

*Code de l'étape : CGS/DMS/REDS/2021/02/01*

**INVESTIGATIONS DU GLISSEMENT DE TERRAIN  
D'EL KHERBA INDUIT PAR LE SEISME DE MILA (07/08/2020) :  
IMPLICATION SUR LES ETUDES DE MICROZONAGE**

**Étape 1 : Collecte de données et modélisation des sites**

# Objectifs et méthodologie de travail

Les **objectifs et la démarche** scientifique comprend les axes de recherche suivants:

- Dresser un **état de l'art** des différentes **approches existantes** pour l'analyse, l'évaluation et la cartographie de l'aléa de MVT.
- Identifier les causes du déclenchement des MVT sous sollicitations dynamiques et,
- Étudier, par la modélisation numérique avec un code de calcul, l'influence des effets de site sur le déclenchement et les caractéristiques des MVT sous sollicitations dynamiques.
- **Évaluation de la stabilité** dynamique avec une **modélisation** et cartographie de l'aléa pour différents scénarii en utilisant deux facteurs déclenchant, **sismique et hydrogéol...**
- La recherche de corrélations entre la **direction de glissement** ainsi que la **profondeur de la surface de glissement** avec des paramètres dynamiques issus du calcul des rapports spectraux azimutaux H/V
- Analyse statistique de la distribution spatiale des MVT coseismiques de Mila: **facteurs contrôlant leur distribution spatiale et implications pour l'identification de la faille sismogène.**

# Les étapes du projet

Etapes	CODE INFORMATIQUE	INTITULE
1	CGS/DMS/REDS/2021/01/01	Collecte de données et modélisation des sites
2	CGS/DMS/REDS/2021/01/02	Caractérisation du glissement de terrain d'El Kherba

## SOMMAIRE DE L'ETAPE 1

- Synthèse des méthodes d'analyse des MVT sous sollicitations dynamiques
- Utilisation des rapports HVSR dans les glissements
- Présentation du cadre géomorphologique, géologique, hydrologique et sismique
- Base de données cartographique sous SIG
- Analyse préliminaire des résultats H/V
- Conclusion générale

# SYNTHESE DES METHODES D'ANALYSE DES MOUVEMENTS DE VERSANT SOUS SOLLICITATIONS DYNAMIQUES

## Méthodes reposant sur des observations

- Facteurs de prédisposition et des facteurs déclenchants d'une instabilité ;
- Corrélations entre les caractéristiques des MVT et celles des séismes.

Keefers (1984) et Rodriguez et al. (1999)

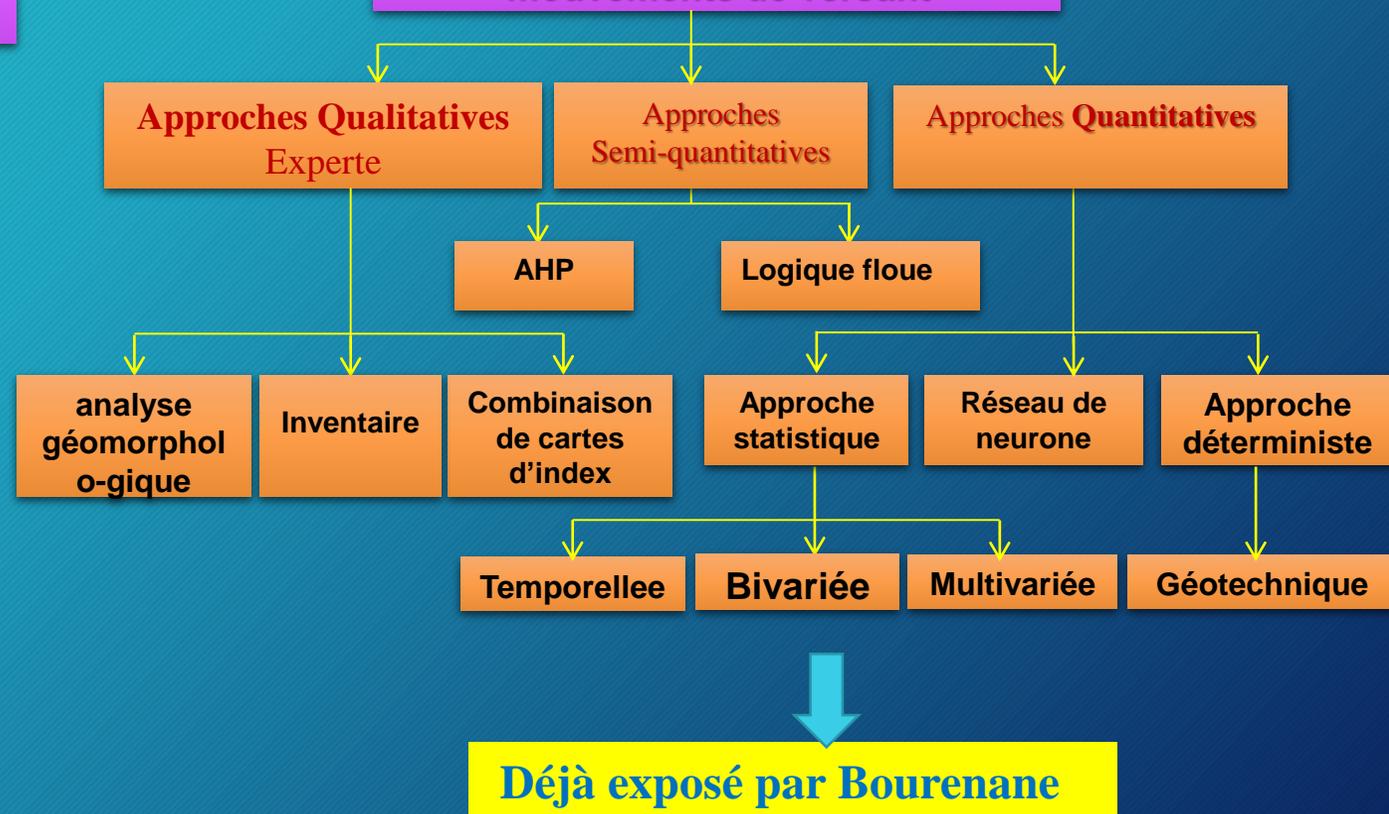
## Méthodes reposant sur la modélisation

- Méthode pseudo-statique de Terzaghi
- de la méthode en déplacements de Newmark (1965)
- des méthodes de calcul en déformations, par différences finies, éléments finis, éléments frontières, ...

## Méthodes géophysiques

H/V essentiellement

## Méthodes d'évaluation de l'aléa 'mouvements de versant'



# SYNTHESE DES METHODES D'ANALYSE DES MOUVEMENTS DE VERSANT SOUS SOLLICITATIONS DYNAMIQUES UTILISATION DES RAPPORTS HVSR DANS LES GLISSEMENTS

Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 8, 751–762, 2008  
www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/8/751/2008/  
© Author(s) 2008. This work is distributed under  
the Creative Commons Attribution 3.0 License.



Soil Dynamics and Earthquake Engineering xxx (xxxx) xxx

Directional variations of site response in a landslide area using ambient noise analysis via Nakamura's and polarization-based method

Mohsen Kazemnia Kakhki <sup>a,b,\*</sup>, Vincenzo Del Gaudio <sup>c</sup>, Sadegh Rezaei <sup>d</sup>, Webe João Mansur <sup>a,b</sup>

**Detection of directivity in seismic site response from microtremor spectral analysis**

V. Del Gaudio<sup>1</sup>, S. Coccia<sup>1</sup>, J. Wasowski<sup>2</sup>, M. R. Gallipoli<sup>3</sup>, and M. Mucciarelli<sup>4</sup>

L'utilité de ce type de mesures pour la reconnaissance des phénomènes de directivité, en plus de la réponse du site

La **directivité** est influencée par des facteurs topographiques et géologiques concomitants qui contribuent à **polariser une grande quantité d'énergie des vibrations le long d'intervalles d'azimut, souvent étroits centrés sur les directions principales liées aux caractéristiques topographiques locales**

Parallèlement, **l'hypothèse de la présence d'un corps de glissement de terrain profond préexistant** peut être un facteur pertinent pour provoquer **la directivité dans la réponse du site de la pente** (Del Gaudio et Wasowski, 2007)

# SYNTHESE DES METHODES D'ANALYSE DES MOUVEMENTS DE VERSANT SOUS SOLLICITATIONS DYNAMIQUES UTILISATION DES RAPPORTS HVSR DANS LES GLISSEMENTS

Landslides  
DOI 10.1007/s10346-021-01677-7  
Received: 28 September 2020  
Accepted: 16 April 2021  
© Springer-Verlag GmbH Germany  
part of Springer Nature 2021

Salman Rahimi · Clinton M Wood · Michelle Bernhardt-Barry

**The MHVSR technique as a rapid, cost-effective, and noninvasive method for landslide investigation: case studies of Sand Gap and Ozark, AR, USA**

*Appl. Sci.* 2021, 11, 1454. <https://doi.org/10.3390/app11041454>

**Ambient Noise Measurements to Constrain the Geological Structure of the Güevéjar Landslide (S Spain)**

José Delgado <sup>1,\*</sup>, Juan José Galiana-Merino <sup>2</sup>, Francisco J. García-Tortosa <sup>3</sup>, Jesús Garrido <sup>4</sup>, Luca Lenti <sup>5</sup>, Salvatore Martino <sup>6</sup>, José A. Peláez <sup>7</sup>, Martín J. Rodríguez-Peces <sup>8</sup>, Carlos Sanz de Galdeano <sup>9</sup>, and Juan L. Soler-Llorens <sup>1</sup>

Les glissements de terrain avec une couche rocheuse peu profonde et complexe, où la topographie du substrat rocheux affecte la stabilité du glissement.

Dans cette optique, le HVSR est proposé comme un outil efficace lorsqu'il est utilisé en conjonction avec d'autres méthodes pour améliorer la compréhension du glissement de terrain.

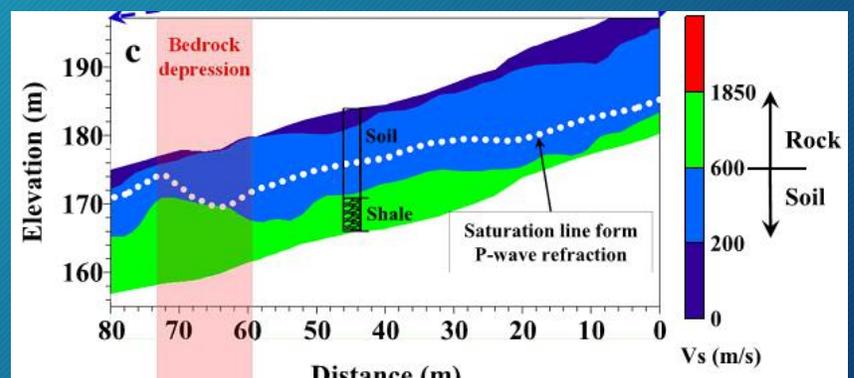
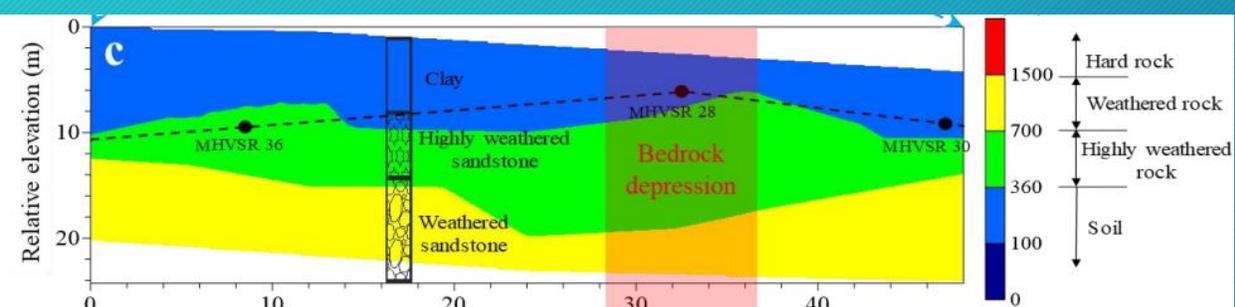
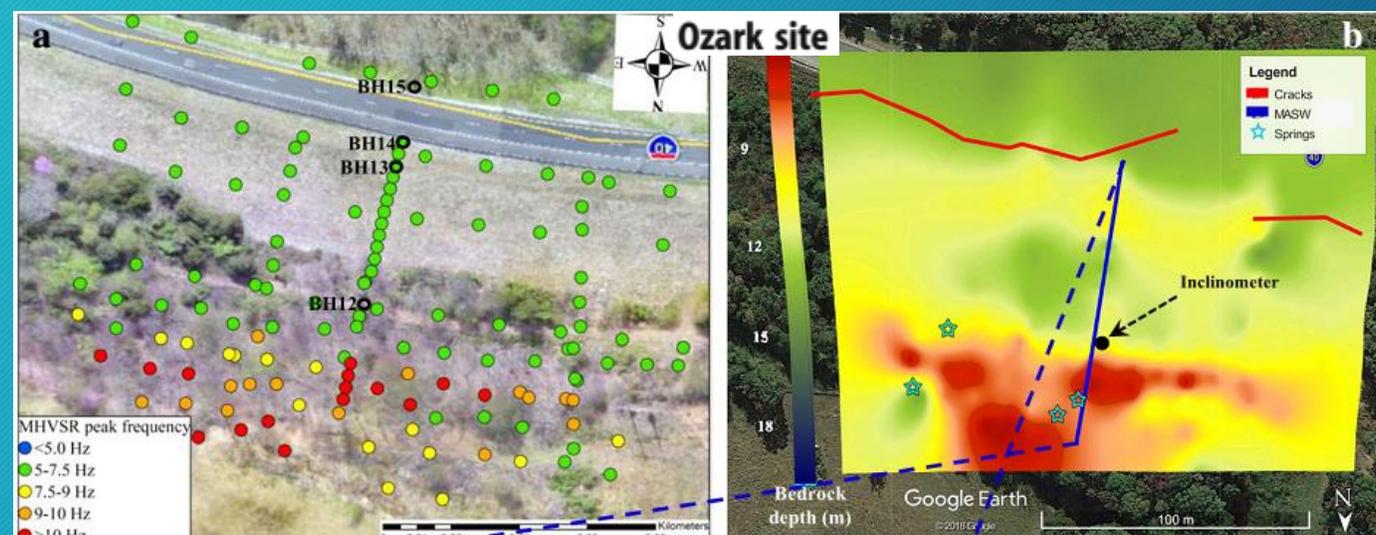
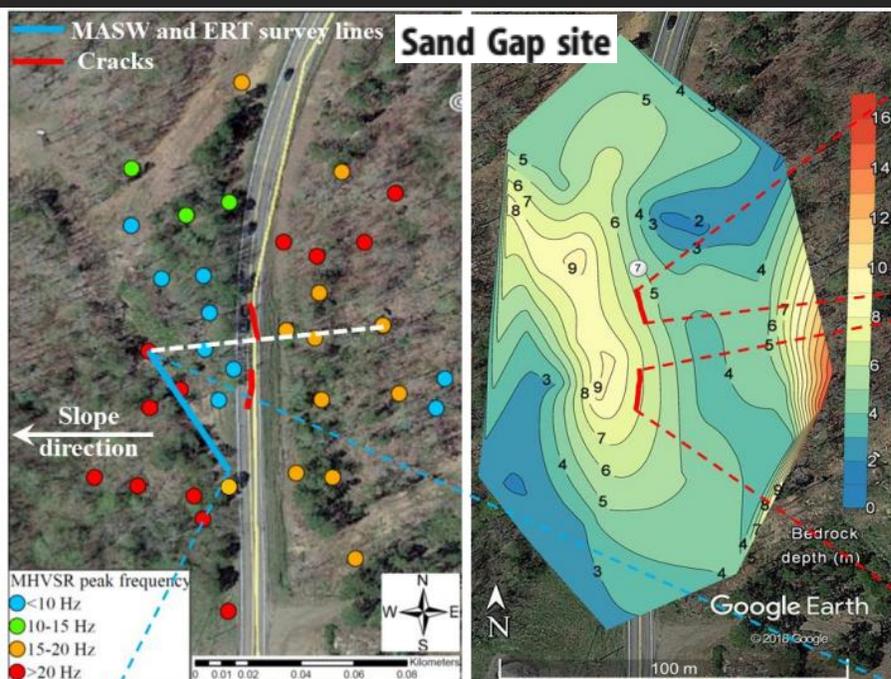
La méthode est utilisée est un réseau de mesures H/V serré (15-20m) dans le glissement de terrain.

