

# PROJET DE CARRIERE DE PALENGE 3

Communes d'Arandon-Passins et de Courtenay (38)



## DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE Pièce 13 : Annexes

- 13.a** Compte-rendu des reconnaissances géotechniques pour l'extension de la carrière sur Courtenay, bureau d'études HYDROGEOTECHNIQUE, fév. 2021
- 13.b** Rapport d'étude géophysique pour l'extension de la carrière sur Courtenay, bureau d'études IMGEPHY, oct. 2020
- 13.c** Etude pédologique, Chambre d'Agriculture de l'Isère, 2021
- 13.d** Etude agricole, bureau d'études CETIAC, 2022
- 13.e** Arrêtés préfectoraux de la carrière de Cotte Ferre à Passins
- 13.f** Annexes Biodiversité (relevés floristiques, conventions parcelles compensatoires et plan de gestion boisement compensatoire)



# **Annexe 13a**



# HYDROGÉOTECHNIQUE

Spécialistes en études de sol,  
chaussée et environnement.



Société François PERRIN  
102, Route de Lyon  
38510 MORESTEL



## COMPTE RENDU FACTUEL DES RECONNAISSANCES GÉOTECHNIQUES

ETUDE POUR L'EXTENSION DE LA CARRIÈRE DE PALENGE  
Études géotechniques (prestation de sondages et essais géotechniques)  
ARANDON - COURTENAY (38)

DOSSIER N°	INDICE	DATE	RÉDACTEUR	CONTRÔLEUR	SUPERVISEUR	OBSERVATIONS / MODIFICATIONS
C.20.52039	A	05/11/2020	A. GONTHIER			
	B	25/02/21	A. GONTHIER			

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1. INTRODUCTION – MISSION .....</b>	<b>3</b>
<b>2. SITOLOGIE.....</b>	<b>3</b>
<b>3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE .....</b>	<b>4</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>7</b>
<i>ANNEXE 1 PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES</i>	
<i>ANNEXE 2 SONDAGES DESTRUCTIFS ET CAROTTE</i>	
<i>ANNEXE 3 SONDAGES A LA PELLE MECANIQUE</i>	
<i>ANNEXE 4 RÉSULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE</i>	
<i>ANNEXE 5 MISSIONS GÉOTECHNIQUES</i>	







*Localisation du site sur vue aérienne (extrait sans échelle)*

### 3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE

Conformément à la demande du cabinet SETIS, nous avons mis en œuvre les investigations suivantes :

- **1 sondage carotté** (sondage SC1), en diamètre 114mm et tubage 120/140mm descendu jusqu'à 12 m de profondeur. Le sondage a été arrêté sur refus du tubage et carottier entre 12 et 13m de profondeur. Ce sondage a été poursuivi en sondage destructif au taillant 89mm jusqu'à 14,1m de profondeur.
- **8 sondages à la pelle mécanique 34t** notés PM1 à PM8, menés entre 3,9m et 4,4m de profondeur,
- **2 forages de reconnaissance géologique de type semi-destructif** (sondages SD4 et SD5), descendus à 25,5 m et 25,2m de profondeur, en diamètre 114 mm (Odex 90).  
**Dans ces forages, pose de piézomètres**, en PVC bleu 51/60 mm crépiné de 4,5m à 25m en Pz4 et de 6m à 25m en Pz5, avec espace annulaire en gravette. La partie supérieure du piézomètre est en PVC lisse avec comblement de l'espace annulaire en sobranite et coulis de ciment, et protection de la tête avec un capot métallique scellé dans un massif béton (massif réalisé par le client).
- **L'enregistrement des paramètres de forage**,  
à l'avancement avec un appareil de type EXPLOFOR ou LUTZ,  
Cet appareil permet de mesurer :
  - La vitesse instantanée d'avancement (VIA),
  - La pression d'injection du fluide de forage (PI),

- La pression de poussée (PP),
- Couple de rotation (CR).

Les enregistrements sont ensuite traités par ordinateur et joints aux coupes de sondages.

- **En laboratoire**, sur les échantillons prélevés dans les sondages à la pelle mécanique, suivant les normes NFP correspondantes :
  - 3 analyses GTR comprenant : teneurs en eau (NFP 94-050), essais au bleu de méthylène (NFP 94-068) ou limites d'Atterberg (NFP 94-051), analyses granulométriques (NFP 94-056), et sédimentométriques ((NFP 94-057),

Une campagne de reconnaissances géophysiques a également été réalisée sur ce site par IMG Groupe Hydrogéotechnique. Elle fait l'objet d'un rapport distinct du présent compte rendu.

Le plan d'implantation des investigations, les coupes des sondages et les PV des essais de laboratoire sont joints en annexe au présent rapport.

Les cotes altimétriques ont été fournies par le Maître d'Ouvrage :

Pz4 : 239,89mNGF au sol,  
240,49mNGF en tête de tube

Pz5 : 239,73mNGF au sol,  
240,40mNGF en tête de tube



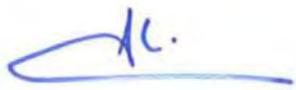
Photos Pz4 et Pz5 (source : Carrières PERRIN)

Notre mission se termine à la remise du présent rapport qui constitue un ensemble indissociable.

Nous restons à la disposition de SA PERRIN et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

Dressé par l'Ingénieure soussignée

Alexane GONTHIER  
en charge de l'opération



# ANNEXES

---

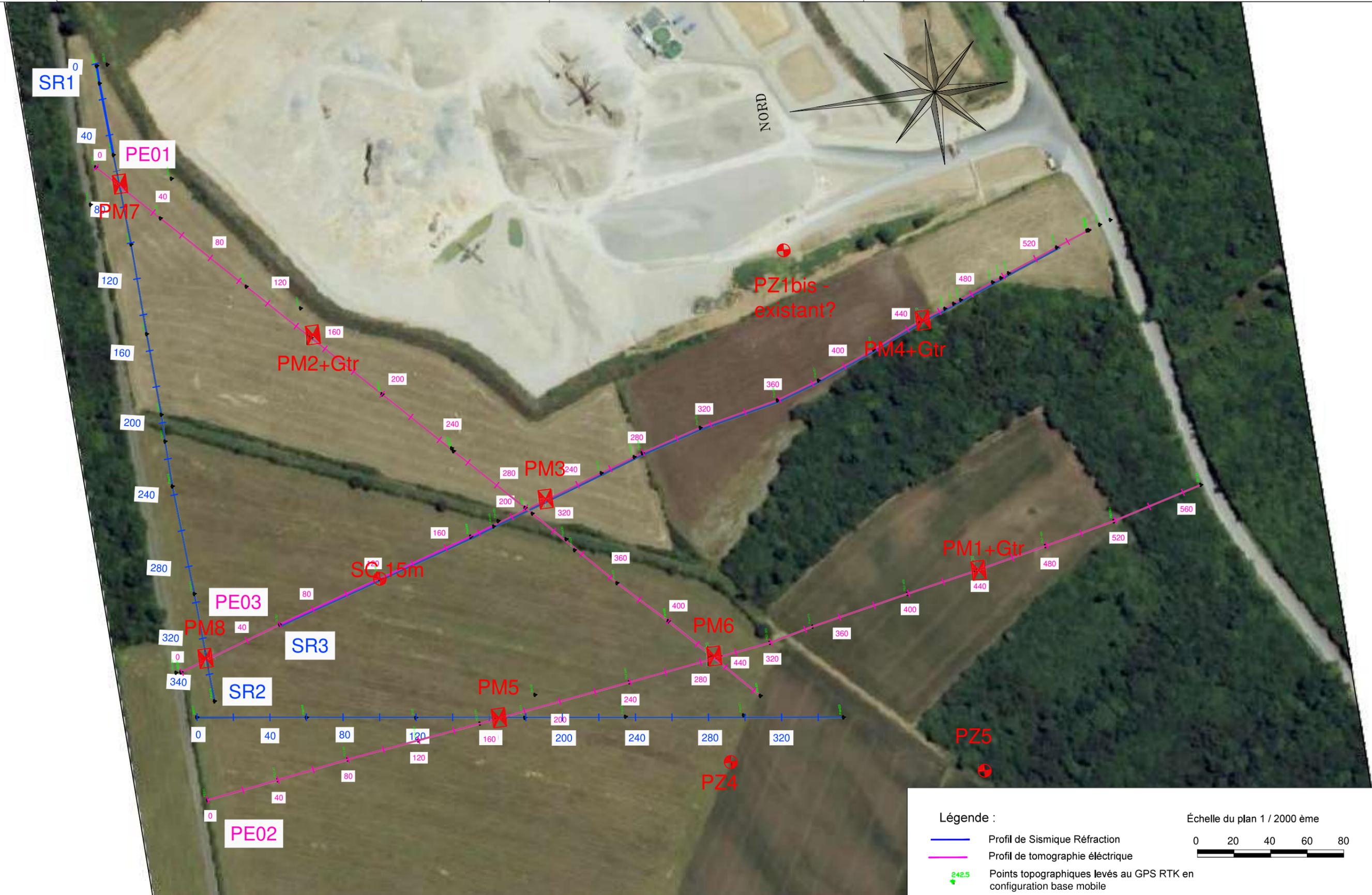


# **ANNEXE 1**

## ***PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES***



Indice	Date	Commentaires	Établi	Vérifié	Approuvé
1	Aout 2020	Implantation des reconnaissances	C. LANOIS		
Référence document :		1. C030_2038_Carrière_PERRIN_Implantation_A3			



**Légende :**

- Profil de Sismique Réfraction
- Profil de tomographie électrique
- + 242.5 Points topographiques levés au GPS RTK en configuration base mobile

