

HYDROGÉOTECHNIQUE

Spécialistes en études de sol,
chaussée et environnement.

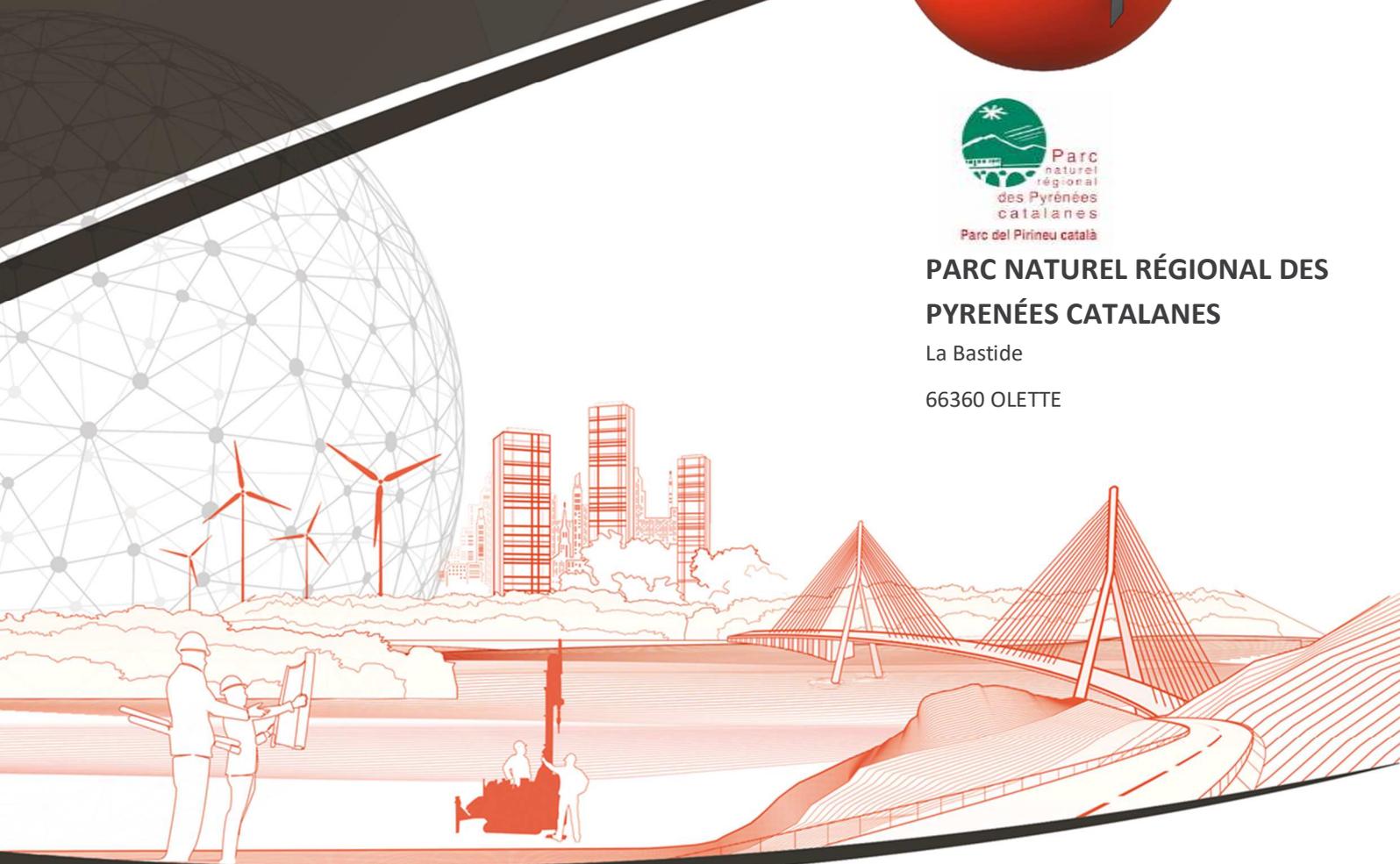


Parc del Pirineu català

**PARC NATUREL RÉGIONAL DES
PYRÉNÉES CATALANES**

La Bastide

66360 OLETTE



RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

RÉALISATION D'UN CUVELAGE EXPÉRIMENTAL AU DROIT DES CANAUX
D'IRRIGATION DE DORRES ET D'ANSANÈRES

Études géotechniques (G5)

