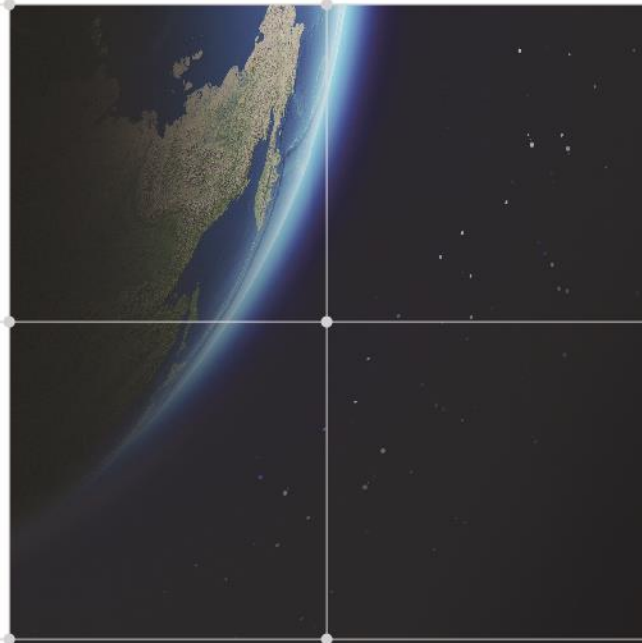


Rapport Technique

Etude historique InSAR au Nord de St Dizier - *Etudes Sentinel-1 (2015-2019), ENVISAT (2004-2010) et ERS (1995-2000)*



TRE
ALTAMIRA
A CLS Group Company

Client :

STORENGY France

Frédéric HUGUET

12 rue Raoul Nordling

Boîte postale CS 70001

92274 BOIS COLOMBES CEDEX

Référence :

ETUDE HISTORIQUE INSAR AU NORD DE ST DIZIER

ETUDES SENTINEL-1 (2015-2019), ENVISAT (2004-2010) ET ERS (1995-2000)

Référence de livraison TRE ALTAMIRA : ES1701A1S, ES1794A2S et ES1795A3S

Numéro de projet TRE ALTAMIRA : JO19-892-ES

Date de la commande : Juillet 2019

Rédigé par :

TRE ALTAMIRA

Auteur : Fifamè Koudogbo

Vérifié par : Anne Urdiruz

Approuvé par : Stefano Cespa

Date : 31 octobre 2019

Version : 1.0

Liste des modifications du document

Version	Date	Sections	Liste des modifications
01.0	31/10/2019	Toutes	Création du document

Index

Acronymes et abréviations	4
Documents de référence.....	5
1. Introduction.....	6
2. Zone d'étude et jeu de données SAR.....	7
2.1. Le périmètre d'intérêt.....	7
2.2. Composition du jeu de données SAR.....	7
2.2.1. Archive de données Sentinel-1.....	8
2.2.2. Archive de données ENVISAT	10
2.2.3. Archive de données ERS.....	11
2.3. Géométrie d'acquisition	12
3. Résultats de l'étude SqueeSAR®	15
3.1. Représentation des résultats	15
3.2. Cartes de mouvement	16
3.3. Mesure du comportement saisonnier	23
4. Les livrables du projet	26
5. Conclusion	27

Acronymes et abréviations

DS	Distributed Scatterer
ENVISAT	ENVironment SATellite
ERS	European Remote Sensing
LOS	Line of Sight (Ligne de visée du satellite)
MP	Measurement Point (Point de mesure)
PS	Persistent Scatterer
PSI	Persistent Scatterer Interferometry
REF	Point de REFerence du traitement
SAR	Synthetic Aperture Radar (Radar à Synthèse d'Ouverture)
SLC	Single-Look Complex
SNT-1	Sentinel-1
TS	Time Series (Séries temporelles)

Documents de référence

Réf.	Date	Titre
DR 1	31/10/2019	GuideUtilisateur_JO19-892-ES_STORENGY_SaintDizier_1_0.pdf
DR 2	18/09/2019	ST_DIZIER_SNT_T37_D_LAMBERT93_ES1701A1S.pdf
DR 3	21/10/2019	ST_DIZIER_ENVI_T380_D_LAMBERT93_ES1795A3S.pdf
DR 4	30/10/2019	ST_DIZIER_ERS_T380_D_LAMBERT93_ES1794A2S.pdf

1. Introduction

Le site de stockage de Trois Fontaines l'Abbaye est situé au Nord de la ville de Saint-Dizier. Cet ancien gisement de gaz naturel converti en stockage est le premier site en gisement déplété de Storengy en France. Le site a été mis sous cocon en 2012.

Afin d'établir une politique de gestion de l'environnement approprié, Storengy mène des études sur l'impact de ses activités de sous-sol en surface et souhaite recourir à l'interférométrie pour disposer d'un historique des mouvements du sol sur le site.

Grâce à la grande empreise au sol des images satellites et aux images d'archive disponibles depuis 1992, cette technique permet de cartographier des mouvements à grande échelle sur plusieurs décades. Un historique sur 24 ans a ainsi été réalisé à partir des archives des missions Sentinel-1 (2015-2019), ENVISAT (2004-2010) et ERS (1995-2000).

Le rapport qui rend compte des résultats de l'étude s'organise de la façon suivante :

Le chapitre 2 décrit la zone d'intérêt ainsi que les jeux de données satellitaires utilisées. Les résultats obtenus sont présentés dans le chapitre 3. La méthodologie employée pour l'analyse des déplacements et le traitement y sont rappelés. La section 4 fait référence aux livrables du projet, de plus amples informations étant disponibles dans le guide d'utilisateur [DR 1]. La conclusion est proposée dans le dernier chapitre.

2. Zone d'étude et jeu de données SAR

2.1. Le périmètre d'intérêt

Le secteur d'intérêt correspond au site de stockage de Trois Fontaines l'Abbaye qui s'étend, au Nord de Saint-Dizier, sur les départements de la Marne et de la Haute Marne.

La zone d'étude couvre ainsi un périmètre d'environ 540 km². Le périmètre de l'étude est délimité sur la Figure 1.

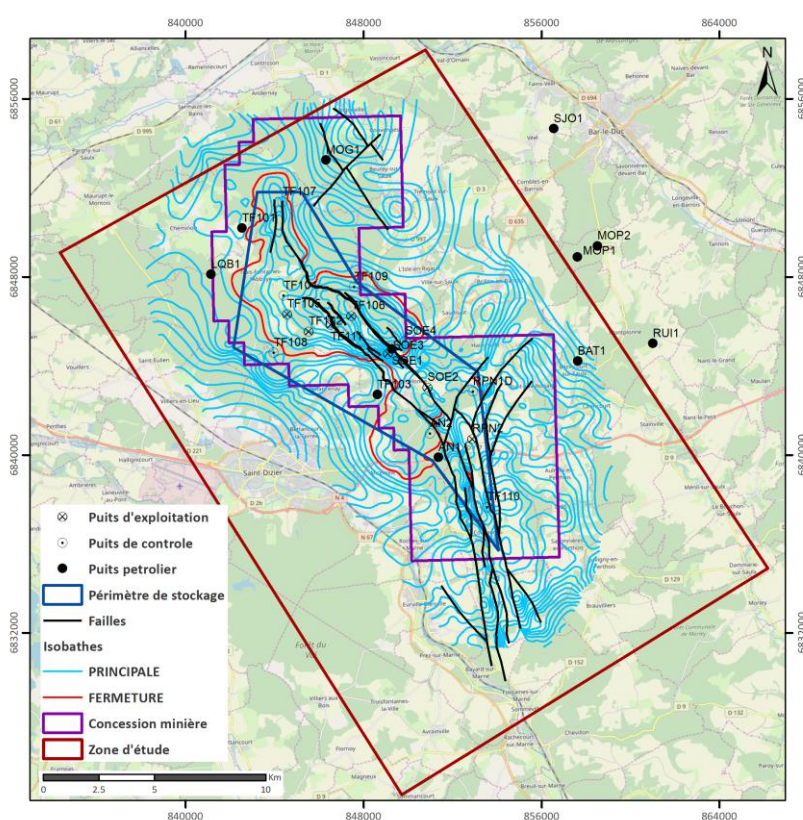


Figure 1: La zone d'étude.

2.2. Composition du jeu de données SAR

Le projet est réalisé à partir des archives des missions de l'Agence Spatiale Européenne : Sentinel-1, ENVISAT et ERS.

Ces trois satellites d'une résolution de 20 m opèrent en bande-C, fréquence qui offre un bon compromis entre la sensibilité au mouvement du sol et la décorrélation temporelle due aux changements de surface durant la période à analyser.

La résolution de 20 m est de plus particulièrement adaptée aux études à grandes échelles et à une couverture du sol mixte (zones urbaines et environnement rural).

Les données de ces trois satellites sont libres de droit, ainsi la totalité des archives disponibles a pu être considérée.

TRE ALTAMIRA a d'autre part recommandé de démarrer le projet par l'étude Sentinel-1 qui propose les meilleurs paramètres en termes de temps de revisite. En effet, son cycle de revisite de 6 jours sur la zone d'étude minimise la décorrélation temporelle due aux changements de surface.

Les performances obtenues pour l'étude Sentinel-1 en termes de localisation et densité des points de mesure ont ensuite permis à Storengy de statuer sur l'intérêt à poursuivre le projet en lançant les études ENVISAT et ERS. Pour ces deux dernières missions la distribution temporelle des images est beaucoup moins optimale, de même que le temps de revisite qui est de 35 jours, ce qui se traduit par une densité de points de mesure moindre par rapport aux résultats Sentinel-1.