Échelle du plan 1 / 2000 ème

0 20 40 60 80

## **ANNEXE 2**

# ***SONDAGES DESTRUCTIFS ET CAROTTE***





Date : 05/10/2020

**SA PERRIN**  
**Extension de la carrière de Palenge**  
**ARANDON-COURTENAY (38)**

cote NGF : 239,89

Machine : HF 750

Contrat C.20.52039

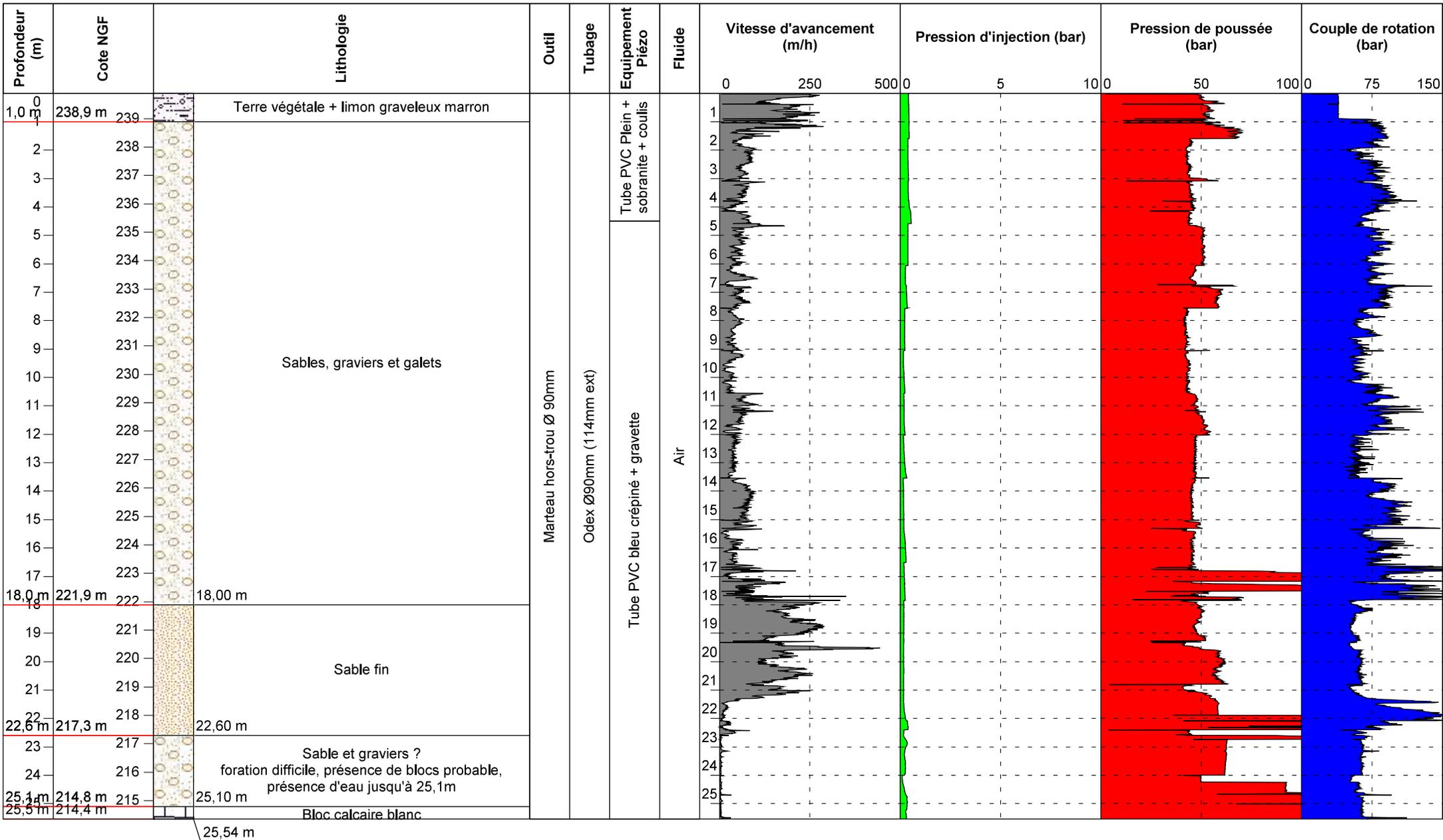
Profondeur : 0,00 - 25,54 m

indice : B

1/178

**Sondage : SD4 / Pz4**

EXGTE 3.20/LB2EPF582FR





Date : 30/09/2020

**SA PERRIN**  
**Extension de la carrière de Palenge**  
**ARANDON-COURTENAY (38)**

Cote NGF : 239.73

Machine : HF 750

Contrat C.20.52039

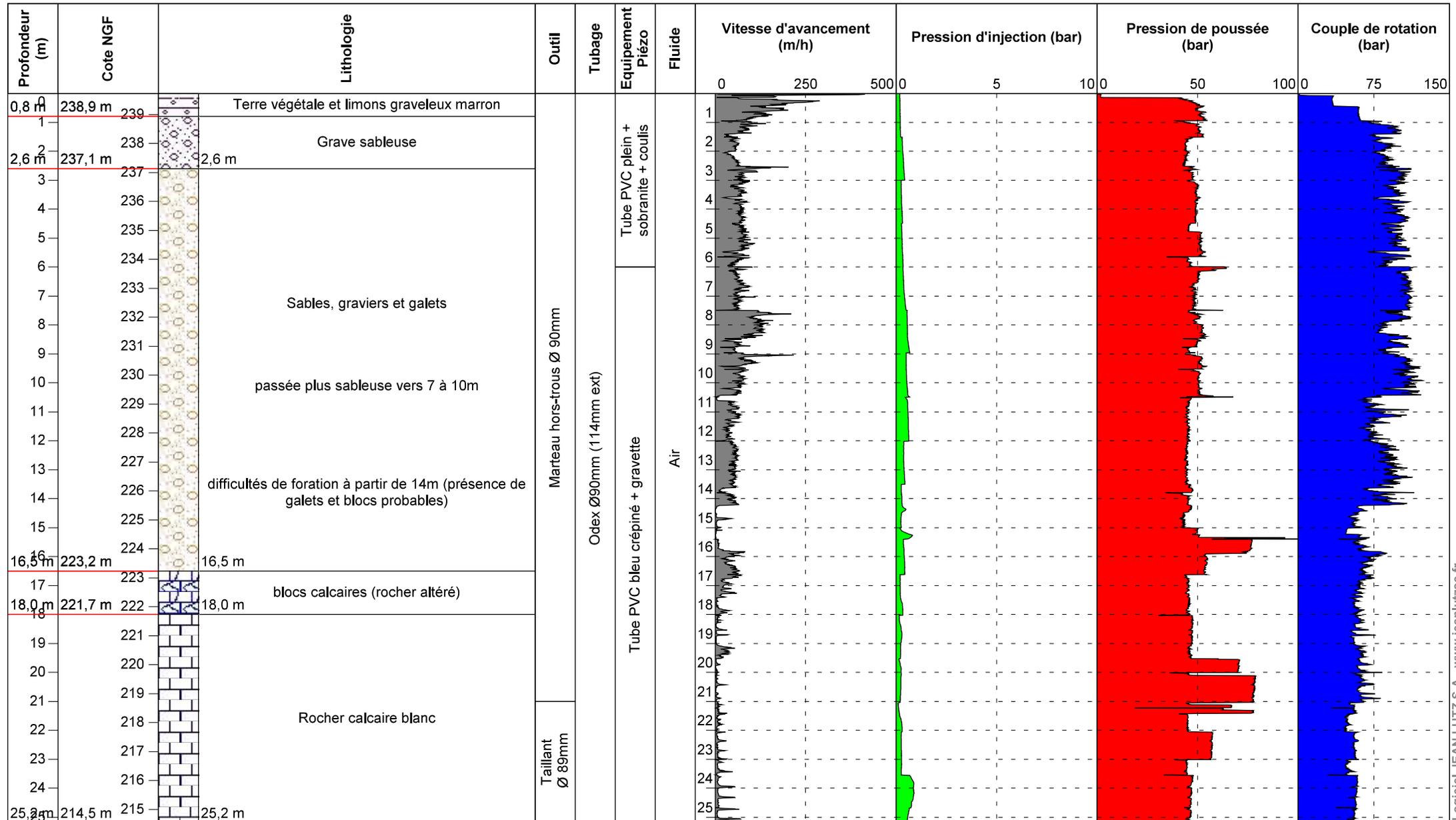
Profondeur : 0,00 - 25,20 m

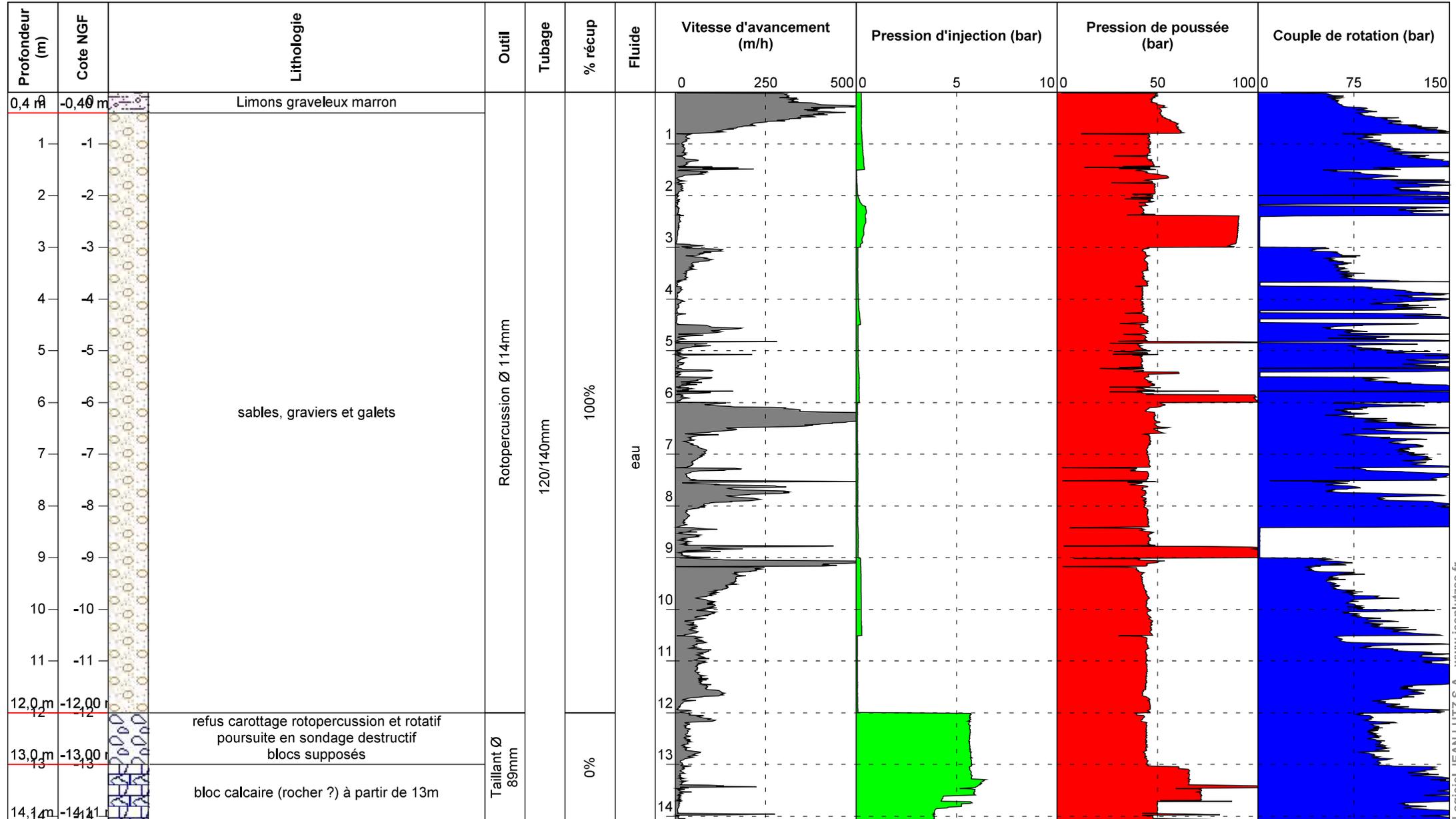
indice : B

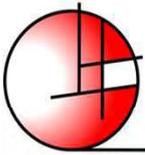
1/175

**Sondage : SD5 / Pz5**

EXGTE 3.20/LB2EPF582FR



**sondage carotté : SC1**




# HYDROGEOTECHNIQUE

LABORATOIRES RÉGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGÉNIÉRIE  
DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

Client : SA PERRIN

Chantier : Extension de la carrière de  
Palenge à Arandon-Courtenay (38)

Dossier : C.20.52039

Date : 07/10/2020

## Rapport photographique

**Sondage : SC1**

Page 1/3



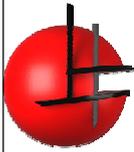




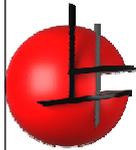
## **ANNEXE 3**

# ***SONDAGES A LA PELLE MECANIQUE***

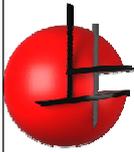




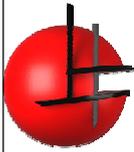
Cote NGF	Profondeur	Lithologie	Tenue des parois	Venue d'eau	Photo
0	0	Limon légèrement sableux marron à quelques graviers + radicelles	Bonne tenue	Aucune venue d'eau observée (le 14/09/2020)	
-0,40	0,40				
-0,60	0,60	Limon sableux marron/ocre assez consistant à quelques graviers et petits galets Présence de radicelles			
-1	1	Grave sableuse gris clair à petits galets (%galets=50%, Dmoy=40mm, Dmax=100mm)			
-1,10	1,10	Grave sableuse à galets, gris à marron/gris, très légèrement humide (%galets=50%, Dmoy=50mm, Dmax=120mm)  Prélèvement à 3.50m			
-2	2				
-3	3				
	4				



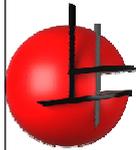
Cote NGF	Profondeur	Lithologie	Tenue des parois	Venue d'eau	Photo
0	0	Limon légèrement sableux marron à quelques graviers + radicelles	Bonne tenue	Aucune venue d'eau observée (le 14/09/2020)	
-0,30	0,30				
-0,90	0,90	Limon sableux marron/ocre assez consistant à graviers et petits galets Présence de radicelles surtout en fond de couche Prélèvement à 0.80m			
-1	1	Grave sableuse à galets, gris à marron/gris, très légèrement humide (%galets=50%, Dmoy=60mm, Dmax=120mm)			
-1,40	1,40	Grave sableuse à galets, gris à marron/gris, très légèrement humide (%galets=40%, Dmoy=40mm, Dmax=200mm) Présence d'un lit de sable gris à quelques graviers de 2.60 à 2.90m Prélèvement à 4.00m			
-2	2				
-3	3				
-4	4				
-4,30	4,30				



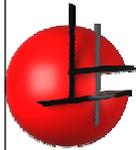
Cote NGF	Profondeur	Lithologie	Tenue des parois	Venue d'eau	Photo
0	0	Limon légèrement sableux marron à quelques graviers + radicelles	Bonne tenue	Aucune venue d'eau observée (le 14/09/2020)	
-0,30	0,30				
-0,90	0,90	Grave sableuse à galets, gris à marron/gris, très légèrement humide (%galets=50%, Dmoy=60mm, Dmax=120mm)			
-1	1				
-2	2	Grave sableuse à galets, gris à marron/gris, très légèrement humide (%galets=40%, Dmoy=40mm, Dmax=150mm)			
-2,20	2,20				
-3	3				



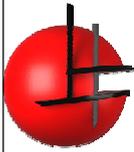
Cote NGF	Profondeur	Lithologie	Tenue des parois	Venue d'eau	Photo
0	0	Limon légèrement sableux marron à quelques graviers + radicelles	Bonne tenue	Aucune venue d'eau observée (le 14/09/2020)	
-0,40	0,40				
-1	1	Limon sableux marron/ocre assez consistant à quelques graviers et petits galets Présence de radicelles surtout en fond de couche Fond de couche entre 1.30 et 2.40m			
-1,80	1,80				
-2	2	Grave sableuse gris clair à petits galets (%galets=60%, Dmoy=40mm, Dmax=80mm)			