Une carte 3D de la topographie du substratum rocheux est créée en combinant les informations d'élévation de la surface et la profondeur du substratum estimé à chaque station HV (Rahimi et al, 2021)

Aussi, les glissements de terrain avec un contraste peu profond et une topographie complexe (pente) de la couche stable affecte la stabilité du glissement.

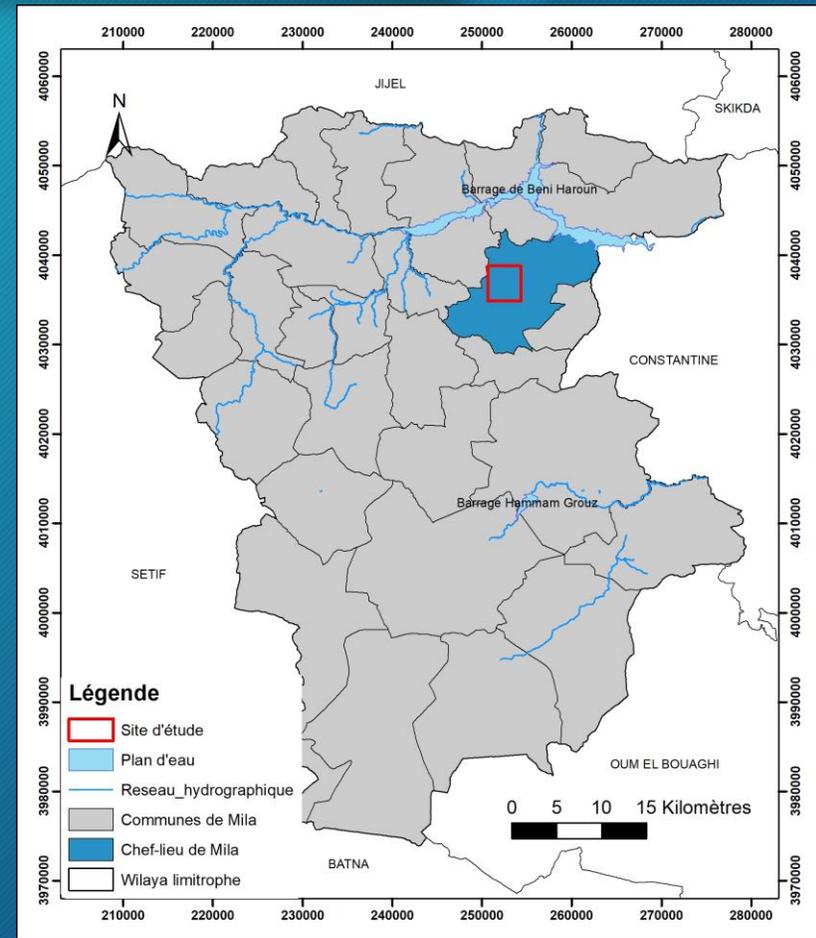
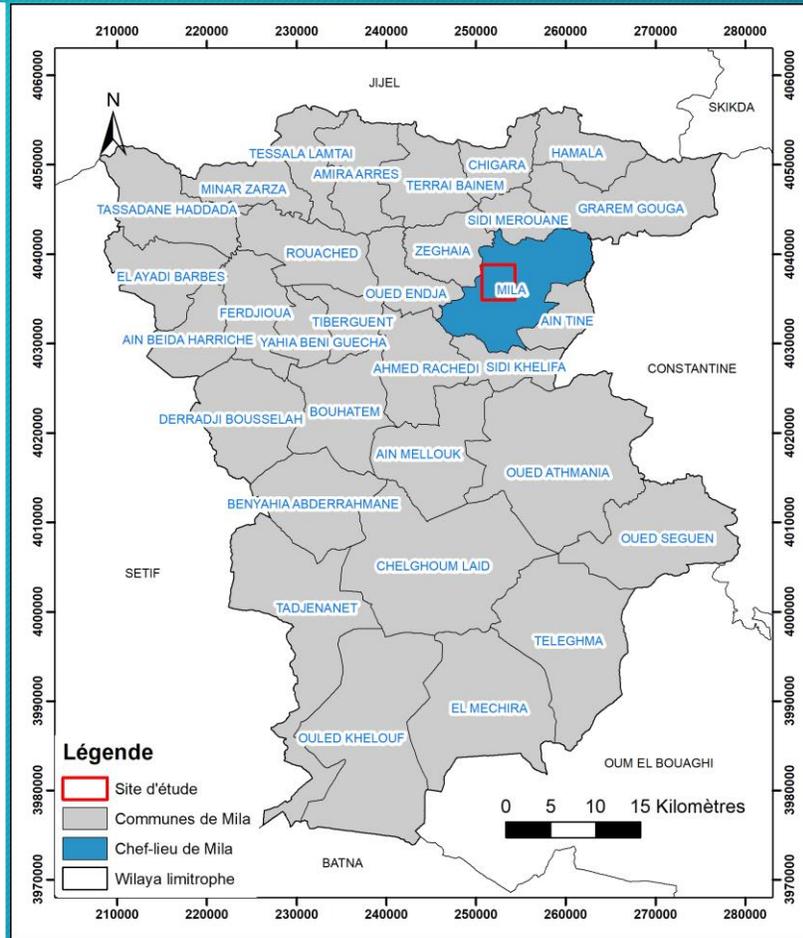
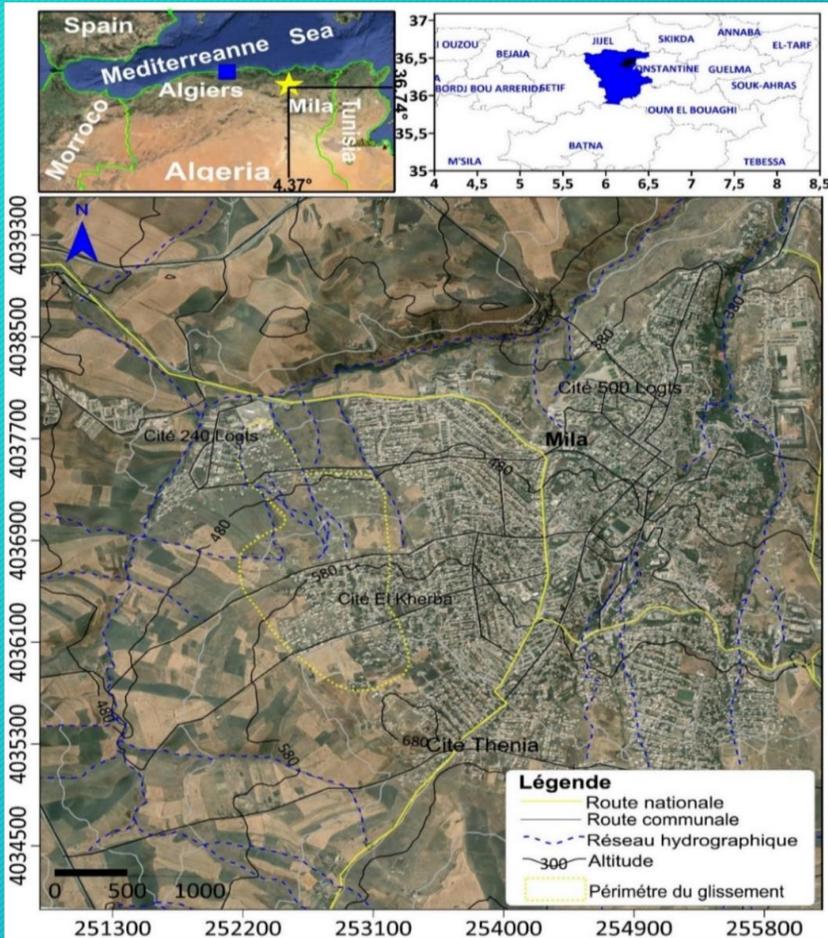
HVSR associé à la détermination de la directivité, une image nette 3D du sous-sol (H/V réseau, DH, MASW,,,)améliorent la compréhension du glissement de terrain. (Delgado et a1, 2021)

# SYNTHESE DES METHODES D'ANALYSE DES MOUVEMENTS DE VERSANT SOUS SOLLICITATIONS DYNAMIQUES UTILISATION DES RAPPORTS HVSR DANS LES GLISSEMENTS