Plus d'information sur la composition des jeux de données utilisés pour l'étude est proposée dans les sous-sections suivantes.

2.2.1. Archive de données Sentinel-1

Sentinel-1 est une série de satellites d'observation de la Terre de l'ESA développée dans le cadre du programme Copernicus pour prendre le relais des missions ENVISAT et ERS ; les données sont ainsi libres de droit. Les satellites Sentinel-1 opèrent en bande C ; ce qui offre un bon compromis entre la sensibilité aux mouvements du sol et la décorrélation temporelle due aux changements de surface durant la période analysée. La résolution des images est de 20 mètres.

La mission est à ce jour composée de deux satellites. Le Sentinel-1A, opérationnel depuis octobre 2014, a un cycle de répétition orbital de 12 jours. Depuis le lancement de son jumeau Sentinel-1B, le 25 avril 2016, le cycle de répétition est divisé par deux et une image est acquise en Europe tous les 6 jours (Figure 2).

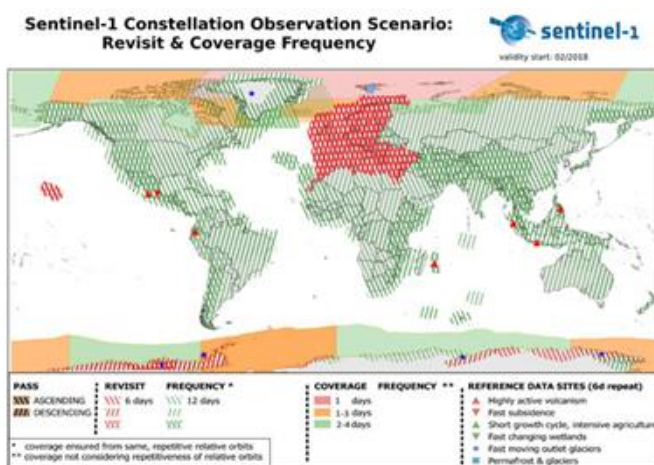


Figure 2: Scénario d'observation de la mission Sentinel-1.

La zone d'intérêt est couverte par la mission Sentinel-1 depuis octobre 2014 au rythme d'une acquisition tous les 12 jours jusqu'en octobre 2016 puis tous les 6 jours à partir de cette date. La Figure 3 montre l'emprise des images acquises par le satellite Sentinel-1 sur la zone d'intérêt.

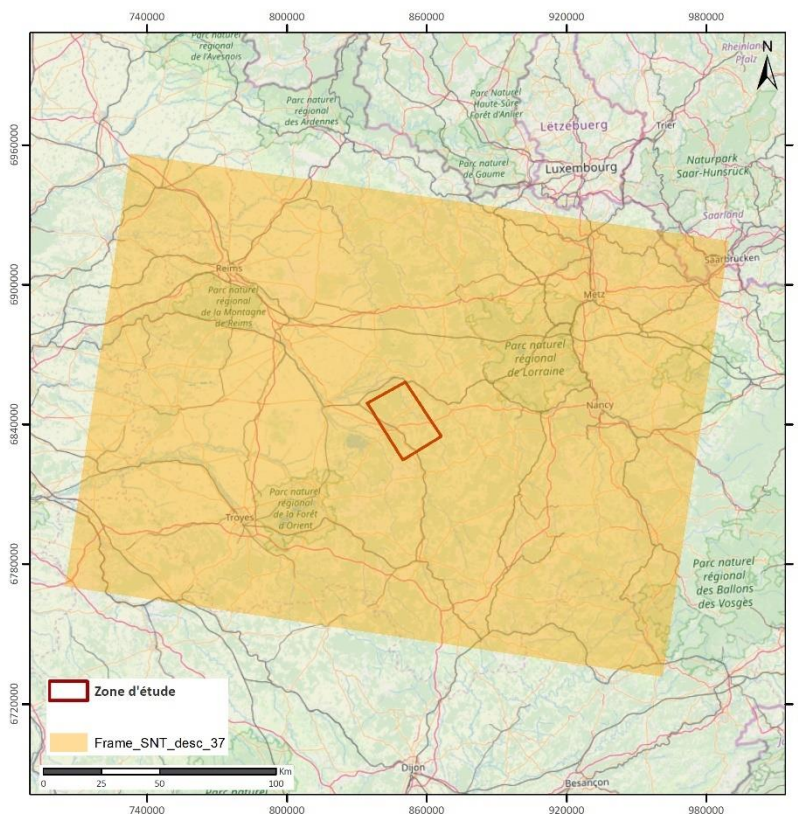


Figure 3: Emprise du frame descendant de Sentinel-1 sur la zone d'intérêt.

190 images acquises entre novembre 2015 et juillet 2019 ont été considérées pour cette première analyse SqueeSAR®; les caractéristiques du jeu de données sont résumées dans le Tableau 1.

Mission	Direction d'orbite	#Track	# Images	Période de l'étude
Sentinel-1	Descendant	37	190	20/11/2015 - 14/07/2019

Tableau 1: Caractéristiques du jeu de données Sentinel-1 considéré pour l'étude 2015-2019.

L'illustration de la Figure 4 montre la distribution temporelle des images utilisées pour l'étude.



Figure 4 : Distribution temporelle des images Sentinel-1 utilisées pour l'étude 2015-2019.

2.2.2. Archive de données ENVISAT

Le satellite ENVISAT a été lancé en mars 2002 et est resté en opération durant près de 10 ans.

Il est cependant à noter qu'en novembre 2010, l'orbite du satellite ENVISAT a subi des changements importants, ne permettant pas d'utiliser les données acquises au-delà de cette date pour des analyses interférométriques. L'étude SqueeSAR® réalisée est ainsi basée sur 38 images acquises entre avril 2004 et octobre 2010.

L'emprise des images du satellite ENVISAT sur la zone d'étude est illustrée par la Figure 5.

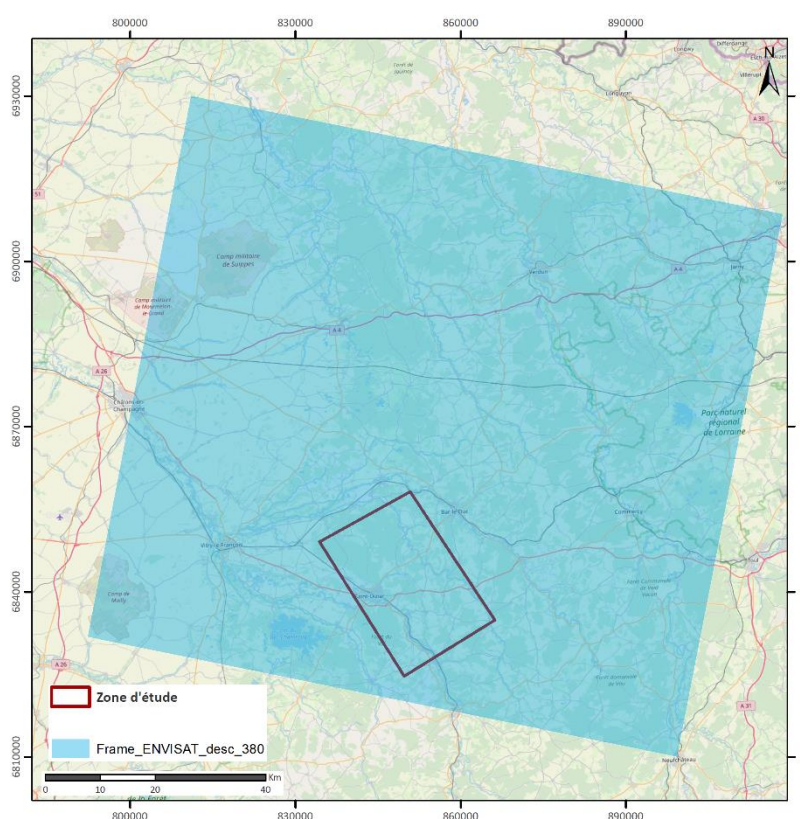


Figure 5: Emprise du frame descendant de la mission ENVISAT sur la zone d'intérêt

Les caractéristiques du jeu de données utilisé pour l'analyse sont résumées dans le Tableau 2 ; alors que le diagramme de la Figure 6 montre la distribution temporelle des acquisitions.

Mission	Direction d'orbite	#Track	# Images	Période de l'étude
ENVISAT	Descendant	380	38	04/04/2004 - 10/10/2019

Tableau 2: Caractéristiques du jeu de données ENVISAT considéré pour l'étude 2004-2010.

L'illustration de la Figure 4 montre la distribution temporelle des données utilisées pour l'étude.

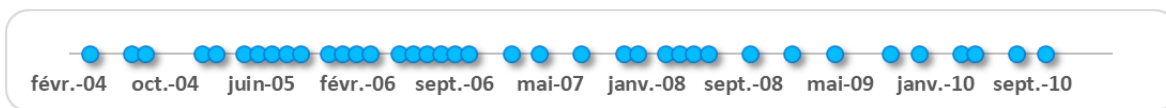


Figure 6 : Distribution temporelle des images ENVISAT utilisées pour l'étude 2004-2010.

2.2.3. Archive de données ERS

Les deux satellites européens de télédétection (ERS) de l'Agence Spatiale Européenne (ESA), ERS-1 et 2, ont été lancés sur la même orbite en 1991 et 1995 respectivement. Leurs charges utiles comprenaient, entre-autres, un radar à synthèse d'ouverture fonctionnant en bande C. Ensemble, les deux satellites ont acquis un grand nombre d'images sur environ deux décennies.