-2,20	2,20				
-3	3	Grave sableuse à galets, gris à marron/gris, très légèrement humide (%galets=50%, Dmoy=60mm, Dmax=150mm) Prélèvement à 3.50m			
-4	4				
-4,10	4,10				



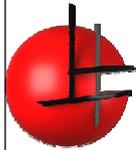
Cote NGF	Profondeur	Lithologie	Tenue des parois	Venue d'eau	Photo
0	0	Limon légèrement sableux marron à quelques graviers + radicelles	Bonne tenue	Aucune venue d'eau observée (le 14/09/2020)	
-0,30	0,30				
-0,50	0,50				
-0,70	0,70	Grave sableuse gris clair à petits galets (%galets=60%, Dmoy=50mm, Dmax=120mm)			
-1	1	Grave sableuse à galets, gris à marron/gris, très légèrement humide (%galets=40%, Dmoy=40mm, Dmax=120mm)			
-2	2				
-3	3				
	4				



Cote NGF	Profondeur	Lithologie	Tenue des parois	Venue d'eau	Photo
0	0	Limon légèrement sableux marron à quelques graviers + radicelles	Bonne tenue	Aucune venue d'eau observée (le 14/09/2020)	
-0,30	0,30				
-0,50	0,50	Limon sableux marron/ocre assez consistant à quelques graviers et petits galets Présence de radicelles			
-1	1	Grave sableuse gris clair à petits galets (%galets=60%, Dmoy=50mm, Dmax=120mm)			
-1,10	1,10				
-2	2	Grave sableuse à galets, gris à marron/gris, très légèrement humide (%galets=40%, Dmoy=40mm, Dmax=120mm)  Présence de lits de sable gris à quelques graviers de 2.70 à 3.10m et de 3.40 à 3.80m			
-3	3				
-4	4				



Cote NGF	Profondeur	Lithologie	Tenue des parois	Venue d'eau	Photo
0	0	Limon légèrement sableux marron à quelques graviers + radicelles	Bonne tenue	Aucune venue d'eau observée (le 14/09/2020)	
-0,30	0,30				
-0,60	0,60	Limon sableux marron/ocre assez consistant à quelques graviers et petits galets Présence de radicelles			
-1	1	Grave sableuse gris clair à petits galets (%galets=60%, Dmoy=50mm, Dmax=120mm)			
-1,40	1,40	Grave sableuse à galets, gris à marron/gris, très légèrement humide (%galets=40%, Dmoy=40mm, Dmax=150mm)			
-2	2				
-3	3				
-4	4				
-4,40	4,40				



Cote NGF	Profondeur	Lithologie	Tenue des parois	Venue d'eau	Photo
0	0	Limon légèrement sableux marron à quelques graviers + radicelles	Bonne tenue	Aucune venue d'eau observée (le 14/09/2020)	
-0,30	0,30				
-0,60	0,60	Limon sableux marron/ocre assez consistant à quelques graviers et petits galets Présence de nombreuses radicelles			
-1 -1,10	1 1,10	Grave sableuse gris clair à petits galets (%galets=60%, Dmoy=50mm, Dmax=120mm)			
-2	2	Grave sableuse à galets, gris à marron/gris, très légèrement humide (%galets=50%, Dmoy=50mm, Dmax=220mm)			
-3	3				
-4	4				

# **ANNEXE 4**

## *RÉSULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE*





Groupe  
HYDROGÉOTECHNIQUE

## RESULTATS DE LABORATOIRE

Affaire Carrière de Palenge 13/10/2020

Courtenay-Arandon (C.20.52039)

ESSAIS D'IDENTIFICATION			Classification	Teneur en eau	Teneur en eau	Valeur au bleu	Granulométrie par tamisage						
			<b>11-300</b>	<b>94-050</b>	<b>94-050</b>	<b>94-068</b>	<b>94-056</b>						
Sondages	Prof (m)	Nature	GTR	W% (0/D)	W% (0/20)	VBS	% de passant						
							Dmax (mm)	50 mm	20 mm	5 mm	2 mm	400 µm	80 µm
PM1	3,50	Blocs, cailloux, cailloutis siliceux arrondis à léger encroûtement calcaire à matrice sableuse marron	D3	2,0	4,0	0,03	75	81	51	29	21	8	1,3
PM2	4,00	Blocs, cailloux, cailloutis siliceux arrondis à léger encroûtement calcaire à matrice sableuse marron	D3	2,8	3,6	0,05	73	89	76	42	29	10	1,7
PM4	3,50	Blocs, cailloux, cailloutis siliceux arrondis à léger encroûtement calcaire à matrice sableuse marron	D3	2,1	4,8	0,05	95	70	44	21	16	9	2,2



Groupe  
HYDROGÉOTECHNIQUE

# RAPPORT D'ESSAIS

(norme NF P 11-300)

Affaire suivie par: Alexane GONTHIER

En date du: 13/10/2020

## REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.20.52039

Chantier: Carrière de Palenge

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Lieu: Courtenay-Arandon (38)

## REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Sondage : PMI

Date prélèvement: -

Profondeur (m): 3,50

Réaction à l'acide : -

Nature : Blocs, cailloux, cailloutis siliceux arrondis à léger encroûtement calcaire à matrice sableuse marron

T° étuvage (°C) : 105

**IDENTIFICATION -** Laboratoire: Sallèles d'Aude

Norme

Essai réalisé par :

Teneur en eau par étuvage

NF P 94-050

Opérateur Jérôme GUILLEMIN

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056

Opérateur Jérôme GUILLEMIN

Analyse granulométrique par sédimentation

NF P 94-057

-

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

Opérateur Noémie BLANC

Limites d'Atterberg

NF P 94-051

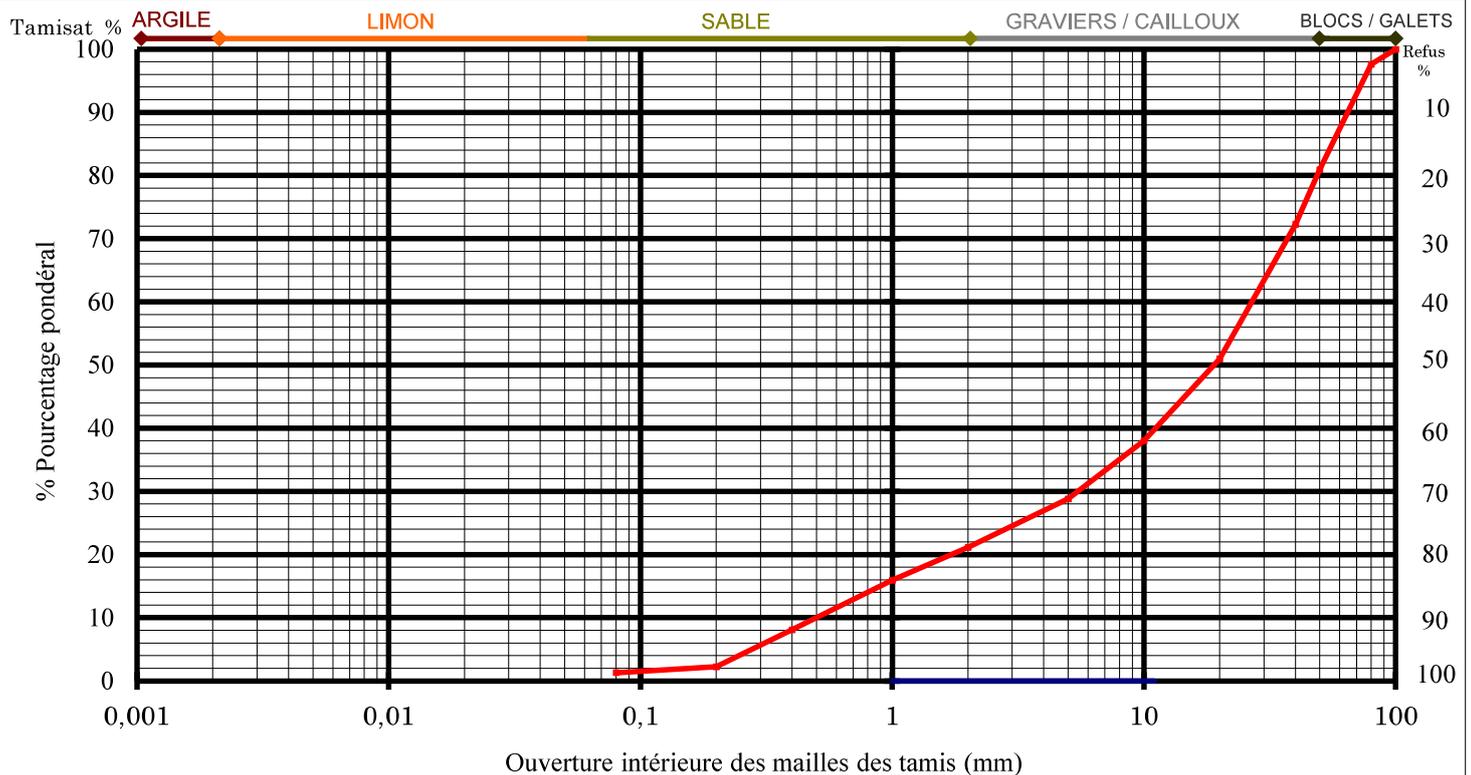
-

OBSERVATIONS:

## RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE W<sub>n</sub> (0/20) % 4,0

W<sub>n</sub> (0/D) % 2,0



Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	100	98	81	72	51	38	29	21	16	8	2	1,3

### GRANULOMETRIE

D10 (mm):	0,45	D max (mm)*:	75
D30 (mm):	5,5	Passant à 0,08 mm:	1,3
D50 (mm):	19	Passant 0,08 mm (fraction 0/50):	1,6
D60 (mm):	27	Passant à 2µm:	-
Coefficient courbure (Cc):	2,5	* déterminé avec le D <sub>95</sub> (NF P 11-300) de l'échantillon	
Coefficient uniformité (Cu):	60,0		

### ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS)	0,03
Limite de liquidité (W <sub>l</sub> %)	-
Indice de plasticité (I <sub>p</sub> )	-

Classement GTR (NF P 11-300):

**D3**



Groupe  
HYDROGÉOTECHNIQUE

# RAPPORT D'ESSAIS

(norme NF P 11-300)

Affaire suivie par: Alexane GONTHIER

En date du: 13/10/2020

## REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.20.52039

Chantier: Carrière de Palenge

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Lieu: Courtenay-Arandon (38)

## REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Sondage : PM2

Date prélèvement: -

Profondeur (m): 4,00

Réaction à l'acide : -

Nature : Blocs, cailloux, cailloutis siliceux arrondis à léger encroûtement calcaire à matrice sableuse marron

T° étuvage (°C) : 105

**IDENTIFICATION** - Laboratoire: Sallèles d'Aude

Norme

Essai réalisé par :

Teneur en eau par étuvage

NF P 94-050

Opérateur Jérôme GUILLEMIN

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056

Opérateur Jérôme GUILLEMIN

Analyse granulométrique par sédimentation

NF P 94-057

-

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

Opérateur Noémie BLANC

Limites d'Atterberg

NF P 94-051

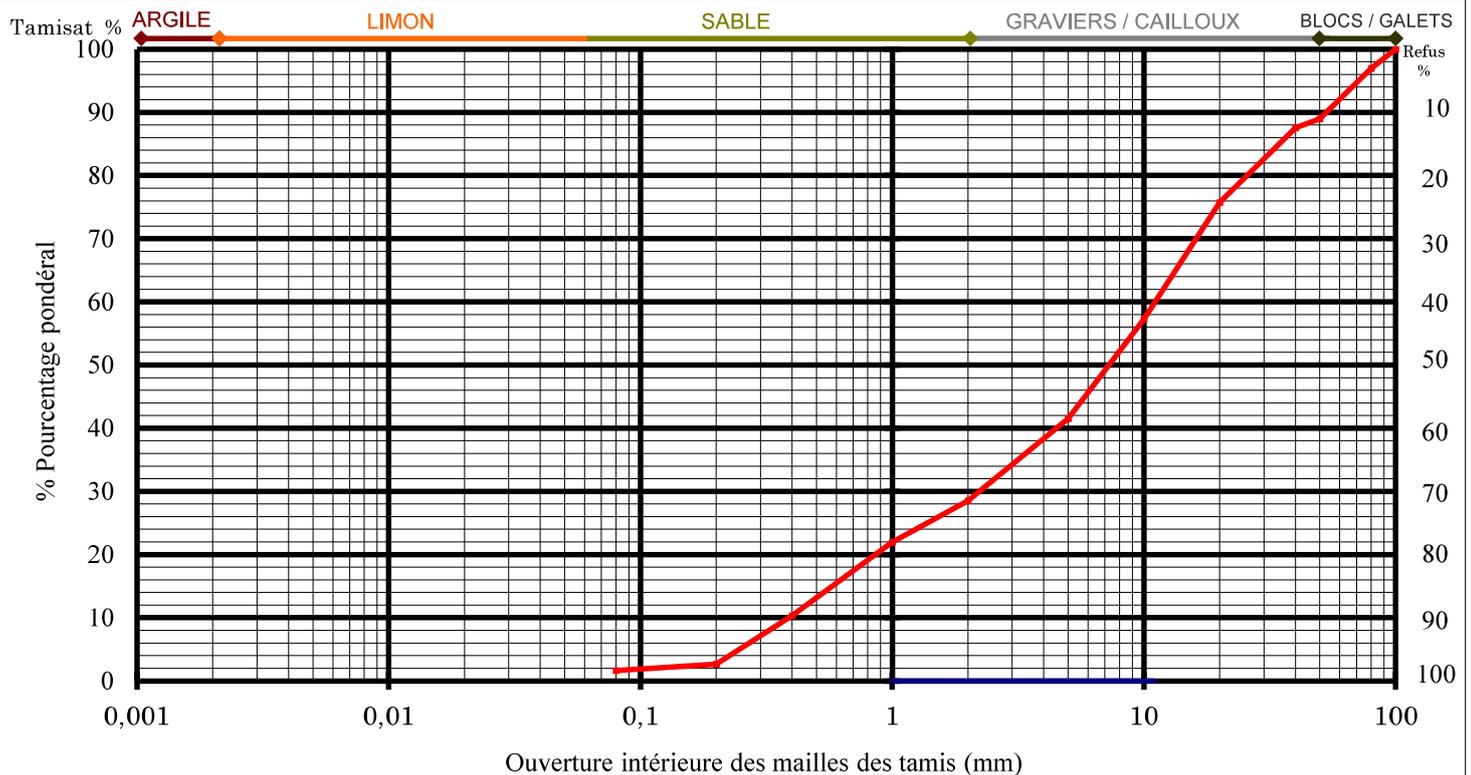
-

OBSERVATIONS:

## RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE Wn (0/20) % 3,6

Wn (0/D) % 2,8



Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	100	97	89	88	76	57	42	29	22	10	3	1,7

### GRANULOMETRIE

D10 (mm):	0,4	D max (mm)*:	73
D30 (mm):	2,2	Passant à 0,08 mm:	1,7
D50 (mm):	6	Passant 0,08 mm (fraction 0/50):	1,9
D60 (mm):	12	Passant à 2µm:	-
Coefficient courbure (Cc):	1,0	* déterminé avec le D <sub>95</sub> (NF P 11-300) de l'échantillon	
Coefficient uniformité (Cu):	30,0		

### ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS)	0,05
Limite de liquidité (Wl %)	-
Indice de plasticité (Ip)	-

Classement GTR (NF P 11-300):

**D3**



Groupe  
HYDROGÉOTECHNIQUE

# RAPPORT D'ESSAIS

(norme NF P 11-300)

Affaire suivie par: Alexane GONTHIER

En date du: 13/10/2020

## REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.20.52039

Chantier: Carrière de Palenge

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Lieu: Courtenay-Arandon (38)

## REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Sondage : PM4

Date prélèvement: -

Profondeur (m): 3,50

Réaction à l'acide : -

Nature : Blocs, cailloux, cailloutis siliceux arrondis à léger encroûtement calcaire à matrice sableuse marron

T° étuvage (°C) : 105

**IDENTIFICATION** - Laboratoire: Sallèles d'Aude

Norme

Essai réalisé par :

Teneur en eau par étuvage

NF P 94-050

Opérateur Jérôme GUILLEMIN

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056

Opérateur Jérôme GUILLEMIN

Analyse granulométrique par sédimentation

NF P 94-057

-

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

Opérateur Noémie BLANC

Limites d'Atterberg

NF P 94-051

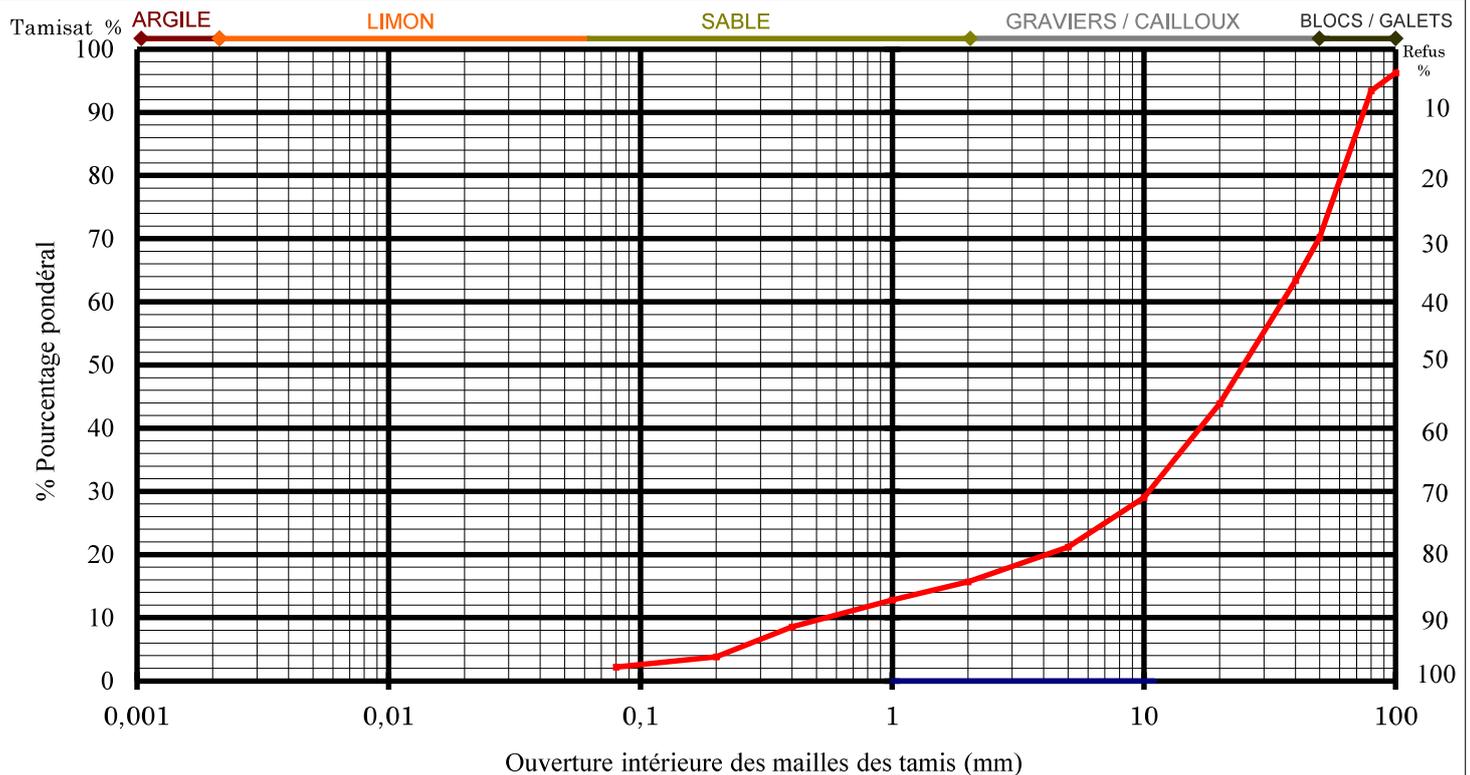
-

OBSERVATIONS:

## RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE W<sub>n</sub> (0/20) % 4,8

W<sub>n</sub> (0/D) % 2,1



Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	96	93	70	63	44	29	21	16	13	9	4	2,2

### GRANULOMETRIE

D10 (mm):	0,55	D max (mm)*:	95
D30 (mm):	11	Passant à 0,08 mm:	2,2
D50 (mm):	25	Passant 0,08 mm (fraction 0/50):	3,1
D60 (mm):	35	Passant à 2µm:	-
Coefficient courbure (Cc):	6,3	* déterminé avec le D <sub>95</sub> (NF P 11-300) de l'échantillon	
Coefficient uniformité (Cu):	63,6		

### ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS)	0,05
Limite de liquidité (W <sub>l</sub> %)	-
Indice de plasticité (I <sub>p</sub> )	-

Classement GTR (NF P 11-300):

**D3**

# ANNEXE 5

## *MISSIONS GÉOTECHNIQUES*



**CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPE D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE****(extraite de la norme NF P 94-500 - novembre 2013)**

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

**ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)**

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats,
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

**ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)**

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-Projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats,
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats,
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.



### ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

#### → ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT.

Elle comprend deux phases interactives :

##### Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Elaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

##### Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Etablir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

#### → SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

##### Phase Supervision de l'étude d'exécution :

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

##### Phase Supervision du suivi d'exécution :

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis par le DIUO.

#### DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).



## SCHÉMA D'ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES (extrait de la norme NFP 94-500 - Novembre 2013)

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisses, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-Projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Etude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage	Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux		
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

# HYDROGÉOTECHNIQUE

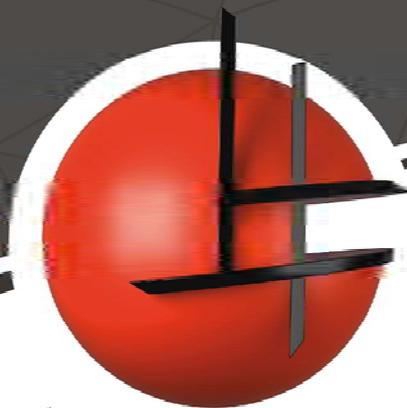


# **Annexe 13b**

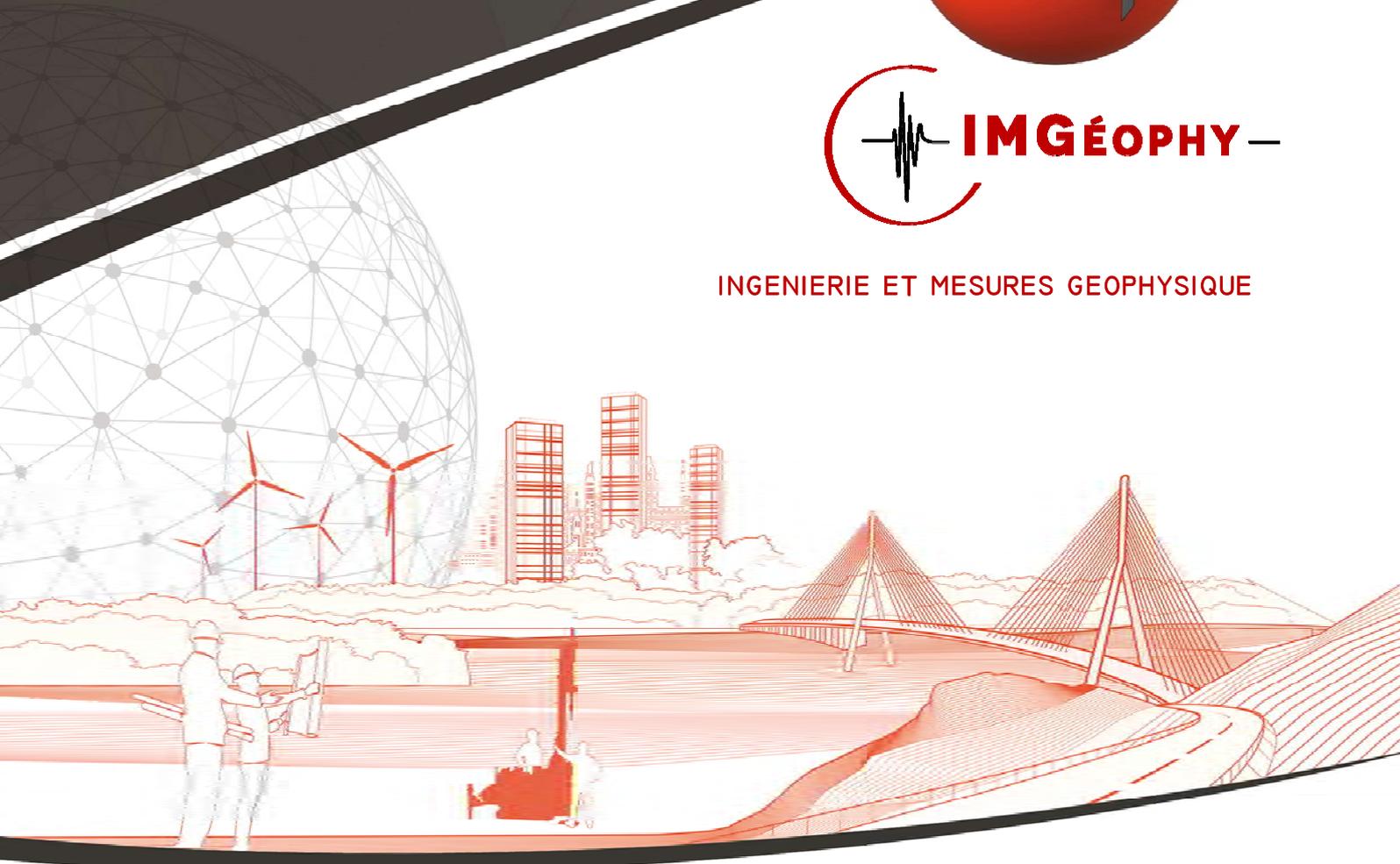


# HYDROGÉOTECHNIQUE

Spécialistes en études de sol,  
chaussée et environnement.