# Présentation du cadre géomorphologique, géologique, hydrologique et sismique

## Situation régionale et locale



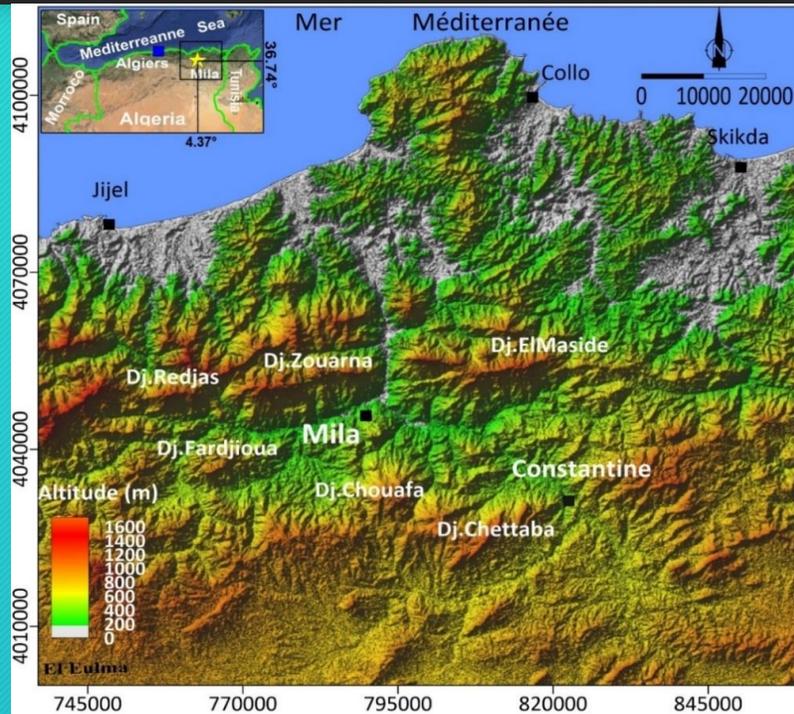
Localisation de la ville de Mila et

du site

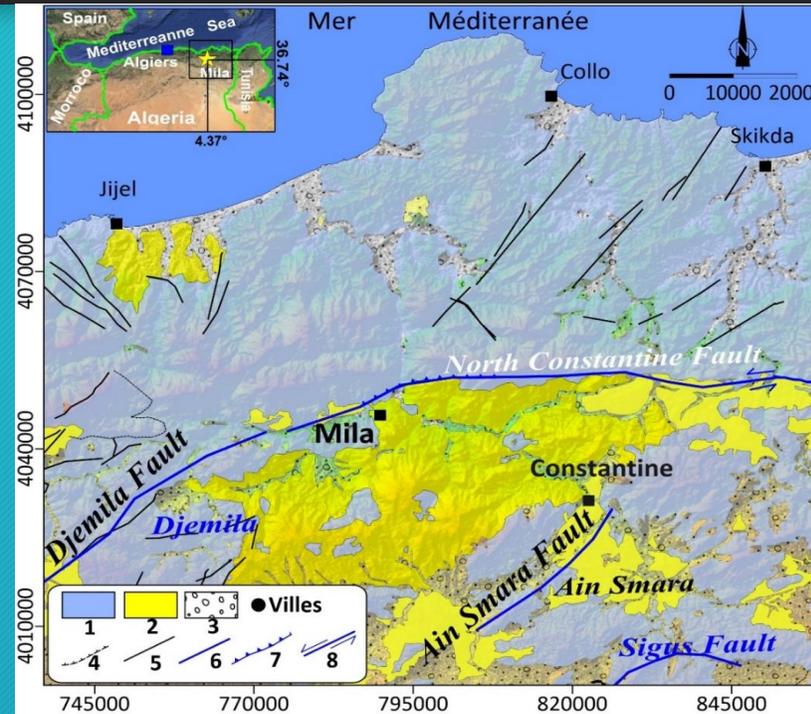
Réseau Hydrographique

# Présentation de la zone d'étude

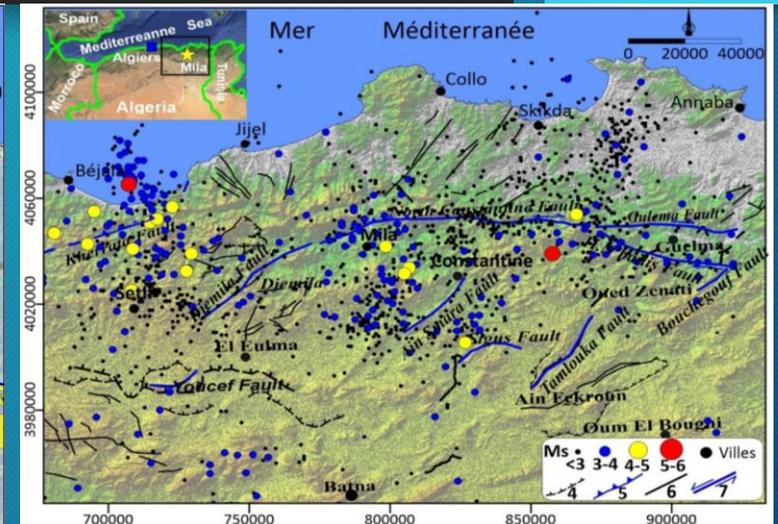
## Cadre géomorphologique, géologique, hydrologique et sismique



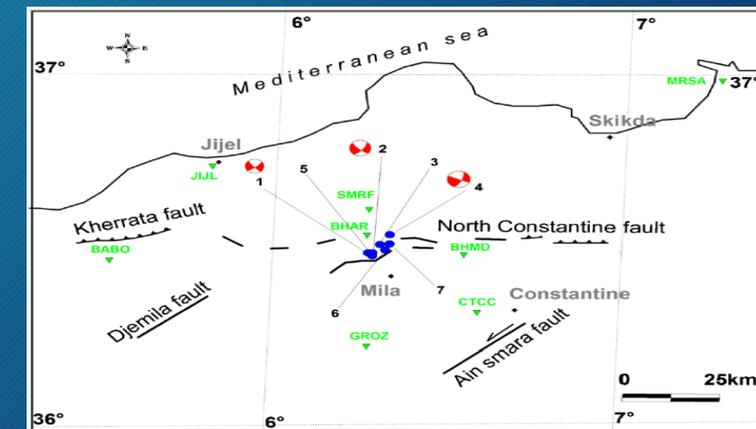
Principaux ensembles morphologiques



Carte géologique du Nord Est Algérien



Carte de la sismicité historique



Numéro de l'événement	Date	Temps (UTC)	Lat. (°)	Long. (°)
1	17/07/2020	08h12mn	36.505	6.289
2	07/08/2020	06h15mn	36.514	6.289
3	07/08/2020	11h13mn	36.568	6.336
4	23/08/2020	14h24mn	36.514	6.277
5	23/08/2020	14h27mn	36.523	6.324
6	23/08/2020	17h14mn	36.541	6.336

# BASE DE DONNEES CARTOGRAPHIQUE

# Base de données cartographique sous SIG (Mila\_Data\_Base et Géo\_Map)

**Tableau 3.2 :**  
Paramètres retenus et base de données (Mila\_Data\_Base et Géo\_Map) pour investigations du glissement de terrain induit par le seisme de Mila

Catégories	Paramètres	Source
Géomorphologie	Inventaire mouvements de terrain	Analyse des documents disponibles, Interprétation des images satellites de Interferometry Synthetic Aperture Radar (InSAR) et des images satellitaires de Google Earth et des campagnes de reconnaissances géotechniques (par sondages carottés, piézomètres, inclinomètres...) et des observations de terrain.
Séisme	Carte d'accélération sismique	Étude de l'aléa sismique (Etapes A1) réalisée par le Centre National de Recherche appliquée en Génie Parasismique (CGS, 2017).
Relief	Gradient de pente Exposition (EXP) Altitude	MNT avec une résolution de 32 m (données ASTER GMED Worldwide <u>Elevation</u> de la NASA).
Structure Géologique	Lithologie Failles	Analyse des cartes géologiques au 1/50 000 <sup>ème</sup> , des sondages carottés et observations de terrain.
Hydrologie	Précipitation	Données de précipitation pour une période de 30 années des 05 stations météorologiques de l'Agence National des Ressources Hydriques (ANRH) situées aux alentours de Mila.
	Réseau hydrographique	Analyse des documents disponibles, des images satellitaires de Google Earth, interprétation des photos aériennes au 1/10 000 <sup>ème</sup> , des cartes topographique au 1/25 000 <sup>ème</sup> et des observations de terrain.
Occupation du sol	Occupation du sol	Analyse des documents disponibles, des images satellitaires de Google Earth, interprétation des photos aériennes au 1/10 000 <sup>ème</sup> et au 1/4 000 <sup>ème</sup> , des cartes topographique au 1/25 000 <sup>ème</sup> et des observations de terrain.
Anthropie	Réseau routier	Analyse des documents disponibles, des images satellites <u>Alsat 2A</u> au 1/10 000 <sup>ème</sup> (2.5 m résolutions), des images satellitaires de Google Earth, interprétation des photos aériennes au 1/10 000 <sup>ème</sup> et au 1/4 000 <sup>ème</sup> , des cartes

Catégories	Paramètres	Source
		topographique au 1/25 000 <sup>ème</sup> et des observations de terrain.
Géotechnique	Caractéristiques géotechniques	Des campagnes d'investigations géotechniques réalisées par le laboratoire National d'Habitat et de la Construction (L.N.H.C) dans le cadre de l'étude géotechnique de stabilité du site d'El-Kherba. Elles comprennent : - 20 sondages carottés de profondeur variant de 10 à 35 m. - 10 sondages piézométriques de profondeur variant de 20 à 80 m ; - des essais in situ comprenant 12 Essais <u>pressiométriques</u> ; - des essais in situ comprenant 15 Essais au pénétromètre statique lourd avec mesure de la pression interstitielle ( <u>CPTu</u> ) ; - des campagnes de suivis de 10 mesures piézométriques de profondeur variant de 20 à 80 mètres réalisées pour la période entre 23/08/2020 et 22-10-2020 - des campagnes de suivis de 16 inclinomètres de profondeur variant de 10 à 35 m pour la période entre 23/08/2020 et 22-10-2020 - 22 profils d'imagerie électrique de longueur de 235 m chacun - des essais au laboratoire : essais physiques, essais mécaniques et analyses chimiques.
Géophysique	Caractéristiques géophysiques	Des campagnes de mesures de bruit de fond H/V réalisées par le CGS

# Cartographie d'inventaire des mouvements de terrain

- Images satellitaires

Interferometry Synthetic Aperture Radar  
(InSAR) satellite images

- Images satellitaires

07 et 23/2020 (Google earth)



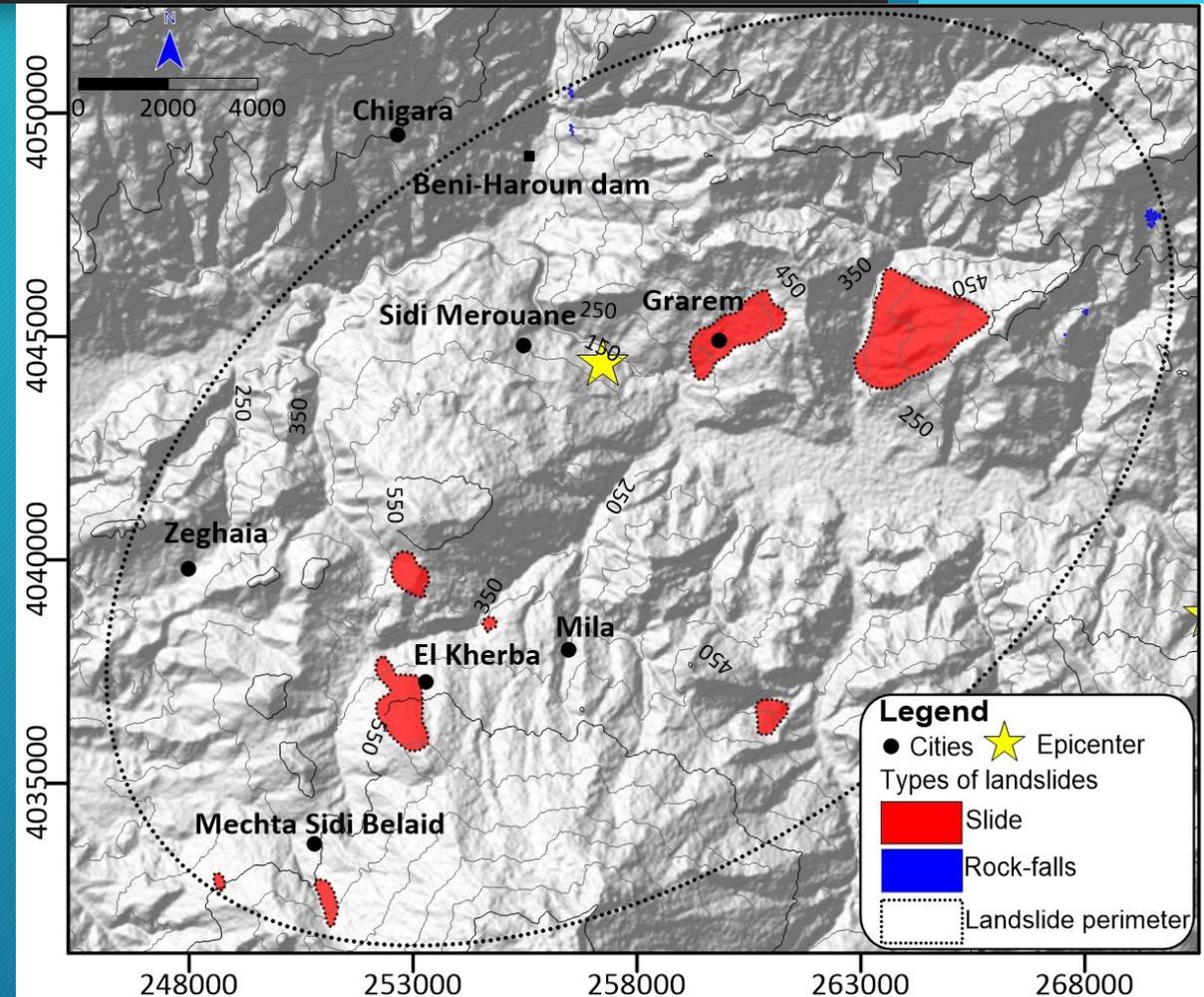
- Observations de terrain



# Cartographie d'inventaire des mouvements de terrain (variable à modéliser VM)

- Un total de 15 large glissements de terrain couvrant une superficie totale de 9,576 km<sup>2</sup>.
- La zone de glissement de terrain est distribuée dans un rayon de 17 km sur une longueur d'environ 27 km
- La surface des glissements de terrain varie de 0,0061 km<sup>2</sup> à 4,582 km<sup>2</sup>.
- Deux types de MVT:
  - (1) les éboulements comprenant les chutes de blocs, et les chutes de débris (0,5%)
  - (2) les glissements proprement dit (99,5 %)