La mission ERS-1 a pris fin le 10 mars 2000, ERS-2 est resté en opération jusqu'en septembre 2011. L'emprise des images ERS sur la zone d'étude est illustrée par le polygone vert sur la Figure 7.

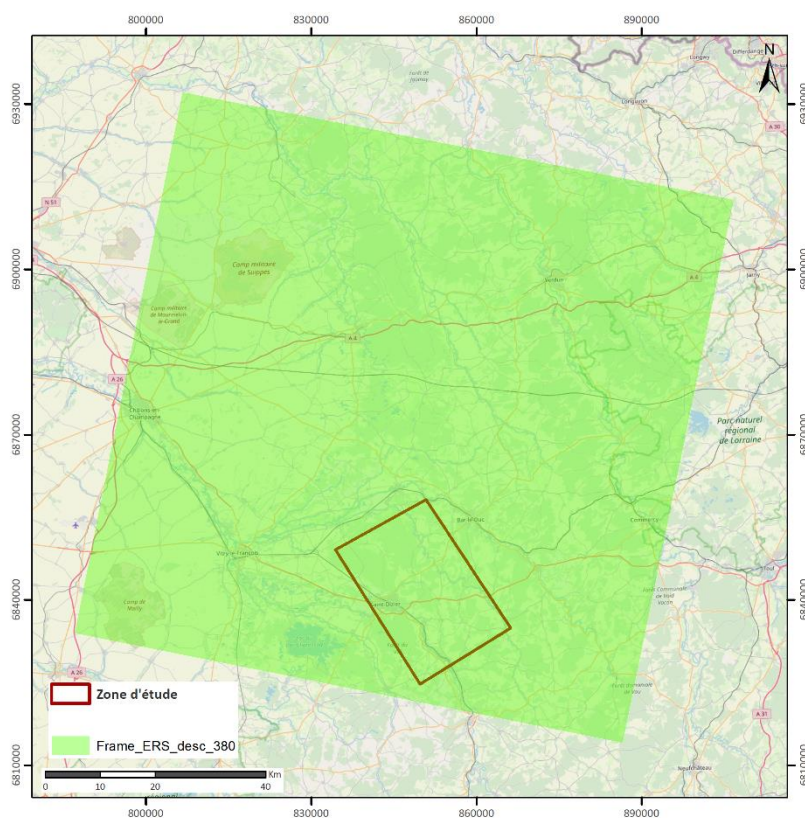


Figure 7: Emprise du frame descendant de la mission ERS sur la zone d'intérêt.

Il est à noter que suite à des problèmes de plateforme, les données qui ont été acquises par les satellites ERS après 2001 ne sont pas systématiquement exploitables pour l'interférométrie.

Un jeu de données de plus de 70 images est disponible en archive, cependant on compte une interruption d'environ 17 mois, entre novembre 1993 et avril 1995. Afin de minimiser l'impact de la décorrélation temporelle pour ne pas perdre de points de mesure, il a été décidé de considérer pour l'étude l'archive acquise à partir du mois d'avril 1995 et jusqu'à fin 2000, soit 56 images. Ces informations sont résumées dans le Tableau 3.

Mission	Direction d'orbite	#Track	# Images	Période de l'étude
ERS	Descendant	380	56	01/04/1995 - 31/12/2000

Tableau 3: Caractéristiques du jeu de données ERS considéré pour l'étude 1995-2000.

L'illustration de la Figure 4 montre la distribution temporelle des données utilisées pour l'étude.

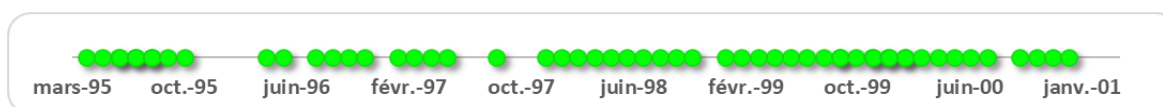


Figure 8 : Distribution temporelle des images ERS utilisées pour l'étude 1995-2000.

2.3. Géométrie d'acquisition

Les satellites SAR suivent une trajectoire fixe autour de la Terre (incliné de quelques degrés par rapport à l'axe Nord-Sud, comme le montre la Figure 9 a)), et tournent ainsi autour du globe à une altitude d'environ 800 km. Au fur et à mesure que le satellite tourne sur son orbite, la Terre tourne également sur son axe, de telle sorte qu'à chaque orbite, le satellite balaye une partie différente de la surface terrestre.

Une caractéristique propre aux systèmes radar, par rapport aux capteurs optiques, est leur géométrie de vision latérale ; ils émettent leur signal dans une direction oblique orientée vers la droite. L'angle de visée varie en fonction du satellite considéré mais s'étend normalement entre 20°-60° (mesuré à partir du nadir).

Les détails sur la géométrie d'acquisition de chaque mission sont proposés sur les Figure 9 à Figure 10. La géométrie d'acquisition de Sentinel-1 est plus oblique, alors que dans le cas de ERS et de ENVISAT, l'angle d'incidence est d'environ 22,4°.

Satellite info

Satellite	Wavelength	Satellite geometry	Sensor mode	Satellite track
SNT	5.55 cm	DESCENDING	IW	37

Acquisition geometry

Line of sight angle	θ: 38.56°	δ : 8.54°		
Line of sight versors	V: 0.782	N: -0.093	E: 0.616	

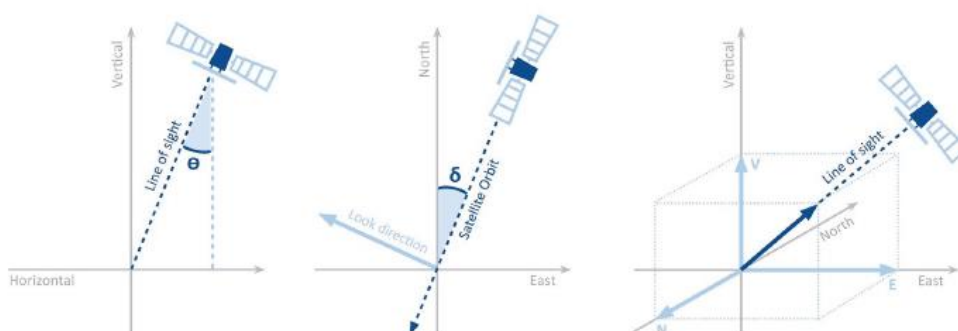


Figure 9: Géométrie de l'acquisition, en mode descendant, du jeu de données Sentinel-1.

Satellite info

Satellite	Wavelength	Satellite geometry	Sensor mode	Satellite track
ENVI	5.62 cm	DESCENDING	S2-V	380

Acquisition geometry

Line of sight angle	θ: 22.39°	δ : 11.33°		
Line of sight versors	V: 0.925	N: -0.075	E: 0.373	

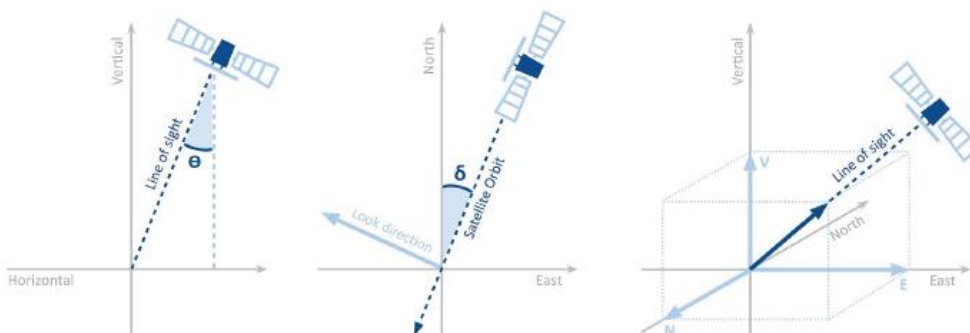


Figure 10: Géométrie de l'acquisition, en mode descendant, du jeu de données ENVISAT.

Satellite info

Satellite	Wavelength	Satellite geometry	Sensor mode	Satellite track
ERS	5.66 cm	DESCENDING		380

Acquisition geometry

Line of sight angle	θ: 22.38°	δ :	11.32°		
Line of sight versors	V: 0.925	N:	-0.075	E:	0.373

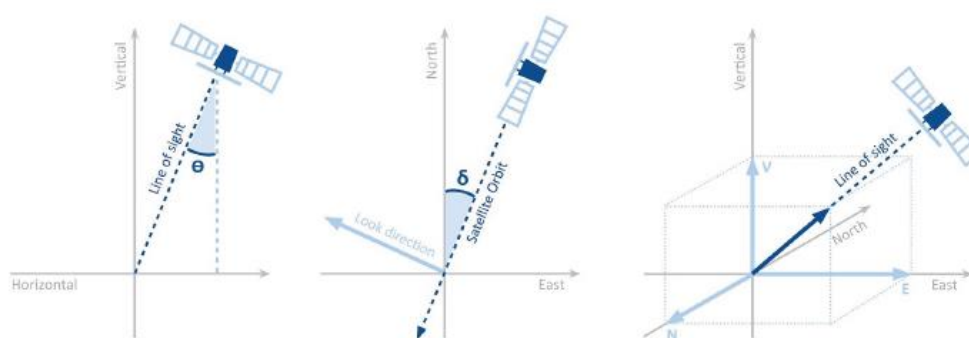


Figure 11: Géométrie de l'acquisition, en mode descendant, du jeu de données ERS.