INGENIERIE ET MESURES GEOPHYSIQUE



## RAPPORT D'ÉTUDE GÉOPHYSIQUE

PROJET D'EXTENSION DE LA CARRIÈRE PERRIN

RECONNAISSANCES GÉOPHYSIQUES PAR LA MÉTHODE DU PANNEAU ÉLECTRIQUE ET DE LA SISMIQUE RÉFRACTION

COMMUNE D'ARANDON ET DE COURTENAY(38).

DOSSIER	INDICE	DATE	RÉDACTEUR	CONTRÔLEUR	SUPERVISEUR	OBSERVATIONS / MODIFICATIONS
C 030-2038	1	10/2020	C. DOGOR	A. DAUMESNIL		

*Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable*

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>4</b>
1.1. OBJET DES RECONNAISSANCES	4
1.2. CADRE DE LA MISSION ET DOCUMENTS UTILISÉS	4
1.3. REFERENTIEL ET NORMES	4
1.4. LIMITES DES MÉTHODES ET INTERPRÉTATIONS	5
<b>2. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL</b>	<b>5</b>
2.1. LOCALISATION	5
2.2. GÉOLOGIE	6
2.3. OBSERVATIONS, MORPHOLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE	6
<b>3. PROGRAMME ET METHODOLOGIE</b>	<b>8</b>
3.1. PROGRAMME RÉALISÉ	8
3.1.1. <i>Dates d'intervention</i>	8
3.1.2. <i>Participants</i>	8
3.1.3. <i>Moyens matériel</i>	8
3.1.4. <i>IMPLANTATION ET LEVÉ DES PROFILS</i>	9
3.2. MÉTHODOLOGIE EN PANNEAUX ÉLECTRIQUES	9
3.2.1. <i>Acquisitions en panneau Électrique</i>	9
3.2.2. <i>Principes gÉnÉraux</i>	9
3.2.3. <i>Étapes du traitement</i>	10
3.2.4. <i>Incertitudes et limites des interprÉtations</i>	10
3.3. ACQUISITION ET MÉTHODOLOGIE EN SISMIQUE RÉFRACTION	10
3.3.1. <i>Acquisition</i>	10
3.3.2. <i>Principes gÉnÉraux</i>	10
3.3.3. <i>Acquisitions</i>	11
3.3.4. <i>Étapes du traitement</i>	11
3.3.5. <i>Contrôle des fermetures</i>	12
3.3.6. <i>Incertitudes et limites gÉnÉrales des interprÉtations</i>	12
3.4. COMMENTAIRES SUR LES ACQUISITIONS	13
3.4.1. <i>Difficultés rencontrées</i>	13
3.4.2. <i>Qualité des mesures en panneaux Électriques</i>	13
3.4.3. <i>Qualité des mesures en sismique réfraction</i>	13
<b>4. RÉSULTATS DES RECONNAISSANCES</b>	<b>14</b>
VITESSES DES PRINCIPALES FORMATIONS GÉOLOGIQUES	16
CORRESPONDANCES VITESSES DES ONDES P ET RIPPABILITÉ	16
<b>ANNEXE 1</b>	<b>17</b>
PSEUDO-SECTIONS DES RÉSISTIVITÉS APPARENTES	17
<b>ANNEXE 2</b>	<b>18</b>
PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	18

Liste des figures :

Figure 1: Localisation de la zone d'étude sur la carte IGN et photographie aérienne	5
Figure 2: Extrait de la carte géologique au 50000 <sup>ème</sup>	6
Figure 3: Vue panoramique de l'évolution des formations calcaires	7
Figure 4: Photographies des matériaux et affleurements	7
Figure 5 : Tableau récapitulatif des paramètres des profils de panneau électrique	8
Figure 6 : Tableau récapitulatif des paramètres d'une base sismique	8
Figure 7 : Tableau récapitulatif des paramètres des profils de sismique réfraction	8
Figure 8 : Principe de la sismique réfraction	11
<i>Figure 9 : Position des tirs sur un dispositif de 24 géophones</i>	11
<i>Figure 10 : Pointage des ondes P sur les films sismiques</i>	12
Figure 11: Tableau des itérations et de l'erreur RMS des panneaux électriques	13

En annexe au rapport :

- 7 planches de présentation des résultats.

Au format informatique :

- Données brutes des panneaux électriques
- Films sismiques aux formats seg2 et jpeg

# 1. INTRODUCTION

## 1.1. OBJET DES RECONNAISSANCES

A la demande de la société **SETIS Groupe DEGAUD** et pour le compte des carrières **PERRIN**, la société **INGÉNIERIE ET MESURES GÉOPHYSIQUES** du **Groupe HYDROGÉOTECHNIQUE** est intervenue pour réaliser une campagne de reconnaissances par les méthodes du Panneau électrique et de la Sismique réfraction dans le cadre du projet d'extension de carrière sur la commune de Courtenay (38).

Le programme réalisé se compose de trois profils de Panneaux électriques et de trois profils de Sismique réfraction. Les reconnaissances ont pour objectifs de préciser la géométrie et la profondeur des différents horizons géologiques notamment la position du toit du substratum calcaire.

## 1.2. CADRE DE LA MISSION ET DOCUMENTS UTILISÉS

Les reconnaissances géophysiques s'inscrivent dans le cadre d'une mission d'auscultation et de diagnostic (mission **G5**), telle que définie par la Classification des Missions Géotechniques types de la norme NF P94-500 de novembre 2013.

Les documents utilisés sont les suivants :

- Extrait de la carte IGN et des photographies aériennes du site Géoportail.
- Extrait de la feuille géologique n°724 de LA TOUR DU PIN et de sa notice.
- Photographies réalisées sur site.
- Coupes et résultats des sondages géotechniques de la société HYDROGÉOTECHNIQUE.

## 1.3. REFERENTIEL ET NORMES

La société IMG est une entreprise qualifiée OPQIBI 1006 : Étude en Géophysique et membre titulaire de l'association AGAP Qualité, agissant pour la promotion de la qualité en géophysique. La société IMG est agréée pour les méthodes de Sismique et s'est engagée à respecter les Règles de l'Art et le code de bonne pratique en géophysique appliquée non pétrolière.

Les acquisitions et traitements des données sismiques suivent les recommandations regroupées dans le guide de sismique réfraction publié par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) en Mars 2005.



En l'absence de normes françaises spécifiques à la géophysique, les reconnaissances suivent également les normes internationales ASTM :

- **ASTM D6431-99** : Standard Guide for using the Direct Current Resistivity Method for Subsurface Investigation.

- **ASTM D5777** : Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation

## 1.4. LIMITES DES MÉTHODES ET INTERPRÉTATIONS

Les prestations géophysiques sont basées sur une mesure indirecte, soumise aux aléas de détection propre à chaque terrain et aux conditions de mesures sur site. La compréhension des reconnaissances et l'interprétation qui en découle sont empreintes d'une incertitude propre aux méthodes.

La ou les méthodes géophysiques utilisées ne peuvent détecter tous les objets ou particularités géologiques dans tous les cas. Elles fournissent des éléments de caractérisation du terrain naturel et de l'ouvrage selon les limites qui sont précisées dans le rapport.

La mission de niveau G5 répond à un point précis du projet, et ne peut définir les travaux à réaliser.

## 2. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

### 2.1. LOCALISATION

La zone d'étude se situe à l'Ouest de la carrière actuelle qui se situe sur la commune d'Arandon.

Les reconnaissances en revanche se répartissent essentiellement la commune limitrophe de Courtenay.