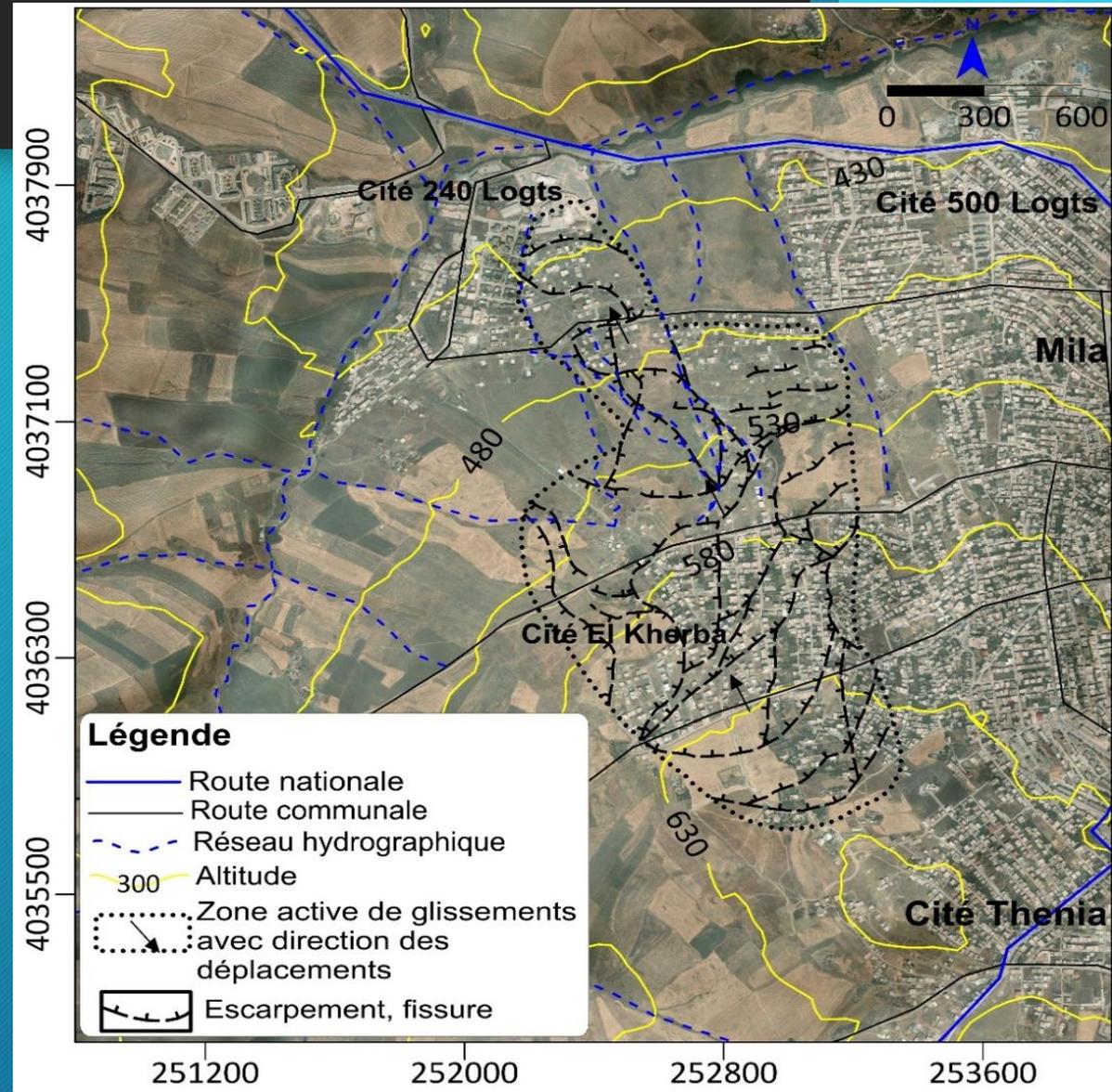
**Remarques:** distribution/type de faille, directivité, ...



# Cartographie d'inventaire du mouvement de terrain (variable à modéliser VM)

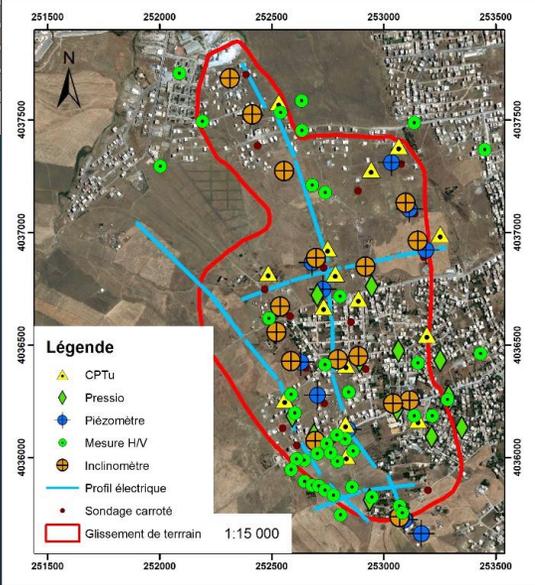
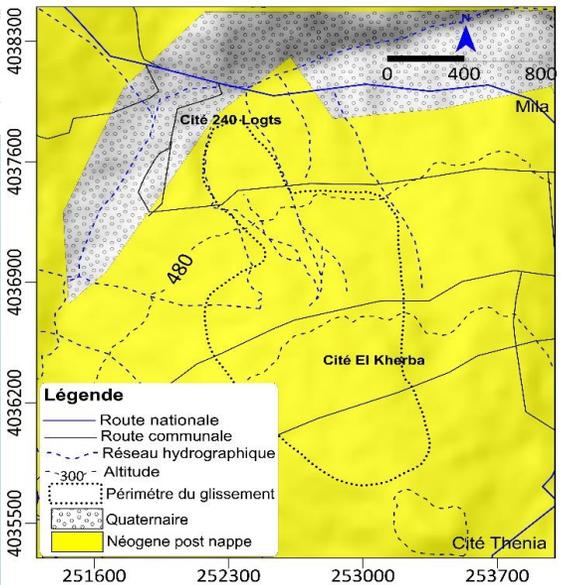
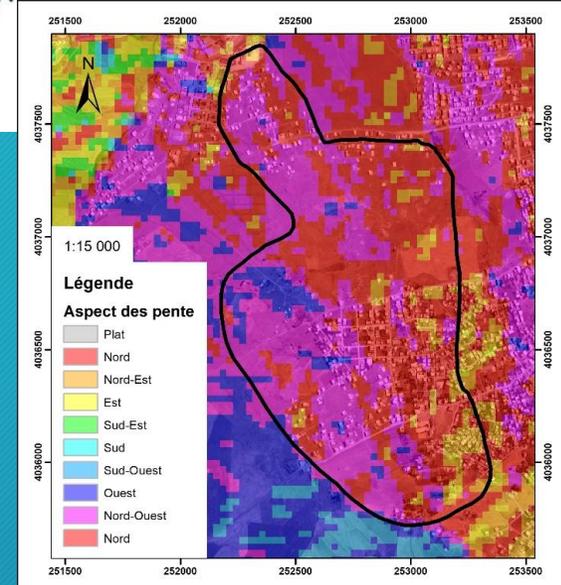
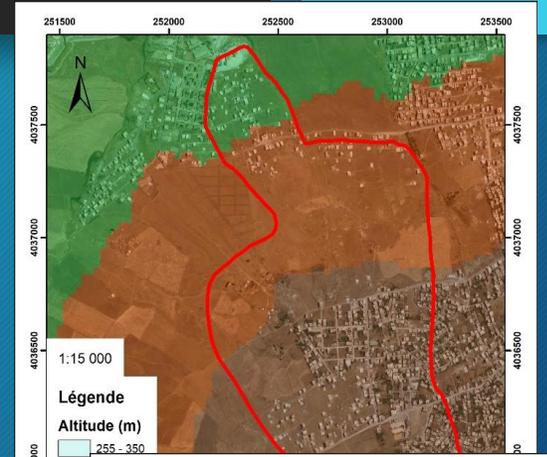
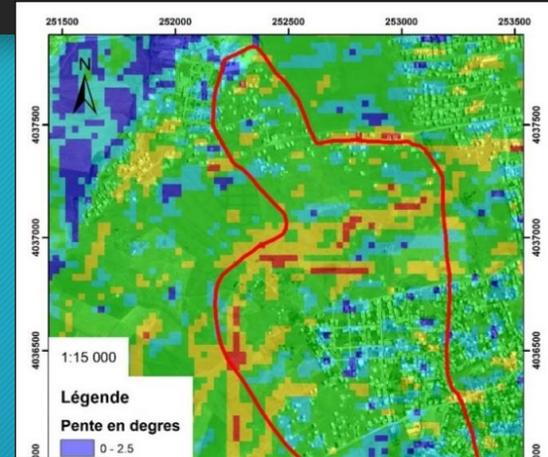
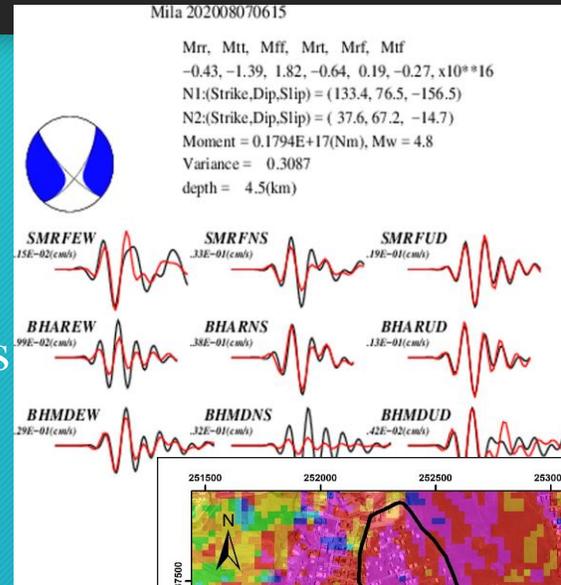
## Le périmètre du glissement de terrain El Kherba

- Couvre une superficie totale de  $0,5229 \text{ km}^2$  (522,9 ha)
- Longueur max= 2,226 km
- Largeur max =1,250 km



# Cartographie des facteurs de susceptibilité (variable prédictives VP)

- MNT  
(10 m de résolution)
- Données et cartes géologiques
- Données hydrogéologiques
- Données géotechniques
- Données géophysiques
- Des observations de terrain



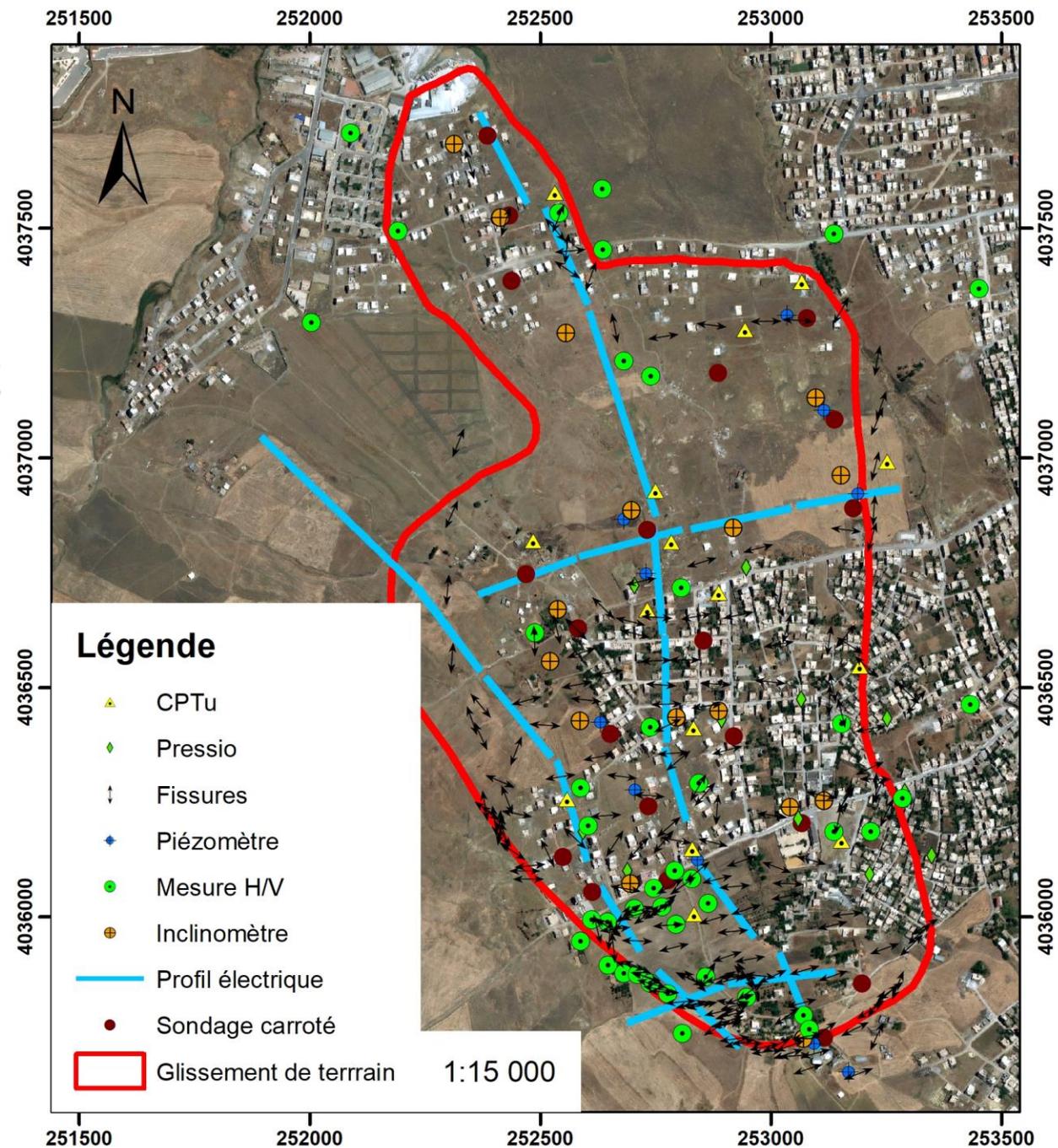
# Données de campagnes géologique, hydrogéologique et géotechnique

## Programme de reconnaissance réalisé par LNHC

- 19 sondages de profondeur 20 à 80 m
- 10 piézomètres de profondeur de 20 à 80 m
- 12 Essais pressiométriques
- 15 Essais au pénétromètre statique
- 16 inclinomètres réalisés
  
- 22 Profils électriques

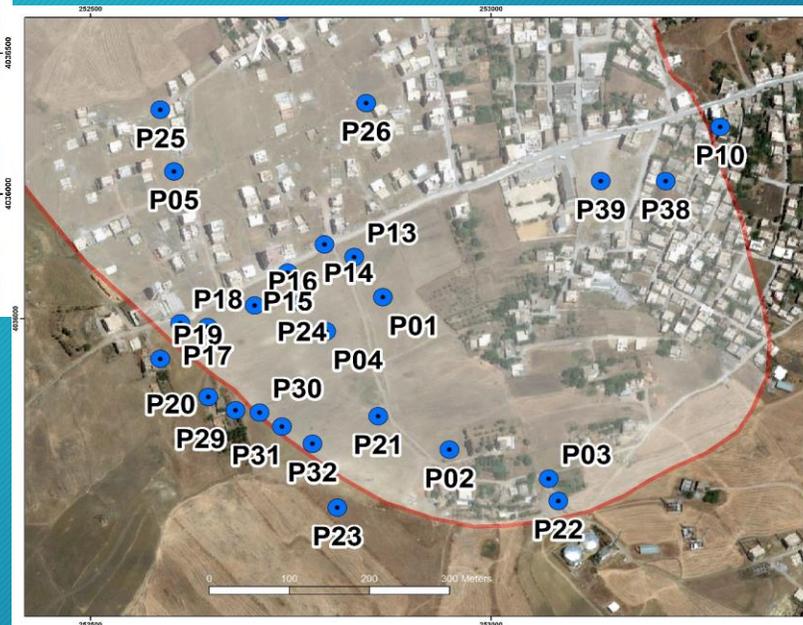
## Mesures de bruit de fond réalisées par le CGS