3. Résultats de l'étude SqueeSAR®

3.1. Représentation des résultats

Les résultats présentés dans ce document ont été obtenus à partir du traitement SqueeSAR® des jeux d'images Sentinel-1, ENVISAT et ERS acquis sur la zone d'intérêt.

Pour conduire cette étude, l'algorithme SqueeSAR® a été utilisé pour mesurer les mouvements de surface avec une précision millimétrique. Le traitement a été réalisé de manière à garantir un nombre optimal de points de mesure sur le périmètre analysé. Les caractéristiques de l'analyse SqueeSAR® sont détaillées dans le guide d'utilisateur qui accompagne ce document [DR 1].

Sur chaque figure, les différents points de couleur correspondent à des cibles naturelles qui ont une rétrodiffusion importante et constante sur la période d'étude considérée.

L'information sur la vitesse de déplacement est donnée en mm par an à partir de l'échelle variant du rouge au bleu, suivant l'orientation et l'intensité du mouvement. Les échelles de couleur utilisées pour la représentation des résultats de l'étude sont indiquées sur la Figure 12.

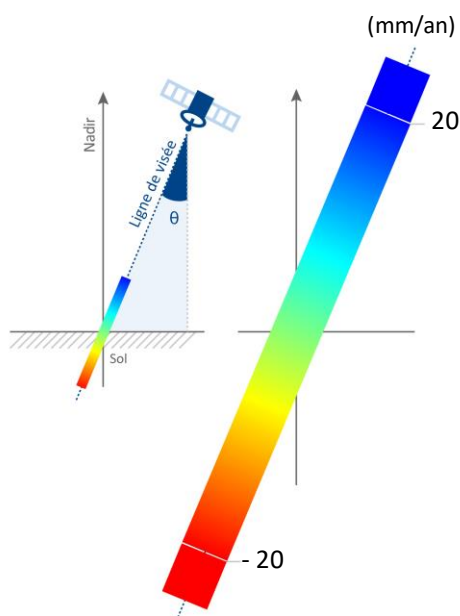


Figure 12: Echelle de couleur utilisée pour la représentation de la vitesse de déplacement moyen.

Les précisions altimétrique et planimétrique sont définies par le modèle numérique de terrain utilisé lors du traitement et les caractéristiques des données SAR. L'image utilisée en arrière-plan pour les figures est issue du service de données cartographiques « Microsoft® Bing Maps ».

3.2. Cartes de mouvement

La carte de mouvement dérivée de l'analyse SqueeSAR® conduite sur la zone d'intérêt à partir des images Sentinel-1 acquises entre novembre 2015 et juillet 2019 est montrée sur la Figure 13. Les périodes couvertes par les études ENVISAT et ERS sont considérées sur les Figure 14 et Figure 15, respectivement.

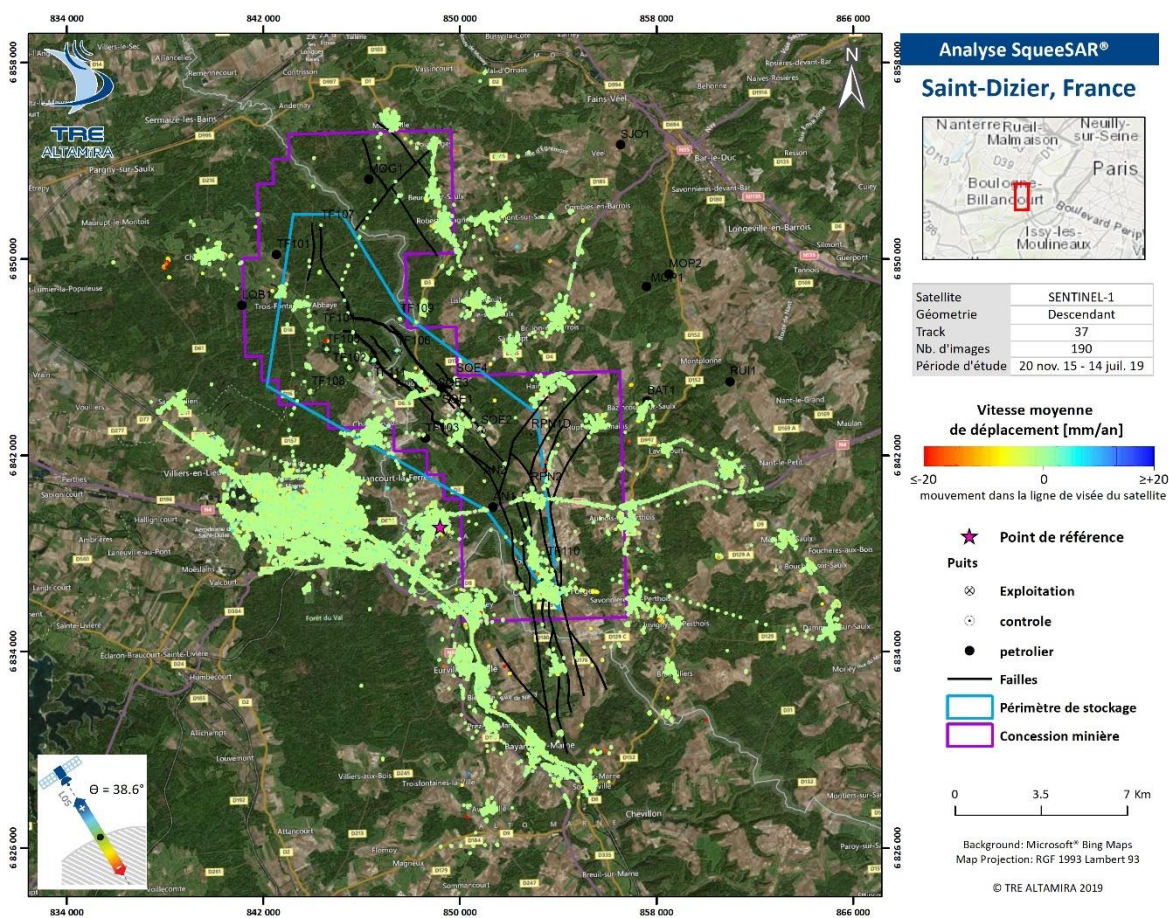


Figure 13: Carte de mouvement sur la zone d'intérêt générée à partir de l'analyse SqueeSAR® des données Sentinel-1 acquises en mode descendant entre le 20 novembre 2015 et le 14 juillet 2019.

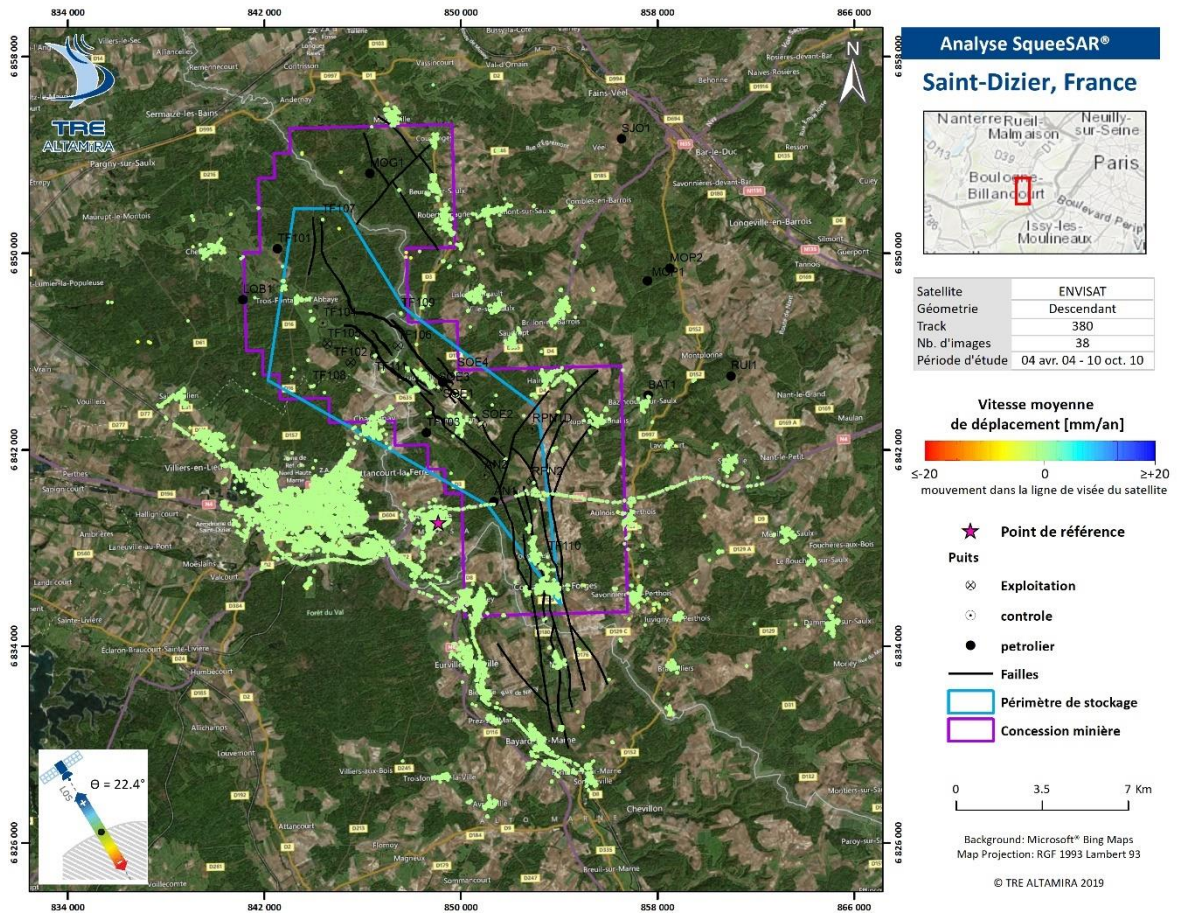


Figure 14: Carte de mouvement sur la zone d'intérêt générée à partir de l'analyse SqueeSAR® des données ENVISAT acquises en mode descendant entre le 04 avril 2004 et le 10 octobre 2010.