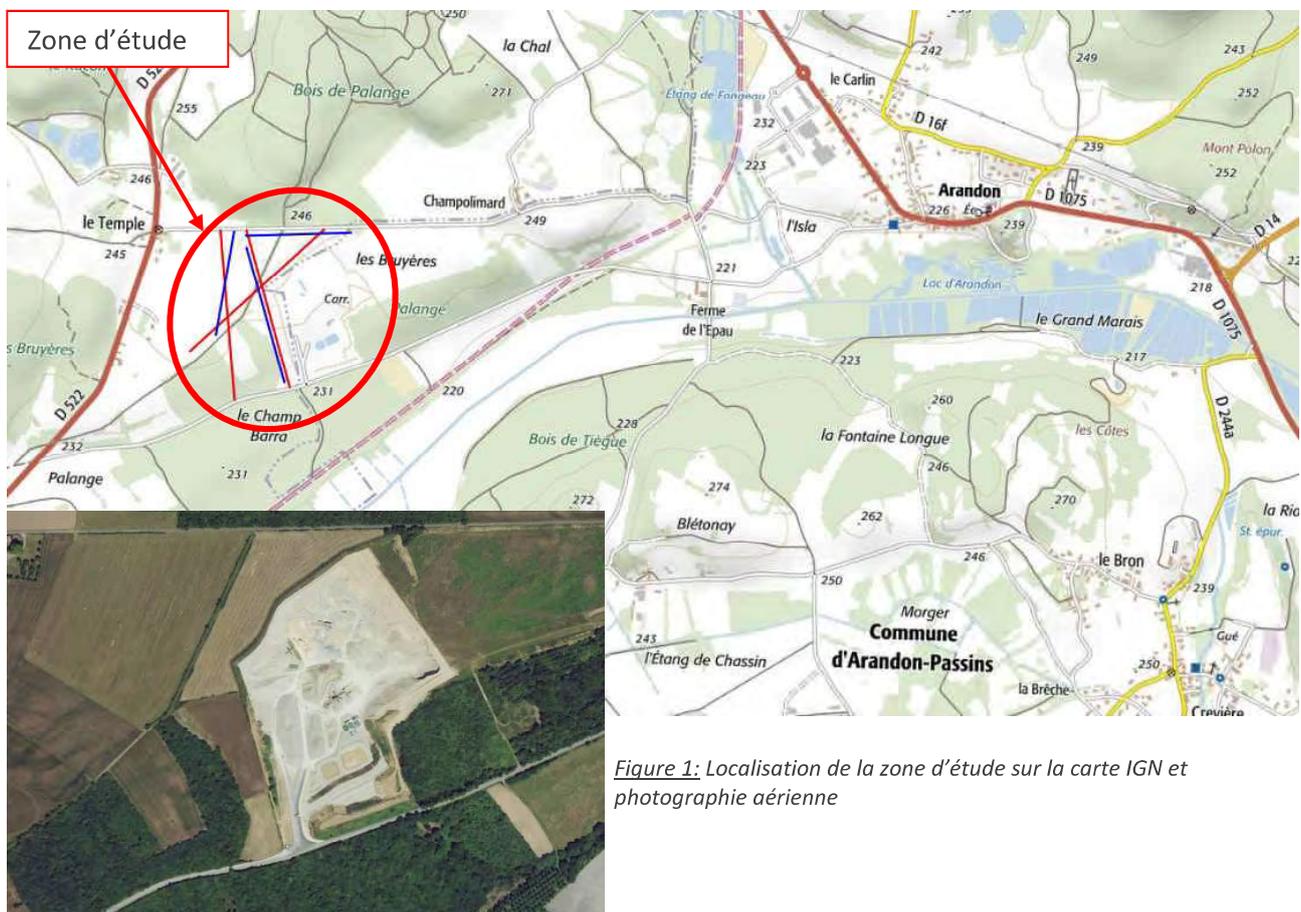


Figure 1: Localisation de la zone d'étude sur la carte IGN et photographie aérienne

## 2.2. GÉOLOGIE

À l'examen de la feuille géologique n°724 de La Tour Du Pin et de sa notice, les terrains concernés par les reconnaissances sont les suivants :

- Les terrains de couverture sont des alluvions du retrait wurmien. Il s'agit de matériaux de granulométrie étalée allant des sables aux galets pluri décimétriques, quelques blocs arrachés au substratum sont également présents. Sous les matériaux de surfaces d'une épaisseur métrique et composés de terre végétale, de limons et du produit de mélange des alluvions, celles-ci présentent une fraction fine globalement très peu abondante.
- Le substratum local se compose de calcaires du Jurassique datés soit du Kimméridgien (J7) ou de l'Oxfordien (J6). Selon la description de la feuille géologique, le calcaires Kimméridgien se présente en bancs plus ou moins bien stratifiés et épais, intercalés de nodules algaires. L'oxfordien dans la partie supérieur de la formation, se présente en bancs moins épais de « teinte claire, grise ou crème » avec un interbanc marneux bien représenté.

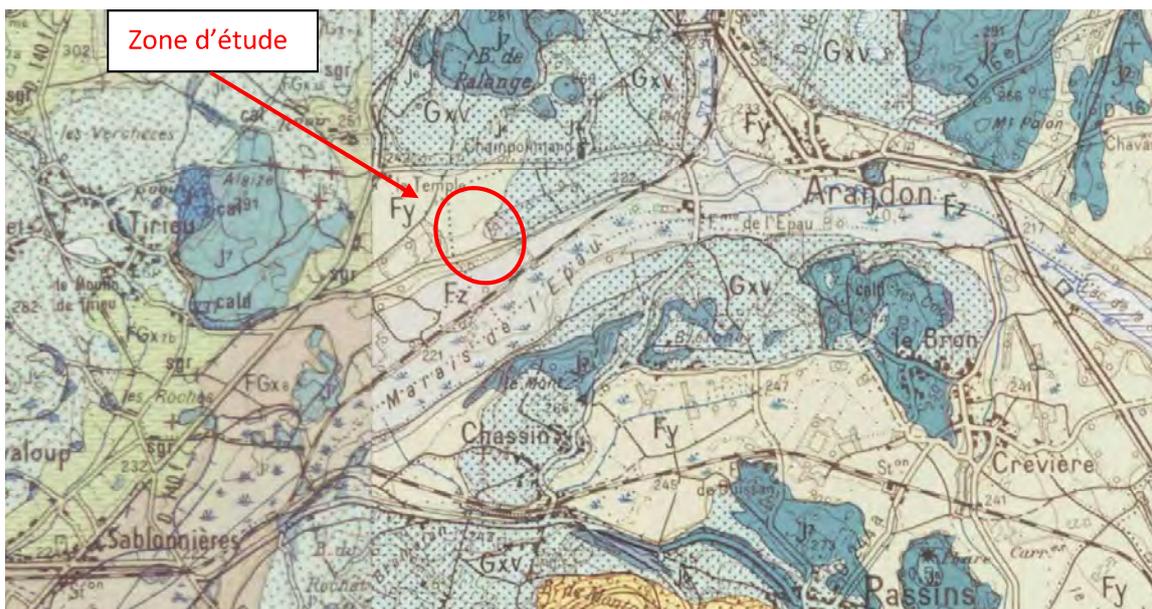


Figure 2: Extrait de la carte géologique au 50000<sup>ème</sup>

## 2.3. OBSERVATIONS, MORPHOLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE

Le front de taille de la carrière découvre les formations calcaires à l'affleurement. On y distingue des bancs assez massifs passant latéralement à des bancs nettement plus réduits et une intercalation de calcaire-marneux. Le toit du Substratum apparaît localement en blocs avec un passage terrain de couverture /substratum plus diffus où les matériaux alluvionnaire se mélange ponctuellement aux blocs calcaires.

Il semble que les deux formations Jurassiques soient présentes sur ce site avec un passage qui se réalise latéralement au bénéfice du pendage des formations. Au sud côté route, les bancs plus minces avec un interbanc de marno-calcaire à calcaire marneux correspond d'avantage à l'Oxfordien. Vers le nord du site, les grandes dalles en bancs massifs caractérisent d'avantage le Kimméridgien.

Le toit des formations présentent également des variantes nettes. On constate un passage parfois diffus et mal identifiable entre les alluvions et le substratum à priori sur le secteur Oxfordien et au contraire un passage francs vers le Nord au voisinage de la dalle calcaire.



*Figure 3: Vue panoramique de l'évolution des formations calcaires*



*Figure 4: Photographies des matériaux et affleurements*

## 3. PROGRAMME ET METHODOLOGIE

### 3.1. PROGRAMME RÉALISÉ

Le programme se compose de trois profils en Panneaux électriques et de trois profils de Sismique réfraction.

Les profils de Panneaux électriques ont été acquis selon un protocole Schlumberger et possèdent les caractéristiques suivantes :

Profils	Nb électrodes	Maille (m)	Longueur (m)
PE01	124	5	615
PE02	116	5	575
PE03	112	5	555

Figure 5 : Tableau récapitulatif des paramètres des profils de panneau électrique

Les profils sismiques ont été réalisés par base de 115 mètres en respectant la maille de 5 mètres entre chaque base. Chaque base possède les caractéristiques suivantes :

BASE	Nb Géophones	Maille (m)	Longueur (m)	Tirs
SR	24	5	115	7

Figure 6 : Tableau récapitulatif des paramètres d'une base sismique

Les linéaires obtenus respectent les conditions suivantes :

Profils	Nombre de bases	Nb Géophones	Maille (m)	Longueur (m)
SR1	3	72	5	355
SR2	3	72	5	355
SR3	4	96	5	475

Figure 7 : Tableau récapitulatif des paramètres des profils de sismique réfraction

#### 3.1.1. DATES D'INTERVENTION

La campagne de reconnaissance s'est déroulée en trois interventions :

- Du 23 au 24 Juin 2020 pour l'acquisition des profils de sismique réfraction
- Du 30 Juin au 01 Juillet pour l'acquisition des profils électriques

#### 3.1.2. PARTICIPANTS

Étaient présents lors des reconnaissances :

- **Cyrille DOGOR**, ingénieur en géophysique
- **Clotilde LANOIS**, technicienne en géophysique

#### 3.1.3. MOYENS MATÉRIEL

### MOYENS MATÉRIELS EN PANNEAU ÉLECTRIQUE

- 1 Système d'imagerie électrique LUND SAS4000 de marque ABEM
- Câbles espacement entre électrodes de 5 m.
- Électrodes INOX et connectiques.
- Logiciel S4kWin, utilisé pour la réalisation des protocoles de mesures et pour le pilotage de l'acquisition,
- Logiciel de traitement d'imagerie électrique Res2Dinv Version 3.58

### MOYENS MATÉRIELS EN SISMIQUE RÉFRACTION

- 1 sismographe DAQLINK3 (24 traces) de marque SEISMIC SOURCE
- Flutes sismiques, espacement entre capteurs de 5m
- 24 géophones, fréquence 10Hz
- Système de déclenchement filaire

### MOYENS MATÉRIELS EN ALTIMÉTRIE

- 2 récepteurs GNSS de marque EMLID, levé en base - mobile avec une précision centimétrique.

### MOYENS EN LOGICIEL

- Logiciel S4kWin, utilisé pour la réalisation des protocoles de mesures et pour le pilotage de l'acquisition des profils électriques.
- Logiciel de traitement d'imagerie électrique Res2Dinv Version 3.58
- Suite SeisImager (PickWin et Plotrefra) pour le traitement des profils sismiques
- Suite RTKlib pour le post-traitement des données GPS
- AUTOCAD 2013 pour la présentation des résultats

#### 3.1.4. IMPLANTATION ET LEVÉ DES PROFILS

L'emplacement des reconnaissances a été reporté sur photo aérienne. Le système de coordonnées du plan est RGF93/CC49. L'ensemble des reconnaissances a été levé à l'aide d'un système base mobile qui après post-traitement permet une précision centimétrique.

## 3.2. MÉTHODOLOGIE EN PANNEAUX ÉLECTRIQUES

### 3.2.1. ACQUISITIONS EN PANNEAU ÉLECTRIQUE

Les paramètres d'acquisition sont les suivants :

- Protocole SCHLUMBERGER
- Filtre de 50 Hz
- De 2 à 4 stacks par mesure avec une dérive inférieure à 1%
- Injections comprises entre 20 mA et 200 Ma

### 3.2.2. PRINCIPES GÉNÉRAUX

Les reconnaissances par Panneaux Électriques, permettent de définir la nature des matériaux par des correspondances résistivités / granulométries et teneur en eau des matériaux. Ils permettent

de détecter sous certaine condition toute anomalie électrique du terrain naturel, générée par un évènement particulier.