○ **45+102** mesures de bruit de fond H/V





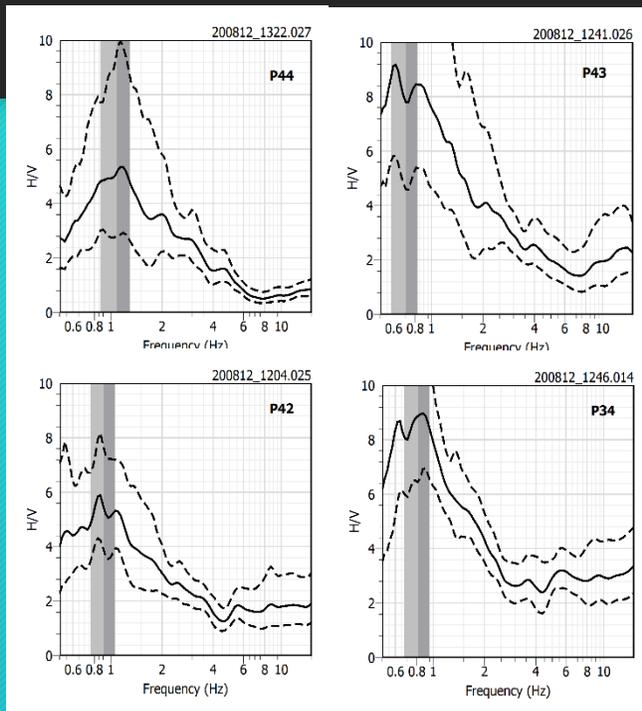
- Campagne de 45 mesures de bruit de fond au alentours de la zone de glissement de terrain d'El Kherba.



# Traitement préliminaire

## Fréquences de résonance des courbes (H/V)

➤ Nord (Intérieur)

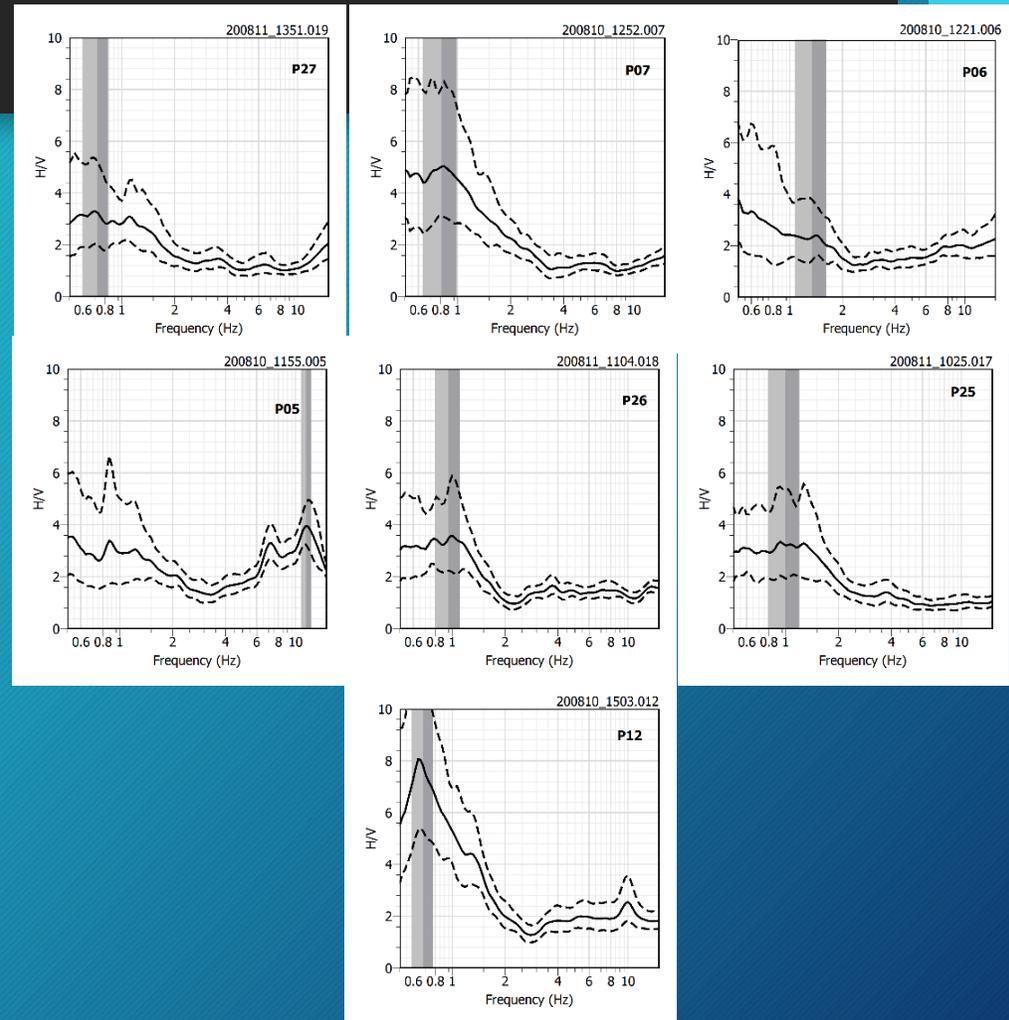


Pt de mesure	$f_0$ (Hz)	Amp H/V
42	0.909	5.41
43	0.703	7.81
34	0.810	8.87
44	1.080	5.15

# Traitement préliminaire

## Fréquences de résonance des courbes (H/V)

➤ Centre (Intérieur)



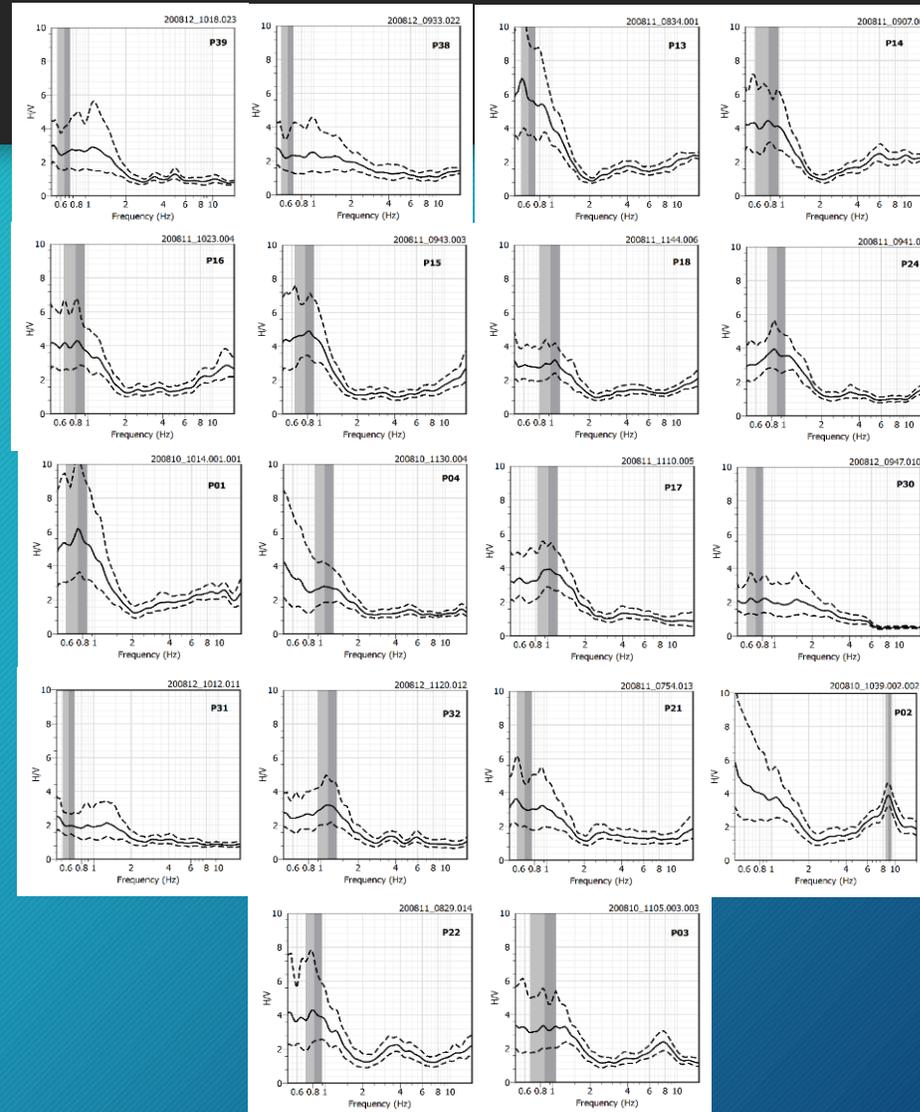
Pt de mesure	$f_0$ (Hz)	Amp H/V
06	1.33	2.32
07	0.809	5.02
05	11.51	3.91
26	0.945	3.46
12	0.682	7.78
25	0.991	3.21
27	0.719	3.26

# Traitement préliminaire

## Fréquences de résonance des courbes (H/V)

### ➤ Sud (Intérieur)

Pt de mesure	$f_0$ (Hz)	Amp H/V
02	8.850	3.88
04	1.070	2.79
16	0.798	4.24
03	0.861	3.30
01	0.730	6.19
21	0.669	3.02
24	0.884	3.76
14	0.773	4.43
15	0.765	4.74
38	0.619	2.21
22	0.822	4.23
13	0.653	5.70
31	0.633	1.98
18	0.984	2.97
17	1.010	3.93
39	0.638	2.50
32	1.140	3.19
30	0.709	2.02

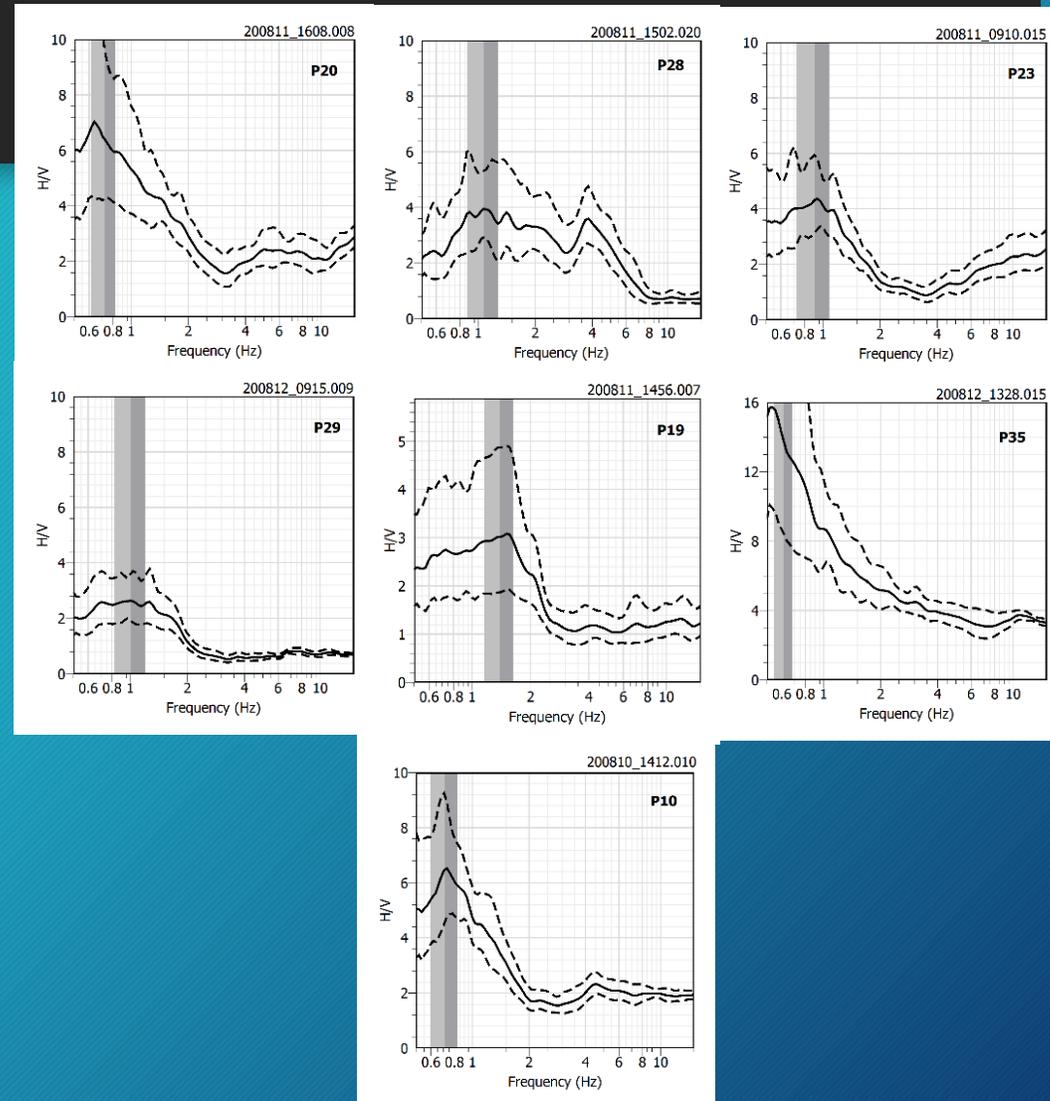


# Traitement préliminaire

## Fréquences de résonance des courbes (H/V)

➤ Extérieur immédiat

Pt de mesure	$f_0$ (Hz)	Amp H/V
20	0.719	6.42
28	1.072	3.94
23	0.902	4.32
10	0.713	6.48
29	1.008	2.63
19	1.390	3.02
35	0.612	13.77