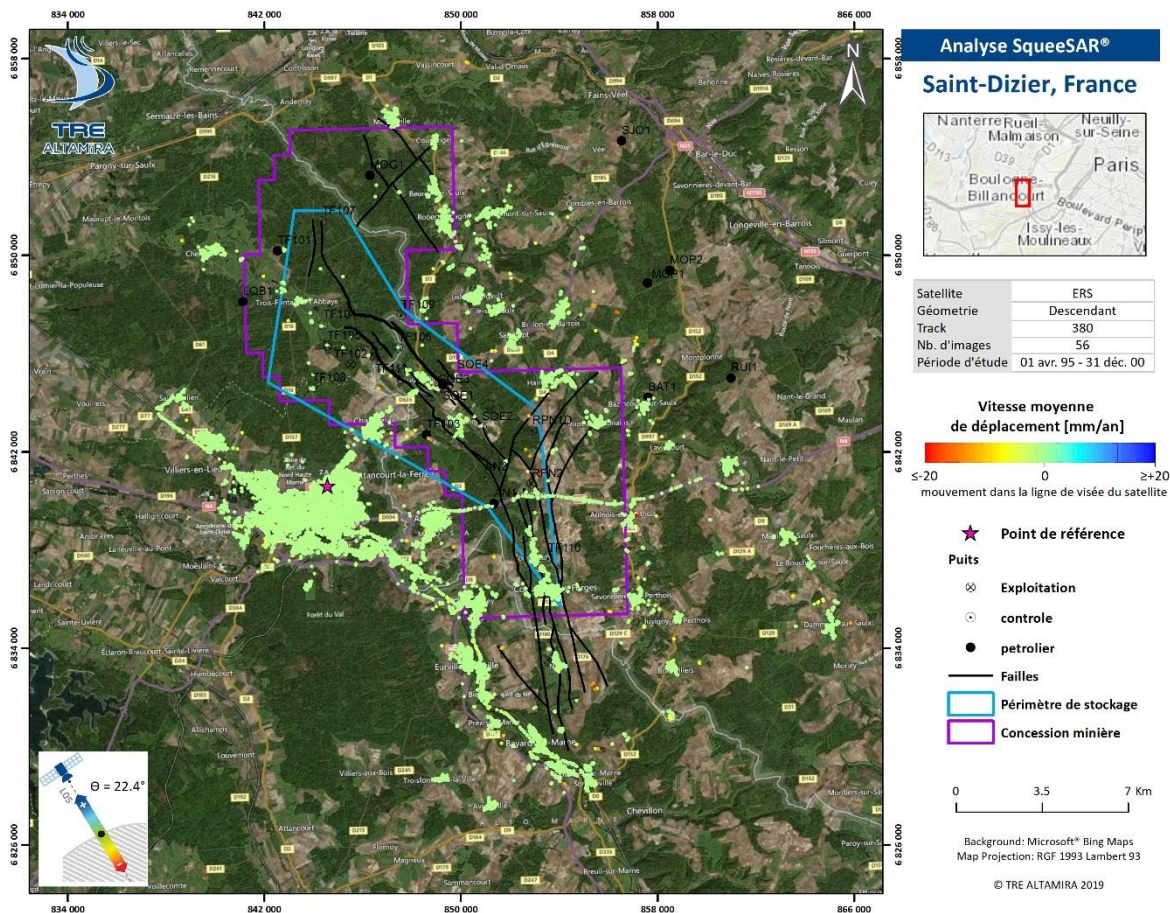


Figure 15: Carte de mouvement sur la zone d'intérêt générée à partir de l'analyse SqueeSAR® des données ERS acquises en mode descendant entre le 01^{er} avril 1995 et le 31 décembre 2000.

Le point de référence de la mesure est un réflecteur de bonne qualité localisé dans des secteurs qui ont été détectés comme stable durant les traitements SqueeSAR® réalisés [DR 1]. Pour les études Sentinel-1 et ENVISAT, les points de référence sont voisins, ils ont été localisés dans la commune de Ancerville, près des rues des Sauliers et Franchot, respectivement (Figure 16). Le point de l'étude ERS est situé plus au nord, au sein de la ville de Saint-Dizier, à environ 4,8 km des points précédents. Il n'a en effet pas été possible de détecter un point de mesure pouvant faire office de référence à Ancerville sur la période 1995-2000.

Les données de localisation des différents points de référence dans les systèmes de coordonnées géographiques et Lambert 93 sont reportées dans le Tableau 4.

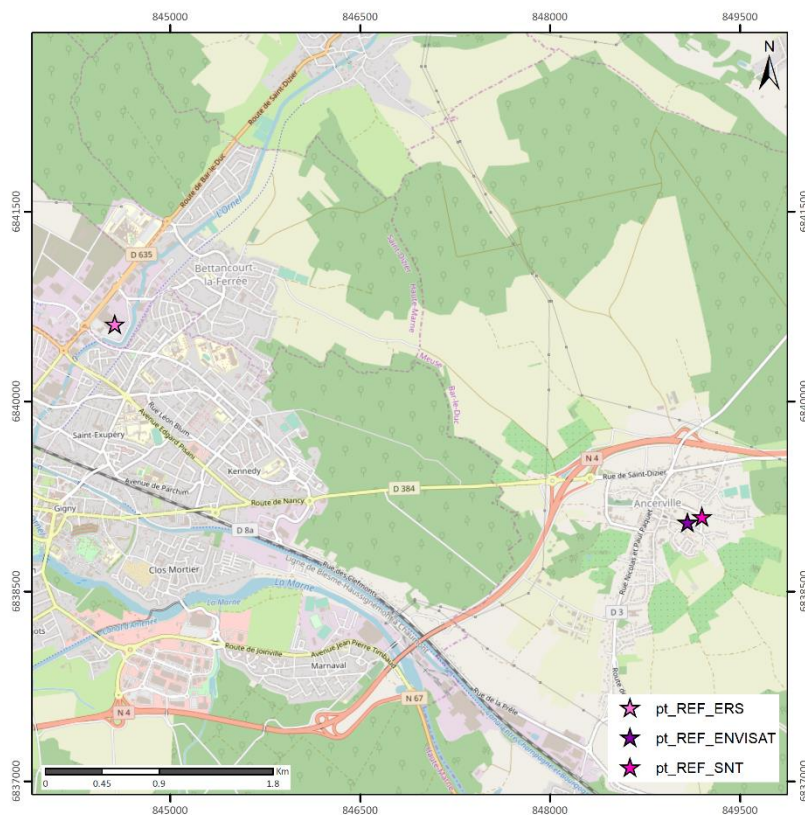


Figure 16: Localisation des points de référence de la mesure pour les études Sentinel-1, ENVISAT et ERS.

Mission	Code	Coordonnées géographiques [°]		Coordonnées Lambert 93 [m]	
		Longitude	Latitude	Easting	Northing
SNT-1	C4NK6K7	5.024999	48.634789	849197.858	6839091.660
ENVISAT	ADYHY7Y	5.023438	48.634414	849083.934	6839047.010
ERS	AHLHB89	4.962607	48.649508	844561.240	6840611.367

Tableau 4 : Localisation des points de référence pour les études SqueeSAR® réalisées.

Le traitement Sentinel-1 a permis d’obtenir plus de 21 800 points de mesure. Un traitement optimal a pu en effet être réalisé à partir de l’archive de 190 images. Le court cycle de revisite est un atout de la mission.

Moins de points de mesure sont détectés sur les périodes plus anciennes du fait du cycle de revisite de 35 jours des missions ERS et ENVISAT et des jeux de données moins optimaux. C’est sur la

période 2004-2010 que moins de points de mesure sont obtenus du fait du plus faible nombre d’images.

Ces informations sont résumées dans le Tableau 5.

Mission	Zone traitée [Km ²]	Nombre de MP	Densité [MP/Km ²]
Sentinel-1	540	21 846	40,5
ENVISAT		15 028	27,8
ERS		19 150	37,5

Tableau 5: Performances du traitement en termes de points de mesure.

Les points de mesure de type PS sont principalement localisés dans les zones de bâti alors que les DS sont distribués au niveau des sols nus et dans les zones de faible végétation, etc. Dans le cadre de l’étude Sentinel-1, une proportion de 80% de PS et 20% de DS a été obtenue, comme le montre la Figure 17.

