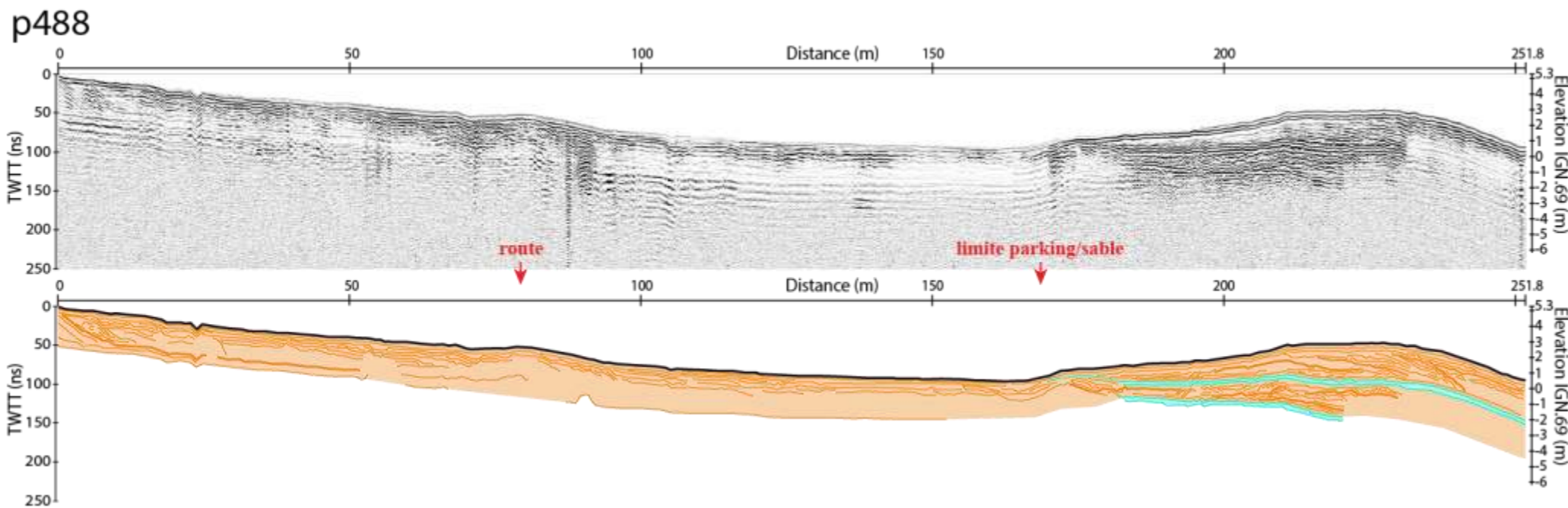
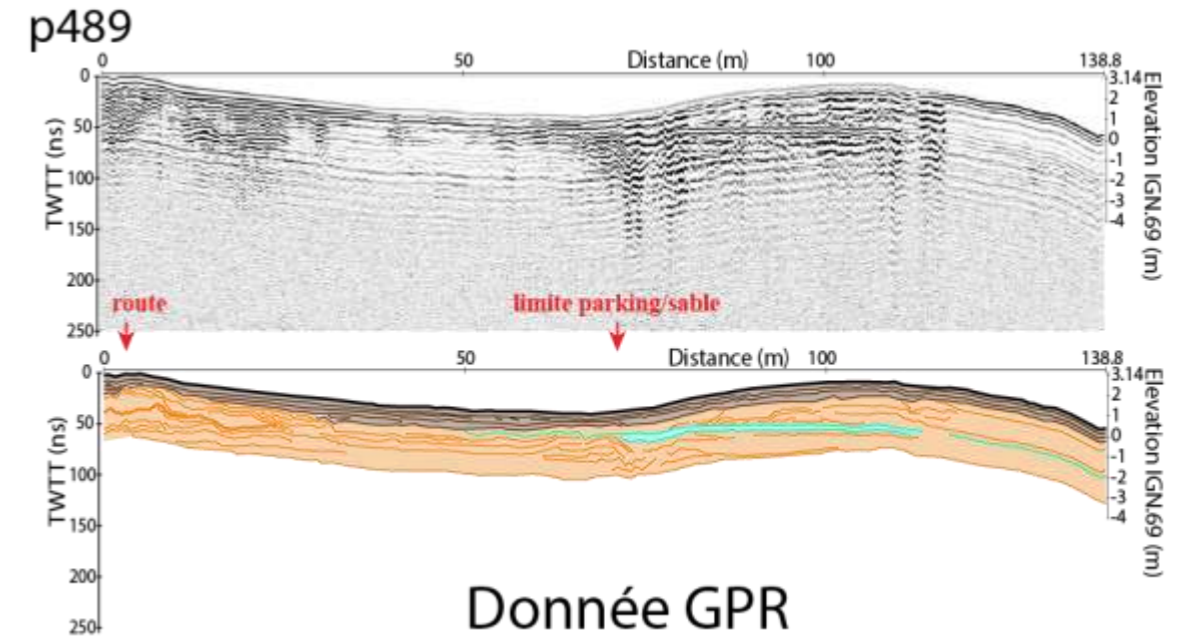
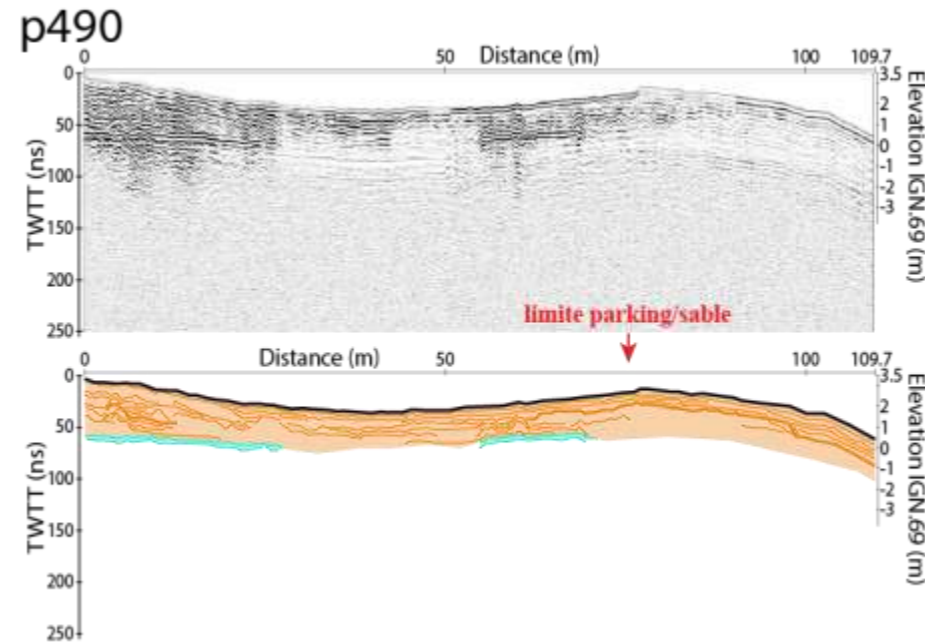