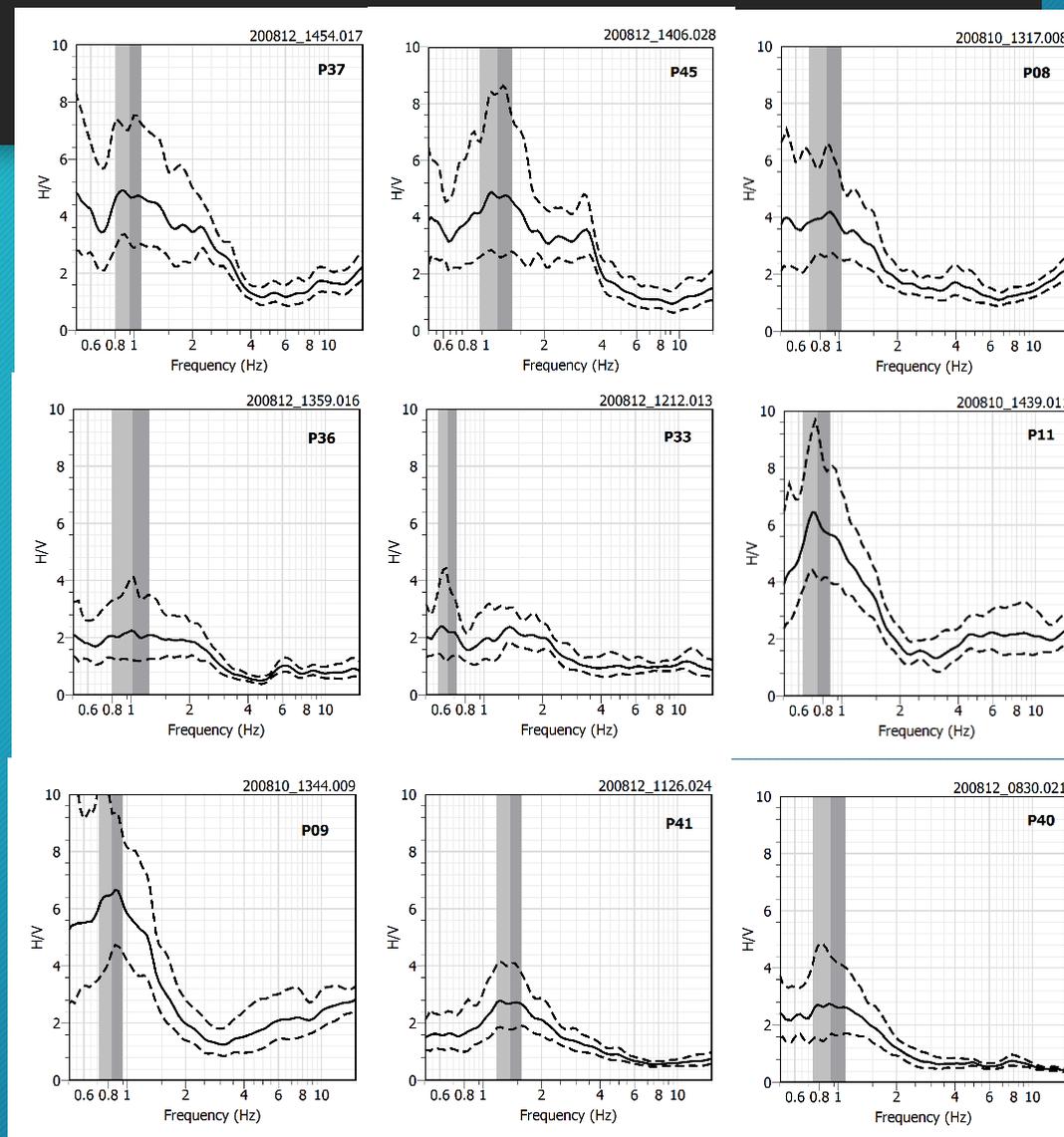


# Traitement préliminaire

## Fréquences de résonance des courbes (H/V)

➤ Extérieur lointain

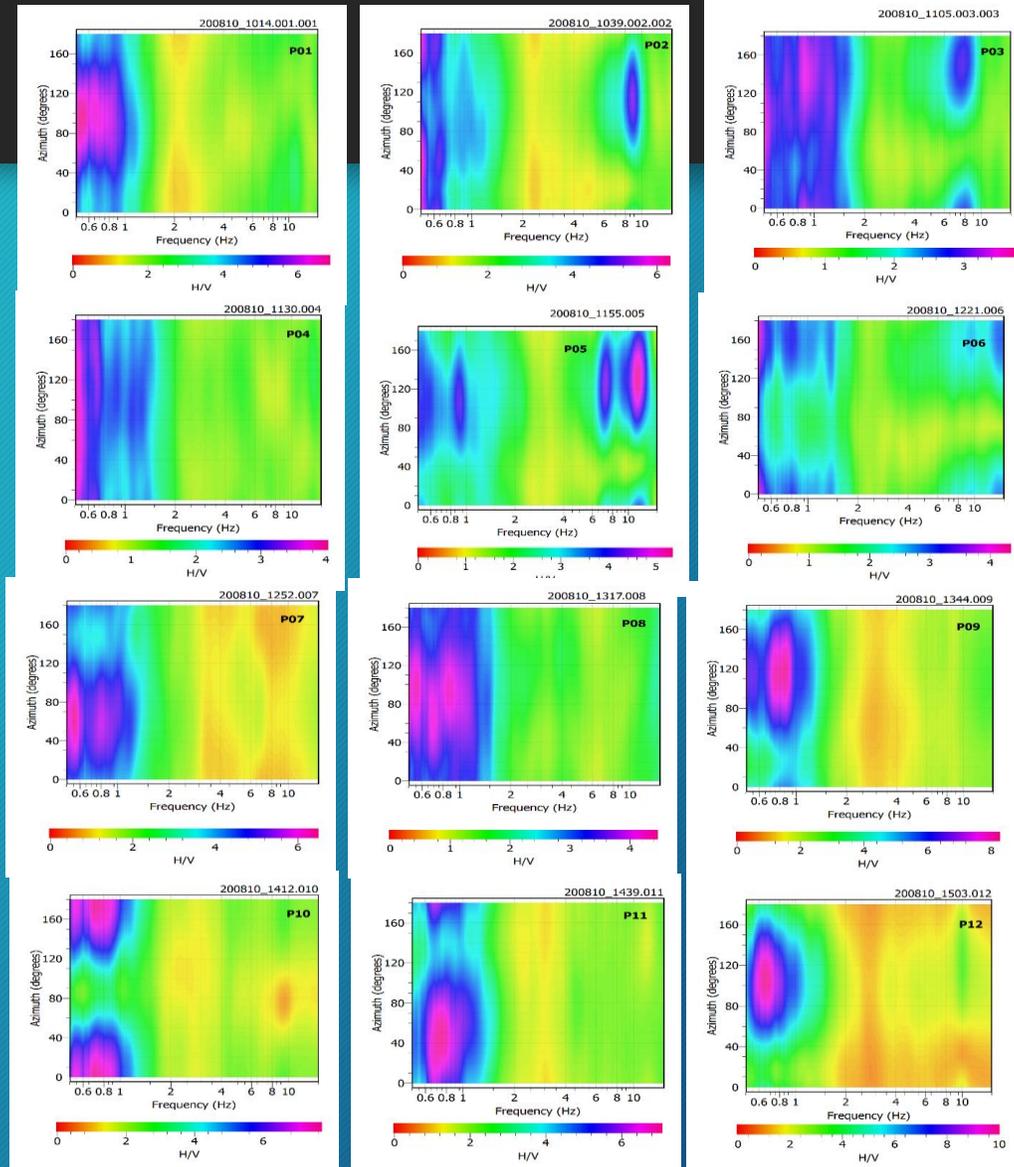
Pt de mesure	$f_0$ (Hz)	Amp H/V
08	0.864	4.15
37	0.945	4.68
09	0.831	6.50
11	0.748	6.23
36	1.020	2.23
45	1.140	4.69
40	0.917	2.72
41	1.370	2.69
33	0.649	2.25



# Traitement préliminaire

## Directivité sismique et variations azimuthales du rapport (H/V)

Le traitement avec Geopsy pour avoir le H/V rotationnel a été effectué dans le but d'apprécier l'effet du phénomène de la directivité sur le site de glissement.



# Traitement préliminaire

## Directivité sismique et variations azimuthales du rapport (H/V)

Les résultats de H/V rotationnel en termes des amplitudes H/V maximales et les azimuts qui leurs correspond, en considérant seulement les points qui présentent un effet de directivité.

Les points considérés sont au nombre de 21

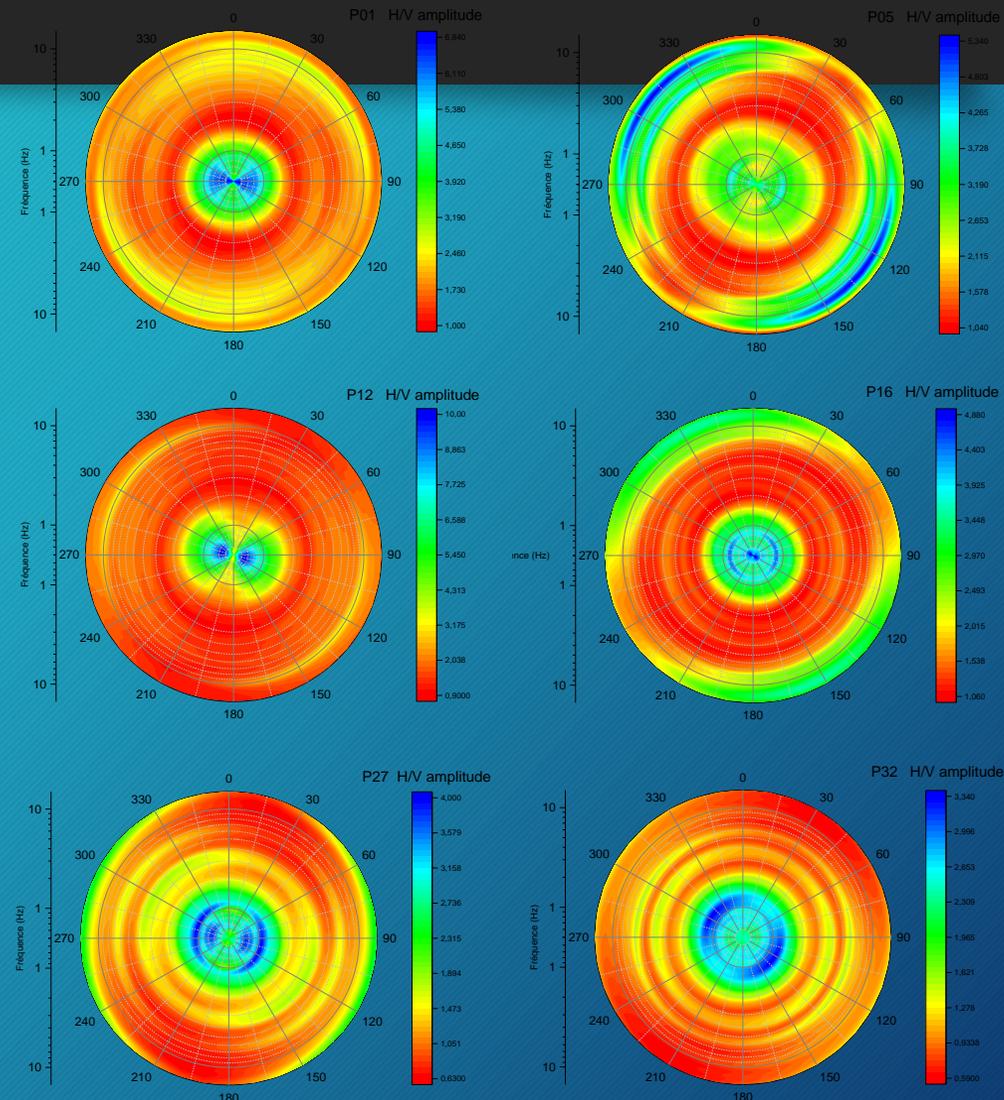
Pt de mesures	f <sub>0</sub> (Hz)	Azm (deg)	Amp H/V	Intervalle
01	0.67	106	7.37	(50°,130°)
02	0.507	45	6.14.	(0°,70°)
05	11.42	132	5.33	(110°,160°)
06	0.504	155	4.25	(140°,170°)
07	0.797	59	5.74	(40°,80°)
09	0.850	118	8.20	(90°,150°)
10	0.732 0.723	166 12	7.62 7.50	(150°,180°) (0°,30°)
11	0.735	50	7.05	(10°,80°)
12	0.606	98	9.81	(80°,130°)
13	0.524	81	7.94	(50°,110°)
14	0.524 0.823	94 88	5.30 4.85	(60°,120°) (60°,130°)
15	0.657	67	5.33	(50°,100°)
16	0.850	103	4.39	(50°,110°)
20	0.626 0.626	4 172	8.96 9.11	(0°,25°) (50°,100°)
27	0.747 1.083	98 118	3.82 3.97	(80°,130°) (70°,150°)
32	1.174	133	3.33	(100°,160°)
34	0.626	98	12.14	(80°,120°)
35	0.524	93	19.56	(60°,120°)
42	0.797	66	6.28	(40°,90°)
43	0.810	113	9.14	(80°,130°)
44	1.15	115	6.30	(80°,130°)

# Traitement préliminaire

## Directivité sismique et variations azimuthales du rapport (H/V)

En tenant compte de la symétrie du résultat des courbes H/V Rotate sur l'intervalle ( $180^\circ$ ,  $360^\circ$ ) et en considérant les coordonnées polaires, les résultats de ces courbes sont montrés sur des diagrammes polaires.

les graphes polaires spécialement pour les points de mesures présentant un effet de directivité correspondant à des azimuts dans le même sens du glissement dans le site d'El kherba.