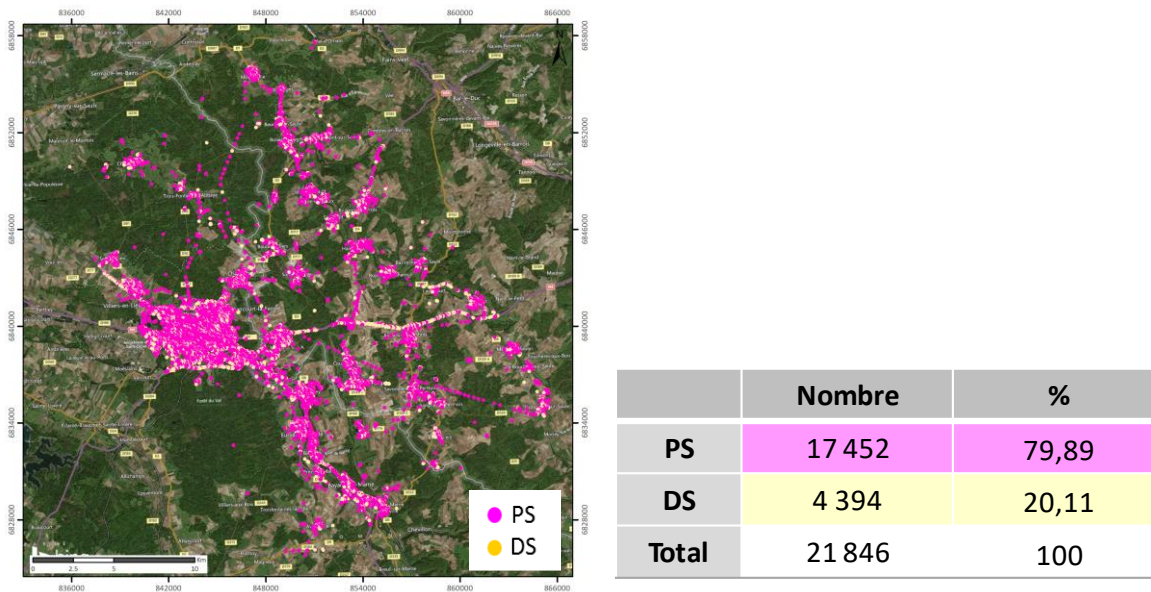
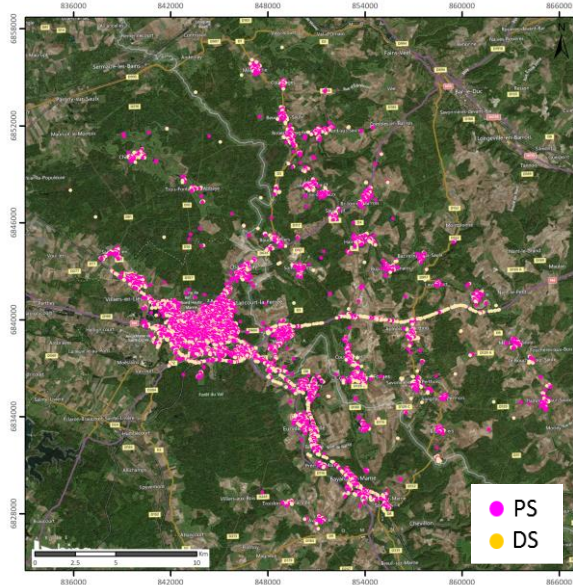


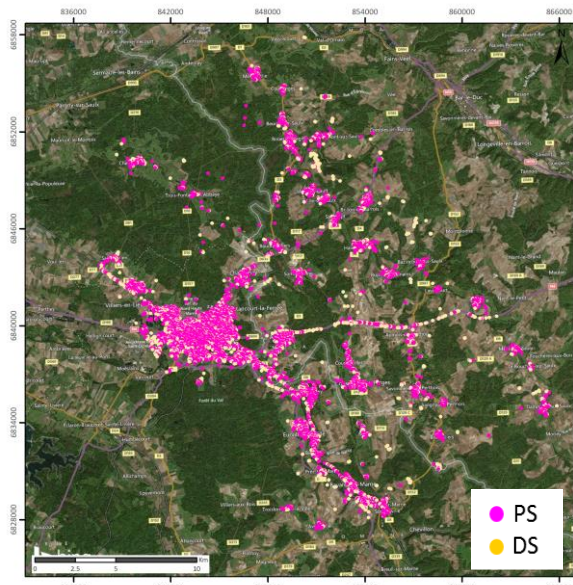
Figure 17: Etude Sentinel-1 2015-2019 - Distribution de PS et de DS sur le périmètre de l’étude.

Le cas des études réalisées à partir des jeux de données ENVISAT et ERS sont considérés sur les Figure 18 et Figure 19, respectivement. Des proportions similaires sont obtenues.



	Nombre	%
PS	11 815	78,62
DS	3 213	21,30
Total	15 028	100

Figure 18: Etude Sentinel-1 2004-2010 - Distribution de PS et de DS sur le périmètre de l'étude.



	Nombre	%
PS	15 793	82,47
DS	3 357	17,53
Total	19 150	100

Figure 19: Etude ERS 1995-2000 - Distribution de PS et de DS sur le périmètre de l'étude.

Les résultats de l'analyse SqueeSAR® basée sur le jeu d'images Sentinel-1 montrent la stabilité globale du site sur la période de 2015 à 2019, et confirment ainsi l'absence de mouvement sur le périmètre de stockage et la concession minière (Figure 13).

En dépit d'une densité de points de mesure moindre, et des séries temporelles plus bruitées, l'étude ENVISAT confirme ces résultats pour la période 2004-2010 (Figure 14).

Enfin, la stabilité du site est aussi vérifiée sur la période plus ancienne couverte par le jeu de données ERS (Figure 15). Localement quelques secteurs en mouvement sont mis en évidence à

l'intérieur du périmètre de stockage, mais aucun déplacement à large échelle n'est à relever. Des séries temporelles sont extraites pour des points de mesure montrant des tassements faibles à modérés et tracés sur les Figure 20 et Figure 21.

Les courbes de des points de couleur jaune à orange détectés dans les environs du puits pétrolier TF103 montre un tassement quasiment linéaire sur toute la période d'étude. Le déplacement dépasse 6 cm sur les points de couleur orange.

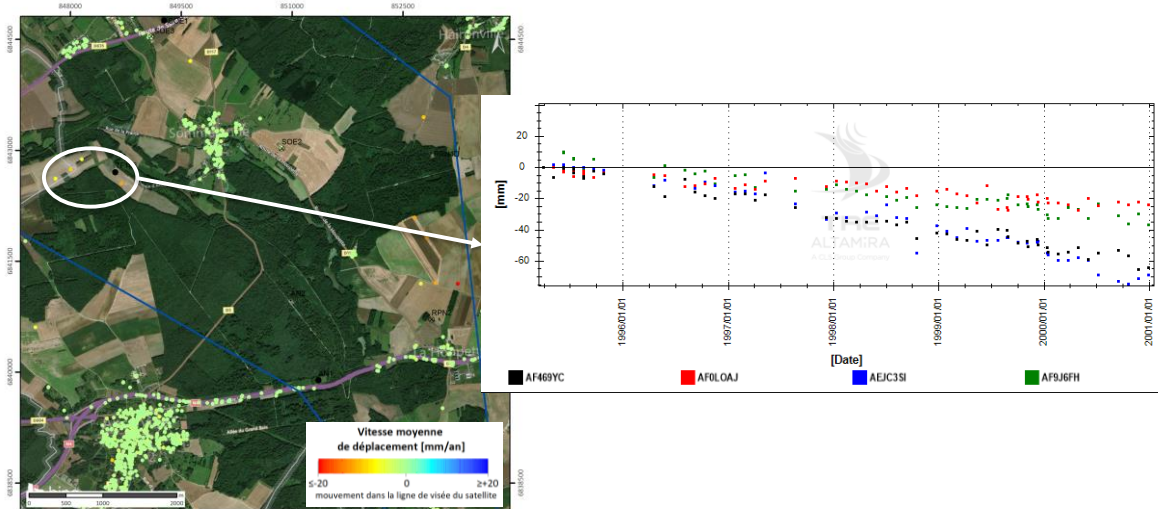


Figure 20: Séries temporelles de points de mesure localisés à proximité du puits pétrolier TF103 et indiqués par l'ellipse de couleur blanche.

Plus au sud, les points de mesure indiqués sur la Figure 21 et localisés au sud-est du périmètre de stockage entre les puits RPN1D et RPN2, semblent montrer une zone affectée par un gradient de mouvement. Le tassement cumulé des points de mesure concernés varie entre 3 et 15 cm.

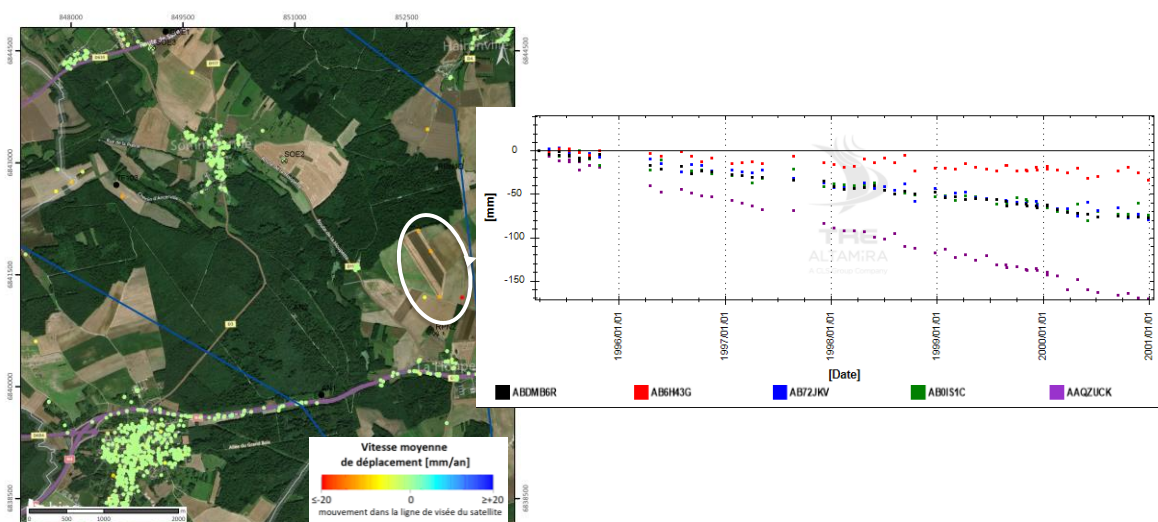


Figure 21: Séries temporelles de points de mesure localisés au sud-est du périmètre de stockage entre les puits RPN1D et RPN2 et indiqués par l'ellipse de couleur blanche.