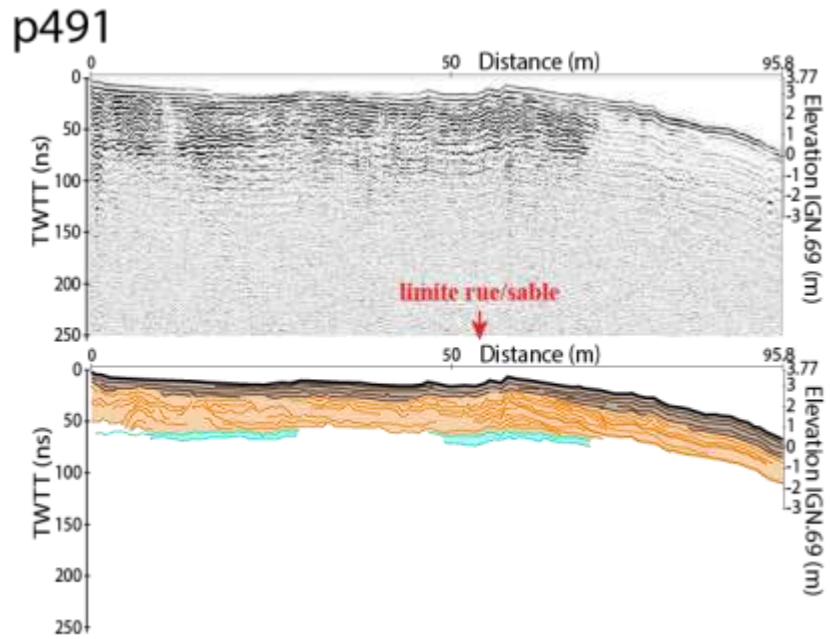
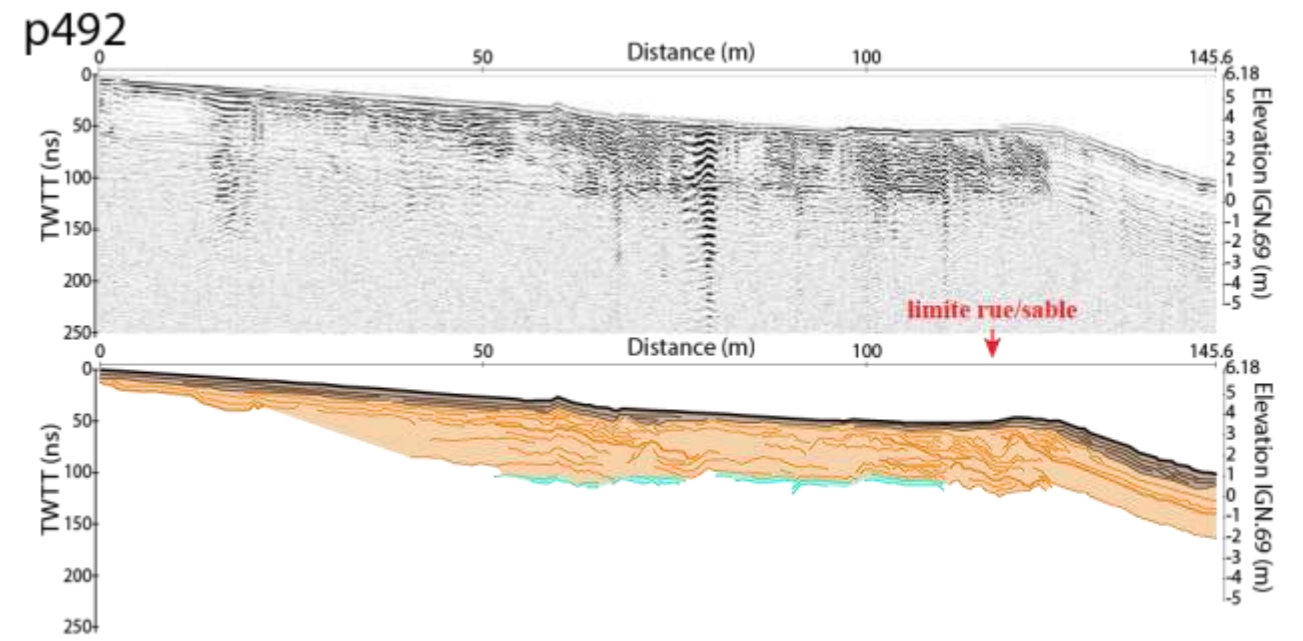
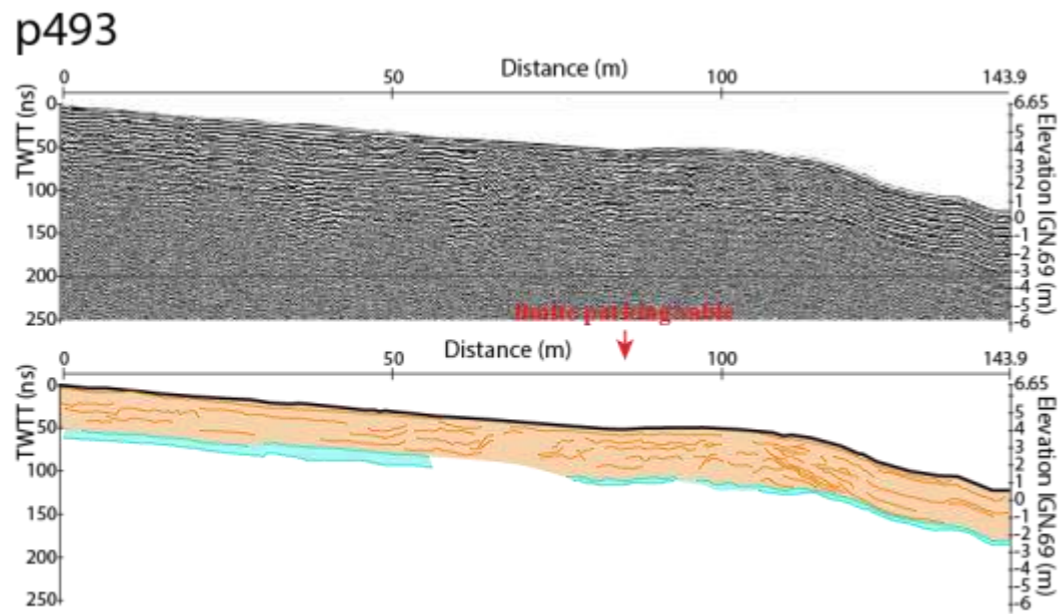


Modèle lithologique interprétatif





Donnée GPR
 Argelès-sur-Mer - le Racou
 (antenne 100 MHz)



Donnée GPR
Argelès-sur-Mer - le Racou
(antenne 250 MHz)