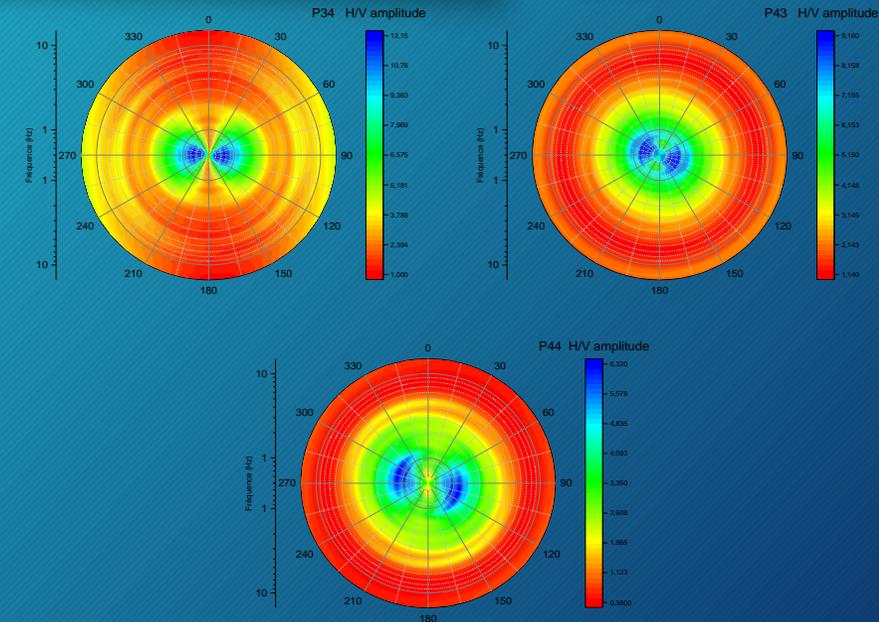
# Traitement préliminaire

## Directivité sismique et variations azimuthales du rapport (H/V)

Les observations tirées de ces graphes sont :

- Le P05 présente une directivité en hautes fréquences, autours de 11 Hz.
- Le P16 présente une directivité réduite à 0.85 Hz.
- P27 deux zones de directivité apparente : à 0.74 Hz et à 1.08Hz.
- Aussi, l'analyse des rapports spectraux azimuthaux donne des amplitudes des courbes H/V maximales pour des fréquences de vibrations allant de 0.6 à 1.17 Hz. (Sauf pour le P05 avec un pic en hautes fréquences).

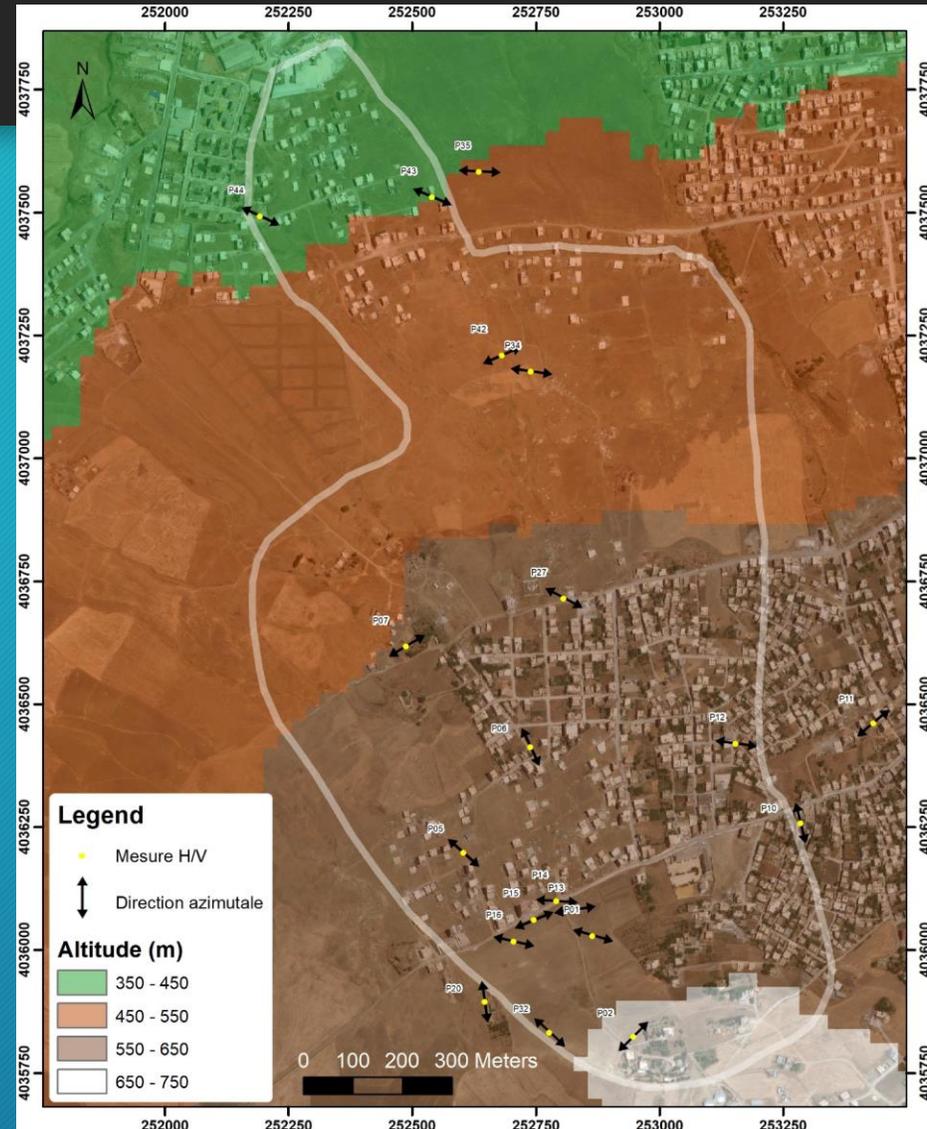
RAPPORT DE FORAGE									
Sondage : SC 09									
Projet : ETUDE GÉOTECHNIQUE CITE ELKHARBA					Dossier N° : 50.20				
Endroit : ELKHARBA-MILA					Client : MINISTERE HUV				
Date début : 25/10/2020		Coordonnées GPS		Boue de forage : EAU CLAIRE		Etat des échantillons			
Date fin :		X :		Type forage : ROTARY		Intact		Remanié	
Profondeur forée (m) : 50		Y :		Foreuse : GALAXY		Paraffiné		Roche	
Niveau d'eau (m) :		Z :							
Echelle (m)	Récupération	RCD	Télagh	Carottier	Etat	Niveau d'eau	Symboles	DESCRIPTION	E SSAIS DE LABORATOIRE
Elevation (m)	25 30 35 38								
Profondeur (m)									
-1.75								Terre végétale	
3.0								Argile jaune à jaune verdâtre peu plastique légèrement graveleuse + inclusions grises.	
6.0								Marne beige très calcaire indurée.	
7.25								Argile verte légèrement graveleuse	
9.0								Argile verte à grisâtre peu plastique avec un passage graveleux de 19.60 à 20.70 m.	
11.40								Argile verte peu plastique	
11.40								Argile verte peu plastique	
12.0								Argile verte peu plastique	
15.60								Argile verte peu plastique	
16.00								Argile verte peu plastique	
18.0								Argile verte peu plastique	
18.80								Argile verte peu plastique	
19.60								Argile verte peu plastique	
21.00								Argile verte peu plastique	
21.50								Argile verte peu plastique	
24.90								Argile verte peu plastique	
25.00								Argile verte peu plastique	
25.50								Argile verte peu plastique	
26.00								Argile verte peu plastique	
26.50								Argile verte peu plastique	
26.90								Argile verte peu plastique	
27.00								Argile verte peu plastique	
27.50								Argile verte peu plastique	
28.00								Argile verte peu plastique	
28.50								Argile verte peu plastique	
29.00								Argile verte peu plastique	
29.50								Argile verte peu plastique	
30.00								Argile verte peu plastique	
30.50								Argile verte peu plastique	
31.00								Argile verte peu plastique	
31.50								Argile verte peu plastique	
32.00								Argile verte peu plastique	
32.50								Argile verte peu plastique	
33.00								Argile verte peu plastique	
33.50								Argile verte peu plastique	
34.00								Argile verte peu plastique	
34.50								Argile verte peu plastique	
35.00								Argile verte peu plastique	
35.50								Argile verte peu plastique	
36.00								Argile verte peu plastique	
36.50								Argile verte peu plastique	
37.00								Argile verte peu plastique	
37.50								Argile verte peu plastique	
38.00								Argile verte peu plastique	
38.50								Argile verte peu plastique	
39.00								Argile verte peu plastique	
39.50								Argile verte peu plastique	
40.00								Argile verte peu plastique	
40.50								Argile verte peu plastique	
41.00								Argile verte peu plastique	
41.50								Argile verte peu plastique	
42.00								Argile verte peu plastique	
42.50								Argile verte peu plastique	
43.00								Argile verte peu plastique	
43.50								Argile verte peu plastique	
44.00								Argile verte peu plastique	
44.50								Argile verte peu plastique	
45.00								Argile verte peu plastique	
45.50								Argile verte peu plastique	
46.00								Argile verte peu plastique	
46.50								Argile verte peu plastique	
47.00								Argile verte peu plastique	
47.50								Argile verte peu plastique	
48.00								Argile verte peu plastique	
48.50								Argile verte peu plastique	
49.00								Argile verte peu plastique	
49.50								Argile verte peu plastique	
50.00								Argile verte peu plastique	
REMARQUES :								TYPE CAROTTIER :	
								ABREVIATIONS :	
								AS : Analyse géométrique	
								S : Scléromètre	
								TR : Claquement Trépal	
								L : Unité d'essai (L/CM)	
								R : Mesure de la compression	
								W : Teneur en eau	
								OED : Essai oedométrique	
								P : Porosité (pourcentage, %)	
								S : Siltomètre	
								A : Atlas à renforcement	
								AC : Analyse chimique	
Préparé par :								Vérifié par :	
								27/10/2020	
								Page : 1 de 1	



# Traitement préliminaire

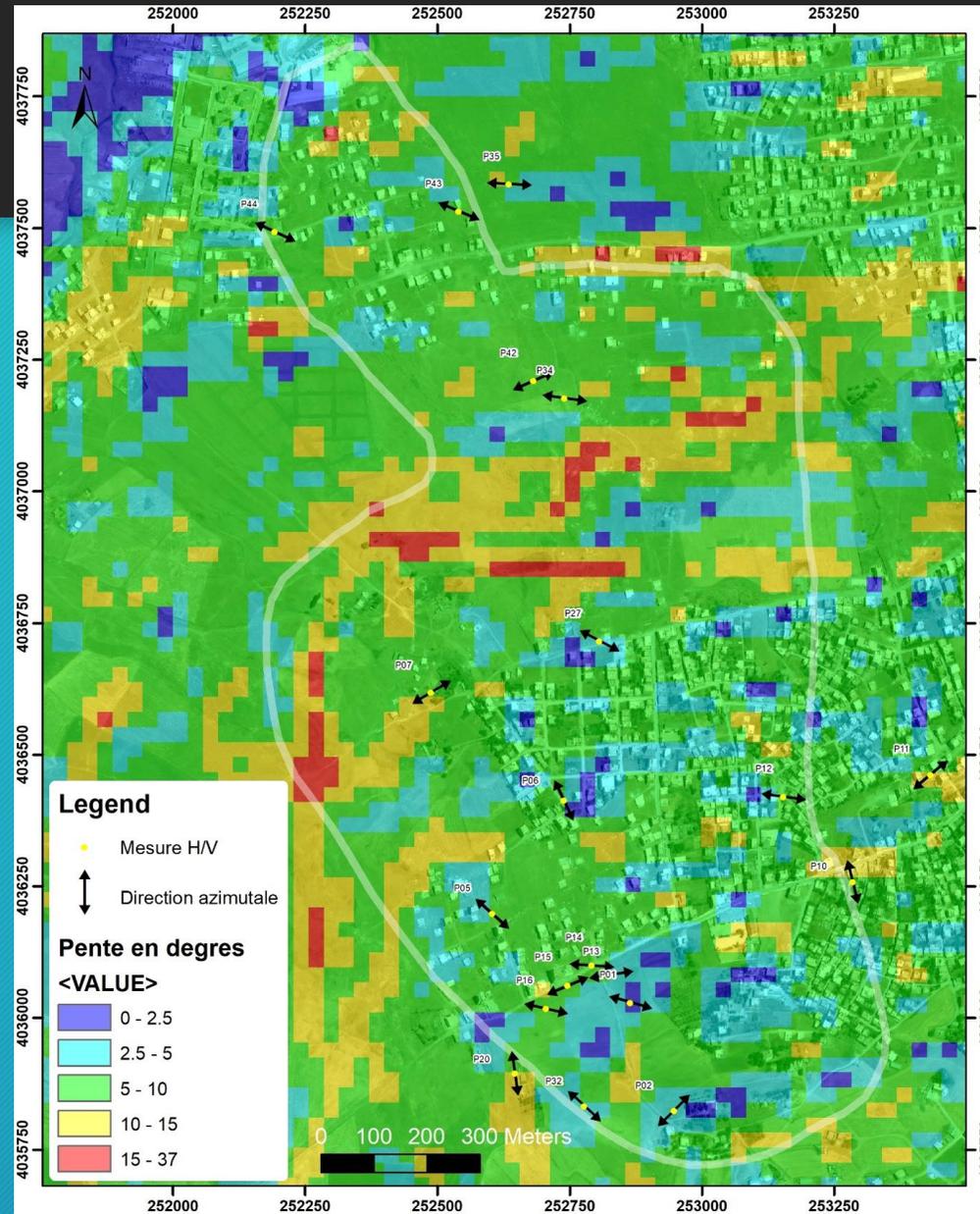
## Directivité sismique - Altitude

- Nous avons procédé à la projection de la direction de la **valeur maximale de l'amplitude des H/V**, en schématisant **l'azimut correspondant** à cette valeur sur une carte MNT de la région, tout en indiquant **la direction de glissement de terrain**.
- La direction du glissement de terrain dans ce site d'étude est entre : **100° et 170°N** environs, avec une tendance globale du glissement autour de **140°N**.
- Les points de mesures qui présentent des amplitudes des courbes H/V maximales dans cette direction sont : **P01, P05, P12, P16, P27, P32, P34, P43 et P44**.