3.3. Mesure du comportement saisonnier

L'étude SqueeSAR® permet d'une part de mesurer la vitesse moyenne de la déformation mais aussi le comportement saisonnier de chaque point de mesure.

Dans une première approximation, l'algorithme assimile le comportement saisonnier à une sinusoïdale de période T de type $f_{SEAS} = A_{max} \cos 2\pi[fT + \varphi]$, où A_{max} est l'amplitude maximale et T la période qui est égale à 1 an.

Dans la base de données des résultats, le comportement saisonnier se caractérise par l'amplitude maximale SEAS_AMP (en mm) et le décalage en phase SEAS_PHA (en jours) observés le long de la période d'analyse.

- SEAS_AMP correspond à A_{max} et renseigne sur l'amplitude maximale des oscillations observées,
- SEAS_PHA ou φ est le décalage de phase, il informe sur le jour auquel SEAS_AMP a pu être observée. La phase s'exprime en fonction de la référence temporelle choisie pour le traitement, ici la date d'acquisition de la première image, le 01^{er} août.

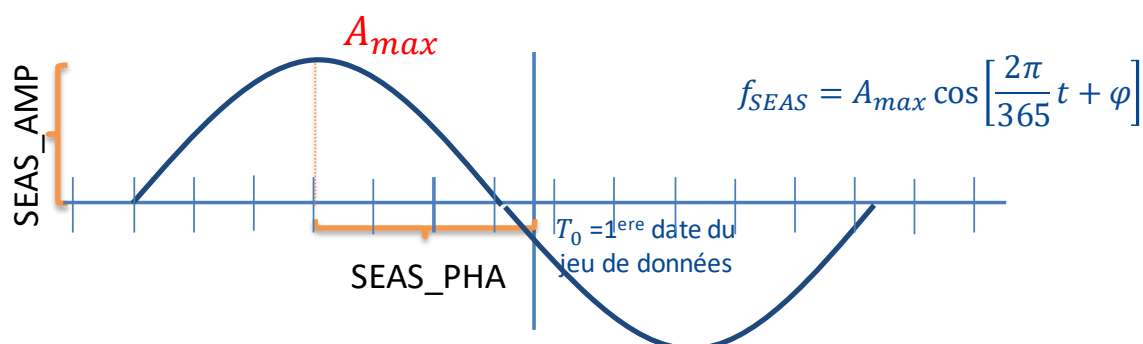


Figure 22: Schéma théorique du comportement saisonnier d'un point de mesure.

Le comportement saisonnier des points de mesure s'analyse ici à partir des valeurs fournies de SEAS_AMP ; il a ainsi été évalué sur les périodes couvertes par ERS (puisqu'elle correspond à la période à laquelle le site a été en exploitation) et ENVISAT. La Figure 23 montre l'évolution de ces valeurs sur le site de l'étude entre avril 1995 et décembre 2000 ; la période de l'étude ENVISAT (04 avril 2004 au 10 octobre 2010) est considérée sur la Figure 24.



TRE
ALTAMIRA
A CLS Group Company

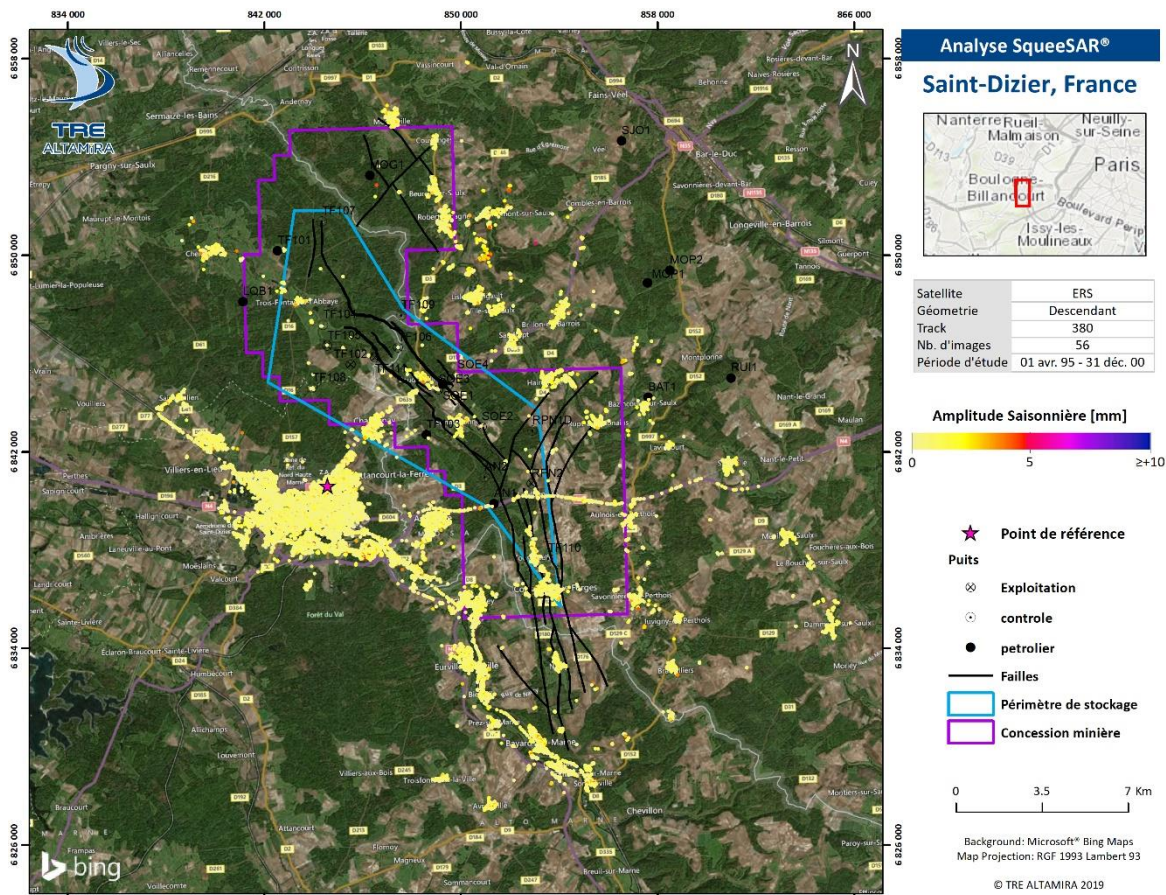


Figure 23: Evolution de l'amplitude saisonnière sur le site de l'étude entre le 01^{er} avril 1995 et le 31 décembre 2000 (jeu de données ERS).

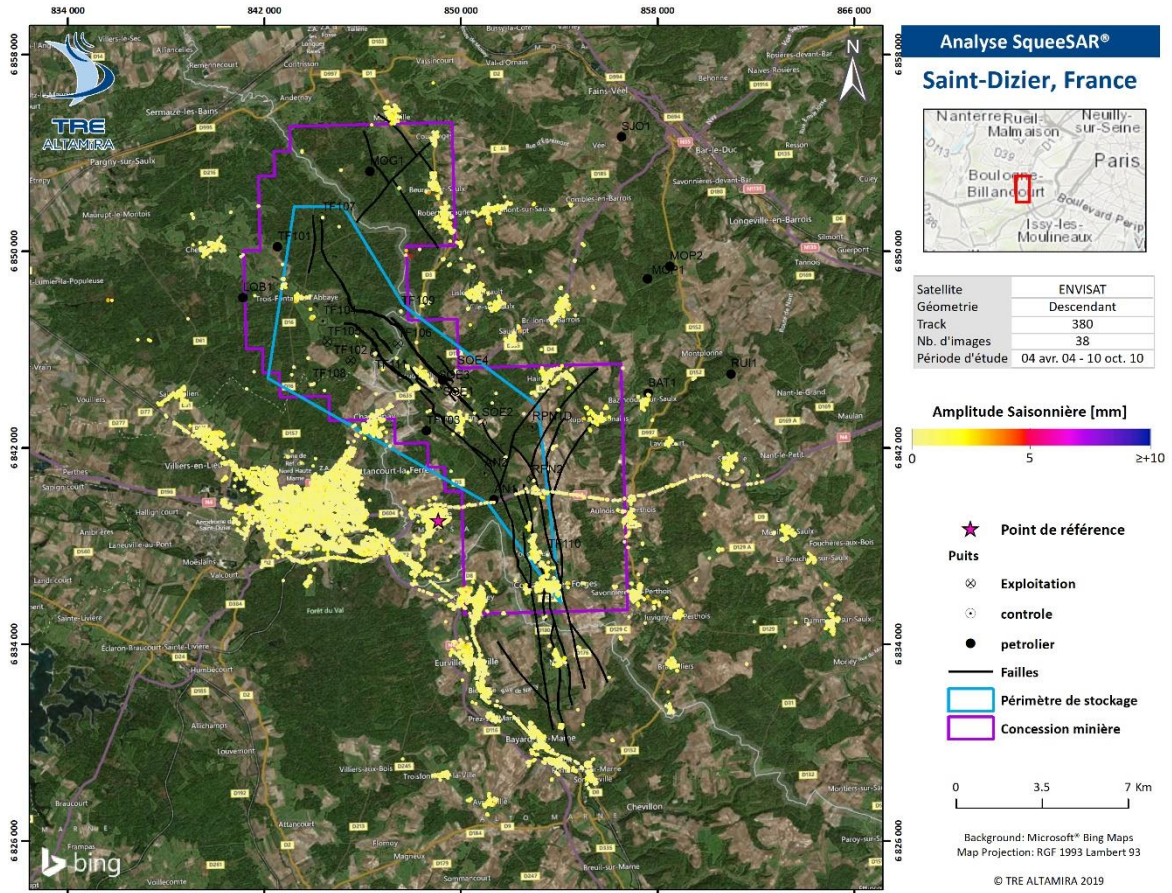


Figure 24: Evolution de l'amplitude saisonnière sur le site de l'étude entre le 04 avril 2004 et le 10 octobre 2010 (jeu de données ENVISAT).