On augmente la profondeur d'investigation en augmentant la distance entre les électrodes. On représente ainsi des résistivités apparentes sous formes de pseudo sections qui reflètent qualitativement la variation spatiale de la résistivité apparente.

### 3.2.3. ÉTAPES DU TRAITEMENT

- Export du fichier de données au format .DAT pour traitement sous le logiciel Res2dInv.
- Importation des points de topographie issue du profil Autocad
- Visualisation des données brutes et retrait des points présentant une trop forte variabilité
- Paramétrage de l'inversion :
  - Taille des cellules du modèle fixée au demi-espacement inter-électrodes, soit de 2.5 mètres.
  - Inversion standard (résolution de l'équation des moindres carrés par la méthode de standard de Gauss-Newton).
  - Résistivités interprétées calculées par la méthode des éléments finis.
  - 10 itérations avec une limite de convergence à 1%.
  - Optimisation du Damping Factor en fonction du niveau de variabilité des mesures.
- Import de l'image au format RASTER sous Autocad.

### 3.2.4. INCERTITUDES ET LIMITES DES INTERPRÉTATIONS

L'effet d'une structure diminue avec la profondeur à laquelle elle est située et la précision avec laquelle on peut déterminer ses dimensions des mesures diminue également. On estime que lorsqu'il s'agit d'évaluer la profondeur d'un substratum, la précision est de l'ordre de 10%.

## 3.3. ACQUISITION ET MÉTHODOLOGIE EN SISMIQUE RÉFRACTION

### 3.3.1. ACQUISITION

Les capteurs utilisés sont des géophones de fréquence de 10Hz. Les tirs ont été réalisés à la masse.

Paramètres d'acquisition :

- Temps d'échantillonnage : 0.125 ms
- Durée d'enregistrement : 500 ms
- Pré trigger de 10 ms
- Nombre de Stack : de 5 à 20
- 7 tirs au total (2 offsets, 2 tirs bouts et 3 tirs intermédiaires).

### 3.3.2. PRINCIPES GÉNÉRAUX

Les vitesses de propagation des ondes de compression permettent d'apprécier la compacité et la rippabilité des terrains. Elles caractérisent la nature et l'épaisseur des terrains rencontrés (terrains de couverture, frange d'altération du substratum et position du substratum sain). La vitesse est un paramètre qui caractérise les propriétés élastiques des terrains, plus ils sont compacts et consolidés plus la vitesse est élevée.

Le principe est l'étude des ondes de compression P et leurs réfractées par les interfaces des terrains en profondeur. Les temps de propagations des ondes sismiques depuis la source jusqu'à une série de capteurs (géophones) permettent de calculer les vitesses des différentes formations en présence ainsi que leurs épaisseurs.

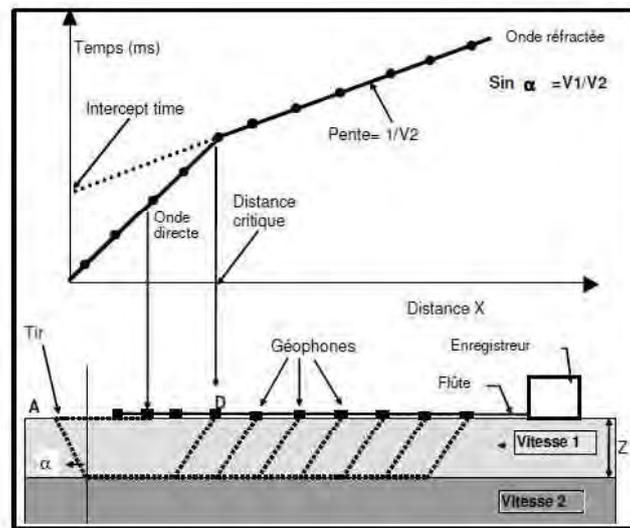


Figure 8 : Principe de la sismique réfraction

### 3.3.3. ACQUISITIONS

Profil 24 géophones, espacement de 5m, 7 tirs par dispositif

- 2 tirs offset ; direct et inverse (O et P).
- 2 tirs en bout de profil ; direct et inverse (A et B).
- 3 tirs intermédiaires (CDE).

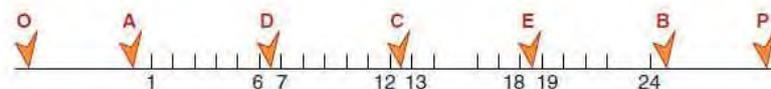


Figure 9 : Position des tirs sur un dispositif de 24 géophones

### 3.3.4. ÉTAPES DU TRAITEMENT

1. Ajustement de la position des tirs et introduction de la géométrie du dispositif
2. Pointage des dromochroniques  
 Le pointage est effectué avec PickWin de Seislmager.

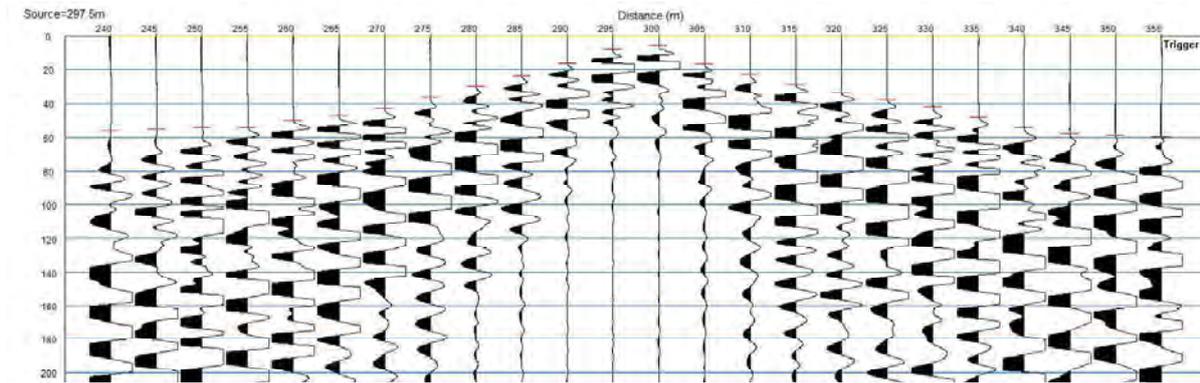


Figure 10 : Pointage des ondes P sur les films sismiques

3. Vérification des temps réciproques, éventuelles corrections,

Les dromochroniques sont corrigées (correction des  $t_0$ ) sur la base du principe d'égalité des temps réciproques et du parallélisme des dromochroniques issus de la propagation de l'onde au toit du substratum sain.

4. Calcul de la vitesse de l'onde au toit du substratum rocheux sur la base des tirs offsets.

Elle est calculée à partir des tirs offset directs et inverses et permet de déterminer la vitesse de fond du substratum sismique. La construction de cette droite permet d'identifier les anomalies du substratum sismique et de sa vitesse qui apparaissent lorsque le report s'éloigne de la droite (vitesse moyenne).

5. Élaboration du modèle vitesses / profondeur par la méthode du Plus-Minus

- Calculs vitesses et profondeurs au droit des tirs par les Intercepts et délais
- Calcul, export et analyse de la fonction minus
- Analyse comparative du plus et du minus et interprétation des résultats.
- Export du modèle de vitesses vers Surfer, réalisation de l'aplat couleur des calculs du plus-minus.
- Export des vers Autocad

6. Calcul par inversion

À des fins de contrôle et vérification de la cohérence générale, un calcul par inversion est également réalisé. Ce complément vise à s'assurer de la bonne attribution en termes de vitesses des horizons pour la conversion des délais sismique en profondeur.

### 3.3.5. CONTRÔLE DES FERMETURES

Un des critères de qualité est le contrôle des temps de propagation entre le trajet allé et le trajet retour. Le contrôle a été réalisé sur l'ensemble des fermetures possibles par base. L'ensemble des temps contrôlés présentent généralement un écart inférieur ou égal à 1 ms.

### 3.3.6. INCERTITUDES ET LIMITES GÉNÉRALES DES INTERPRÉTATIONS

Incertitudes liées au pointage :

Si le ratio signal / bruit est défavorable, il est possible de ne pas pointer parfaitement la 1ere réfractée. Cette incertitude occasionne une profondeur plus ou moins exagérée du substratum.

Incertitudes liées au dépouillement :

La méthode de prospection par sismique réfraction s'appuie sur un principe où les couches sont relativement tabulaires. L'incertitude sur la caractérisation en termes de vitesse et sur le calcul de la profondeur du substratum augmente à mesure que l'on s'éloigne de ce modèle. Par expérience, la précision des calculs de profondeur par sismique réfraction est d'environ 10%, si la qualité des enregistrements est satisfaisante.

La méthode de sismique réfraction impose :

- Que la vitesse des terrains augmente de la surface vers la profondeur,
- Dans le cas de brusque remontée du substratum rocheux, l'onde peut arriver par les flancs plutôt que par le fond si la profondeur est plus importante que la plus courte distance à un flanc. Dans ce cas, la profondeur sera obtenue par défaut.

## 3.4. COMMENTAIRES SUR LES ACQUISITIONS

### 3.4.1. DIFFICULTÉS RENCONTRÉES

Pas de difficultés techniques lors des mesures.

On retiendra que l'un des profils est raccourci par rapport à l'offre initial, un des propriétaires nous ayant interdit l'accès à sa parcelle.

### 3.4.2. QUALITÉ DES MESURES EN PANNEAUX ÉLECTRIQUES

Les résultats des inversions montrent des erreurs RMS faibles ce qui donne une bonne fiabilité aux modèles de résistivité proposés.

Profil électrique	N itérations	RMS (%)
PE01	7	0,97
PE02	7	1,2
PE03	7	1,6

Figure 11: Tableau des itérations et de l'erreur RMS des panneaux électriques

### 3.4.3. QUALITÉ DES MESURES EN SISMIQUE RÉFRACTION

En sismique réfraction le rapport signal sur bruit des traces est bon permettant un pointé sans ambiguïté. Les films sismiques sont de fait de bonnes qualités.

Le nombre de tirs a permis de réaliser une inversion tomographique pour aboutir aux modèles de vitesses proposé et qui montre une erreur RMS limitée (< 2.0 ms).