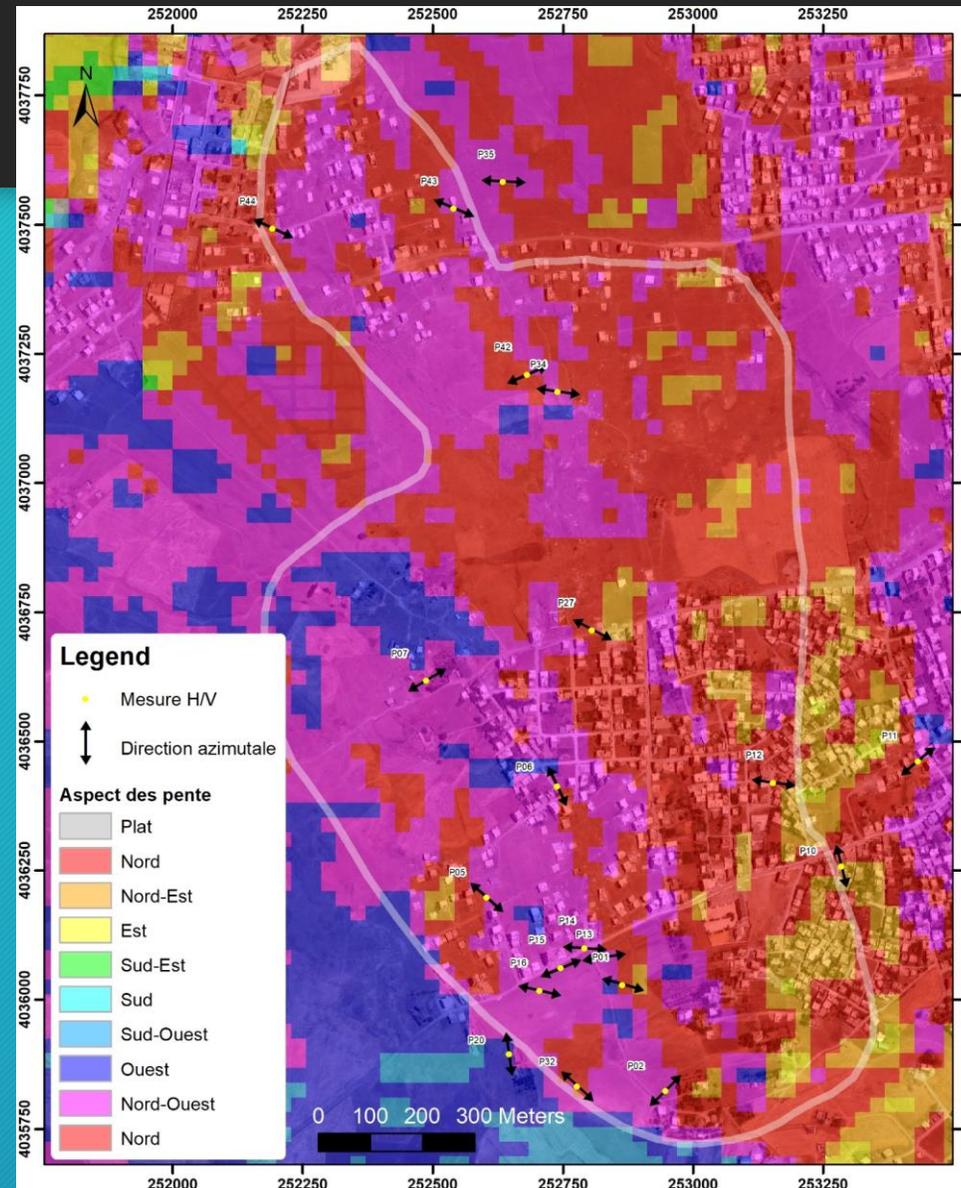
# Traitement préliminaire

## Directivité sismique - Pente



# Traitement préliminaire

## Directivité sismique - Aspect/Orientation de la pente

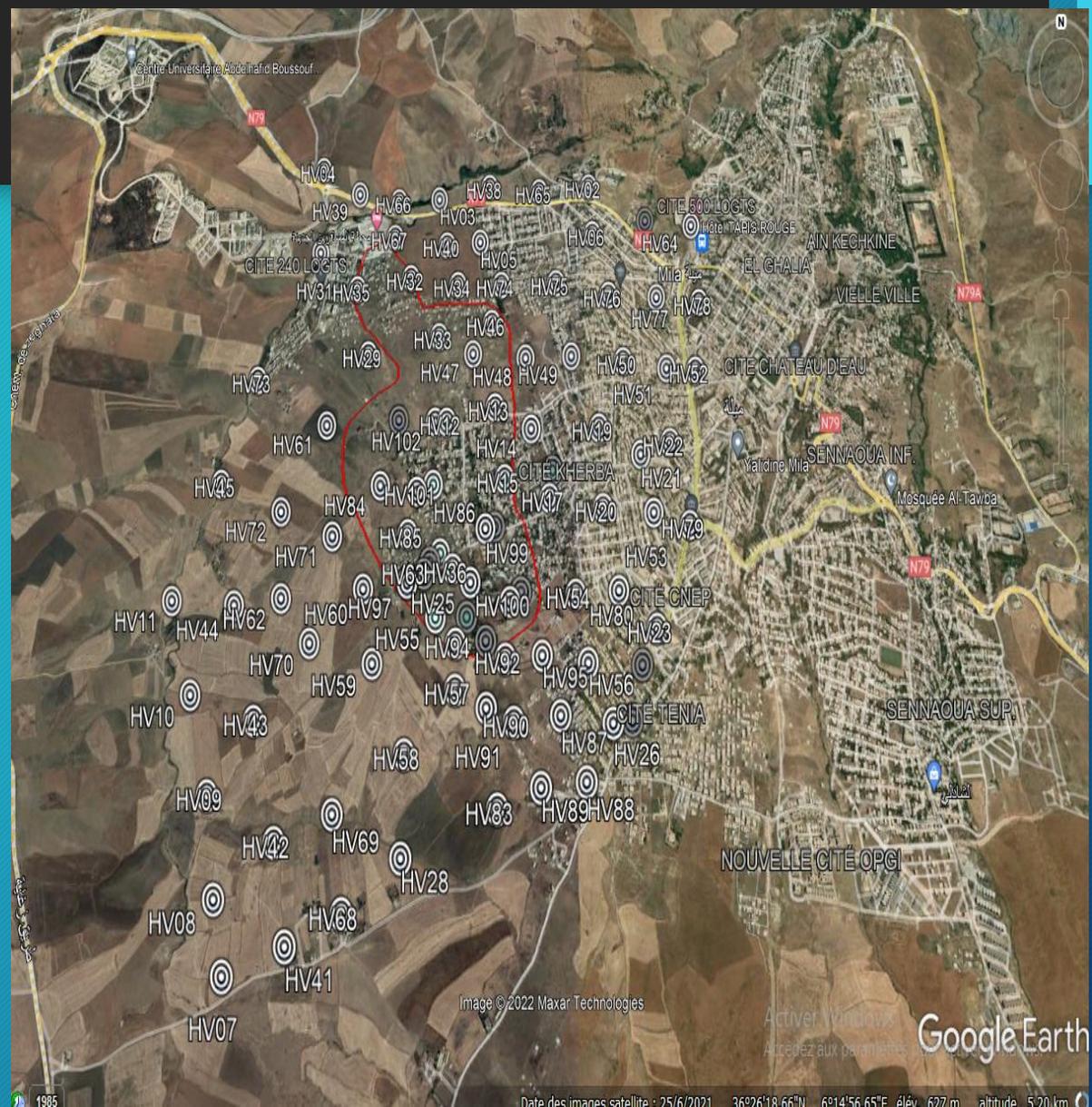


## 2ème campagne

# Fréquences de résonance des courbes H/V)

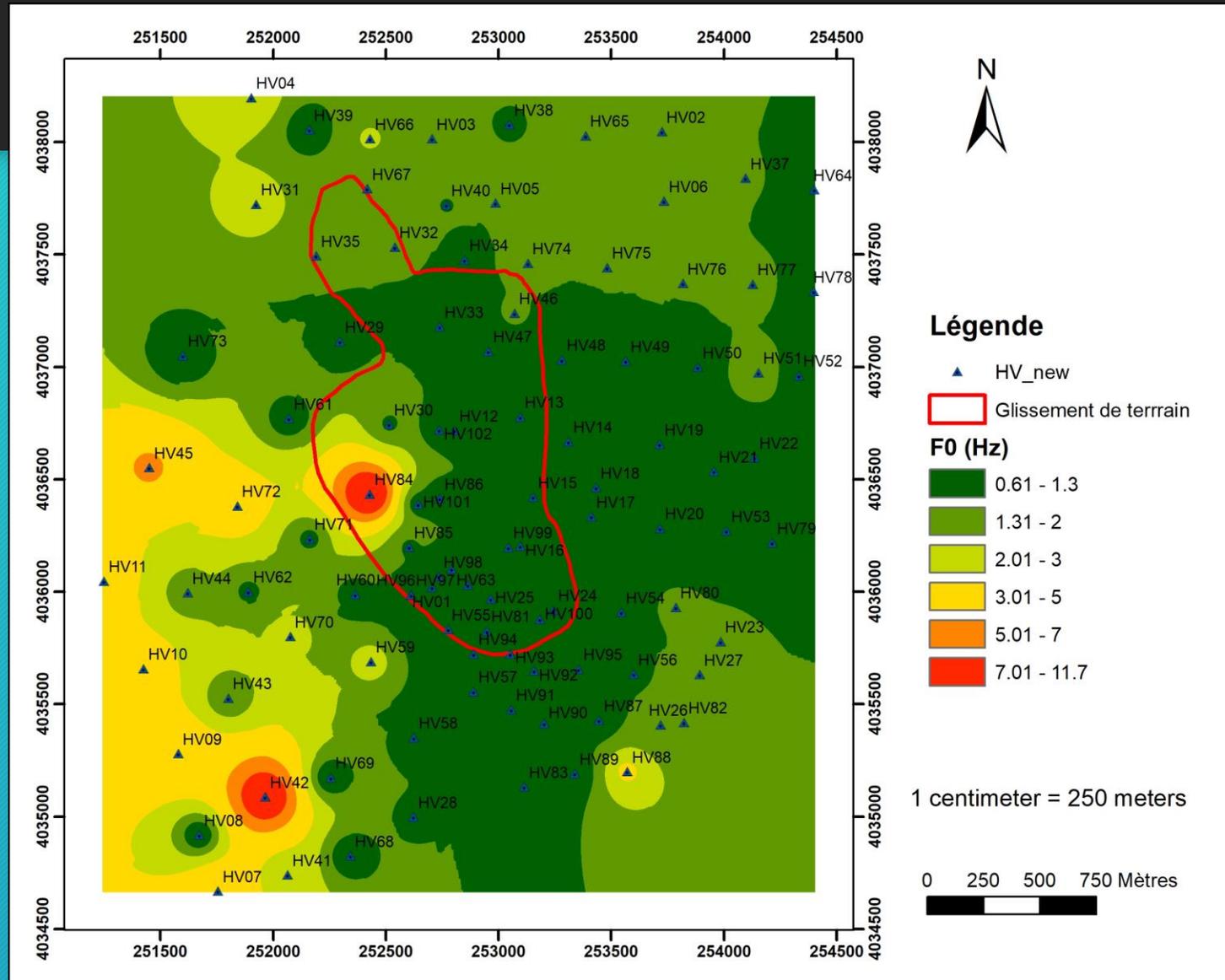
Pour mieux caractériser la zone de glissement, une deuxième campagne de **(102)** mesures de bruit ambiant a été effectuée dans la période allant du 27 au 29 décembre 2021.

La zone d'étude considérée était élargie de telle façon que les points de mesures couvrent toute la zone instable, la limite du glissement et la zone extérieure qui est stable



# Traitement préliminaire

## Fréquences de résonance des courbes (H/V)



# Conclusion générale

- L'objectif de ce projet de recherche est de **développer les connaissances relatives à la compréhension du phénomène de MVT sous sollicitations dynamiques** et en particulier d'identifier les **corrélations éventuelles** entre, d'une part, la distribution des mouvements sismiques au sein des versants et, d'autre part, le déclenchement des **MVT**.
- La première partie présente un état de l'art des différentes approches de l'analyse, de l'évaluation et de la cartographie des **MVT**. 3 types d'approches sont choisis pour leur facilité de mise en place et pour leurs résultats : (i) approches reposant sur la **modélisation** (ii) approches **quantitatives et semi-quantitative** basées sur des **modèles d'analyse spatiale probabilistes** et les (ii) Approches **déterministes** par zonage dynamique fondée sur des modèles numériques à base physique.
- La deuxième partie a présenté **base de données spatiale appelée (Mila\_Data\_Base et Géo\_Map) sous un SIG** : les variables à modéliser (*i.e.* les 'mouvements de versant'), variables prédictives (*i.e.* les facteurs de prédisposition)
- Des travaux sur l'utilisation des rapports spectraux **HVSR** pour une meilleure **compréhension des glissements de terrain**



Merci pour votre  
attention