Sur les cartes, l'amplitude saisonnière est maximale sur les points de couleur rouge à bleu marine en passant par le violet. On ne note ainsi aucune saisonnalité importante au niveau du périmètre de stockage et de la concession minière entre 1995 et 2010.

4. Les livrables du projet

Les fichiers vectoriels SqueeSAR® sont livrés en format SIG dans la projection demandée par le client, ici le Lambert 93.

La base de données (.dbf) contient l'information sur la localisation des points de mesure et la vitesse moyenne annuelle de leur déplacement. Les séries chronologiques de déplacement des points de mesure sont aussi fournies ; pour chaque date d'acquisition, une valeur de déformation est donnée en mm. Les valeurs de précision de la mesure (écart-type) sont aussi fournies pour chaque paramètre.

Le format shapefile est un format standard pour tout système SIG (Système d'Information Géographique) et peut être visualisé avec l'aide de tout logiciel SIG. Un fichier de métadonnées (.xml) et un rapport de traitement (.pdf) ([DR 2] à [DR 4]) contenant les caractéristiques techniques du traitement SqueeSAR® réalisé (nombre d'images, date d'acquisition, période d'étude, statistique des résultats, etc.) sont aussi livrés.

De plus amples informations sur le livrable sont fournies dans le guide d'utilisateur [DR 1].

Les rapports et les résultats SqueeSAR® sont également fournis sur le portail web sécurisé TREmaps®, qui permet d'accéder aux données et à la visualisation des points de mesure au sol par le biais de n'importe quel navigateur web. Les données sont chargées dans un espace client sécurisé, où les points de mesure sont superposés sur de l'imagerie optique. La série temporelle des données peut être obtenue simplement en cliquant sur les respectifs points de mesure au sol. De plus amples informations sont données dans [DR 1].

5. Conclusion

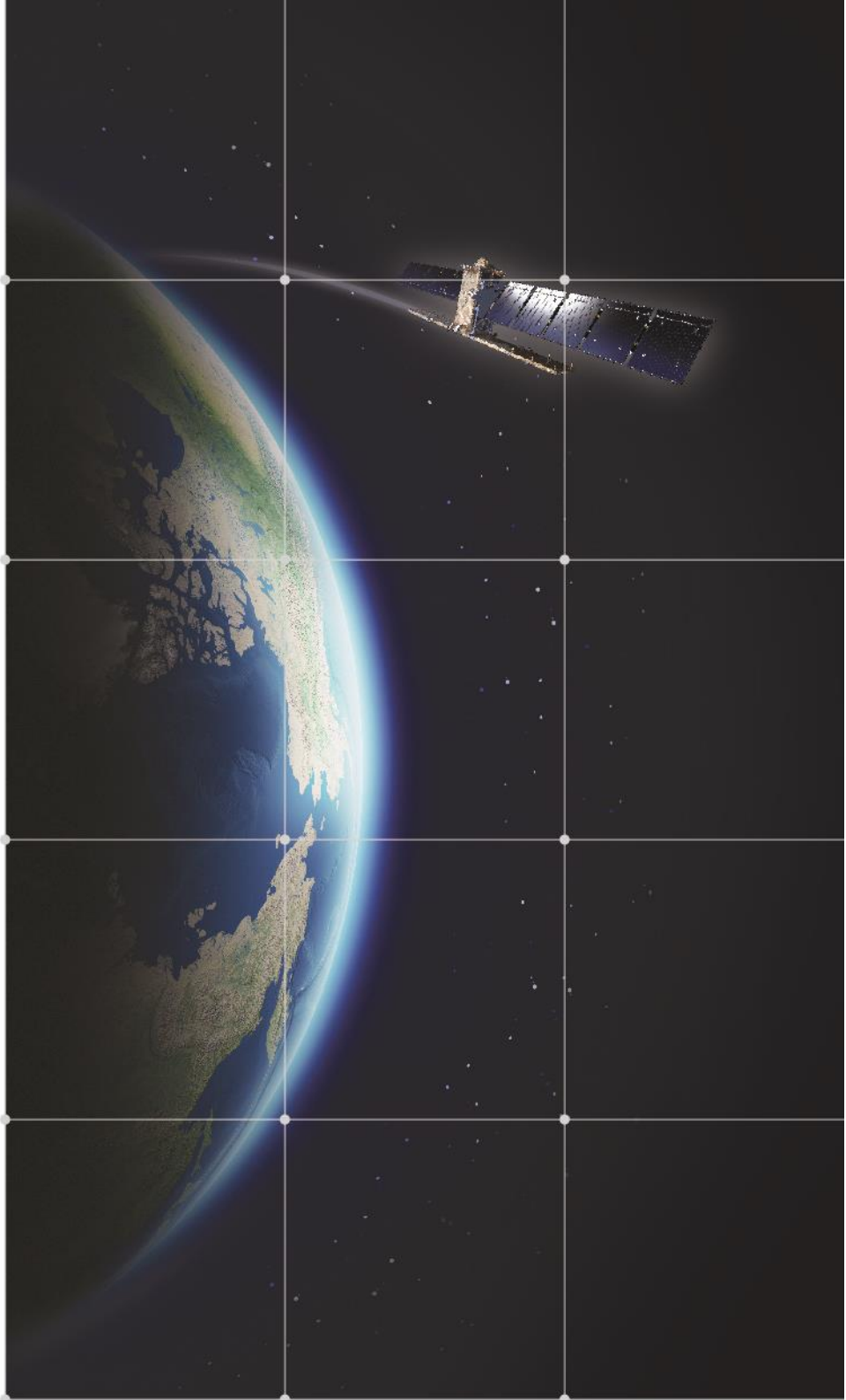
Un historique sur 24 ans a ainsi été réalisé à partir des archives des missions Sentinel-1 (2015-2019), ENVISAT (2004-2010) et ERS (1995-2000) sur le site de stockage de Trois Fontaines l'Abbaye, au Nord de la ville de Saint-Dizier.

Le traitement Sentinel-1 a permis d'obtenir plus de 21 800 points de mesure. Un traitement optimal a pu en effet être réalisé à partir de l'archive de 190 images. Le court cycle de revisite est un atout de la mission. Moins de points de mesure sont détectés sur les périodes plus anciennes du fait du cycle de revisite de 35 jours des missions ERS et ENVISAT et des jeux de données moins optimaux.

Les trois études ont montré la stabilité globale du site puisqu'aucun mouvement à large échelle n'a été détecté.

Conformément aux dispositions de l'article 5 de la loi 15/1999 du 13 Décembre relative à la Protection des Données à Caractère Personnel (LOPD) et du Décret Royal 1720/2007, du 21 décembre, par lequel le nouveau règlement du développement de la LOPD a été approuvé, et autres dispositions en vigueur, nous vous informons que vos données personnelles seront collectées, gardées et gérées dans un fichier sous la responsabilité de TRE ALTAMIRA S.L.U. Cette entité traitera les données de manière confidentielle et dans un but exclusif de gestion et de contrôle des relations commerciales pour vous faire parvenir des informations sur nos offres et promotions. De plus, nous vous informons que certaines de vos données pourront être transférées à des tierces pour la comptabilité de notre société, le transport de produits et, enfin, à nos représentants en France dans le cadre de la gestion de nos fichiers clients. Toute gestion sera effectuée conformément aux normes de la LOPD.

Vous pouvez exercer à tout moment votre droit d'accès, de rectification, d'annulation et d'opposition en communiquant explicitement votre nom complet et votre adresse à l'adresse e-mail info.spain@tre-altamira.com or to TRE ALTAMIRA S.L.U., C / Còrsega, 381-387, 08037 Barcelone. Votre demande sera traitée de façon personnalisée et dans les meilleurs délais.



TRE
ALTAMIRA
A CLS Group Company



MILAN

Ripa di Porta Ticinese, 79
20143 Milano - Italy
Tel. +39.02.4343.121
Fax +39.02.4343.1230

tre-altamira.com

BARCELONA

C/ Corsega, 381-387
E-08037 Barcelona Spain
Tel.: +34 93 183 57 50
Fax: +34 93 183 57 59

VANCOUVER

410 - 475 West Georgia Street
Vancouver, BC V6B 4M9 - Canada
Tel. +1.604.331.2512
Fax +1.604.331.2513