PYRÉNÉES-ORIENTALES (66)

DOSSIER N°	INDICE	DATE	RÉDACTEUR	CONTRÔLEUR	SUPERVISEUR	OBSERVATIONS / MODIFICATIONS
C.21.41.313	A	23/01/2023	Fabien MOREL	Georges DE CARVALHO	/	Diffusion initiale
C.21.41.313	B	22/06/2023	Fabien MOREL	Georges DE CARVALHO	/	Caractéristique des atériaux d'apport en fond de canal

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	3
1.1. MISSIONS	3
1.2. RÉFÉRENTIELS	4
1.3. DOCUMENTS FOURNIS	4
1.4. DESCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION	5
1.5. DURÉE DE VALIDITÉ DES ÉTUDES	5
2. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE - MISSION G1 ES.....	6
2.1. SITE DE DORRES	6
2.2. SITE D'ANSANÈRES	8
3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE.....	10
3.1. PROGRAMME SPÉCIFIQUE	10
3.2. IMPLANTATION DES PRÉLÈVEMENTS	11
3.3. ORGANISATION DES ANNEXES	11
4. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION.....	12
4.1. MATÉRIAUX DU FOND DE CANAL DE DORRES	12
4.2. MATÉRIAUX DU FOND DE CANAL d'ANSANÈRES	13
4.3. BOUES DU LAC D'OSSÉJA	14
5. ALÉAS GÉOTECHNIQUES.....	15
5.1. LA GÉOLOGIE	15
5.2. LA NATURE DES MATÉRIAUX	15
5.3. L'HYDROGÉOLOGIE	15
5.4. L'ENVIRONNEMENT	15
6. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE REALISATION DES OUVRAGES.....	16
6.1. GÉNÉRALITÉS	16
6.2. RAPPEL DES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	16
6.3. BOUES DU LAC D'OSSEJA	16
6.4. CANAL DE DORRES	16
6.5. CANAL D'ANSANÈRES	17
7. SUJÉTIONS D'EXÉCUTION.....	21
ANNEXES.....	23
ANNEXE 1 SYNTHÈSE DES ESSAIS EN LABORATOIRE	
ANNEXE 2 ESSAIS RÉALISÉS SUR DORRES	
ANNEXE 3 ESSAIS RÉALISÉS SUR ANSANÈRES	
ANNEXE 4 ESSAIS RÉALISÉS SUR OSSÉJA	
ANNEXE 5 MISSIONS GÉOTECHNIQUES	

1. INTRODUCTION

1.1. MISSIONS

À la demande et pour le compte du **PARC NATUREL DES PYRÉNÉES CATALANES**, l'agence **Languedoc-Roussillon du Bureau d'Etudes HYDROGÉOTECHNIQUE SUD-OUEST** a procédé à l'exécution des essais et études géotechniques préalables à la réalisation d'un cuvelage expérimental au droit des canaux d'irrigation de DORRES et d'ANSANERES dans les départements des Pyrénées Orientales (66).

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la norme 94.500 des missions type d'ingénierie géotechnique de l'AFNOR-USG (Novembre 2013), qui suivent les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet, à savoir :

- ÉTAPE 1 : étude géotechnique préalable (G1)
 - ES : Phase Étude de Site,
 - PGC : Phase Principes Généraux de Construction,
- ÉTAPE 2 : étude géotechnique de conception (G2)
 - AVP : Phase Avant-Projet,
 - PRO : Phase Projet,
 - DCE / ACT : Phase Dossier de Consultation des Entreprises et Assistance aux Contrats de Travaux
- ÉTAPE 3 : études géotechniques de réalisation
 - Étude et suivi géotechnique d'exécution (G3)
 - Phase étude,
 - Phase suivi.
 - Supervision géotechnique d'exécution (G4)
 - Phase étude,
 - Phase suivi.
- Étude d'éléments spécifiques géotechniques
 - Diagnostic géotechnique (G5).

L'étude géotechnique correspond à la réalisation d'une mission G5 de l'Union Syndicale Géotechnique. Vous trouverez en annexe la classification, le contenu et le schéma d'enchaînement de ces missions.

Les hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport s'entendent sous réserve de la stricte application de cette norme et plus généralement de l'ensemble des normes et règlements en vigueur.

Ce rapport a été rédigé par **Fabien MOREL**, chef de projets et vérifié par **Georges DE CARVALHO**, Directeur Régional Sud-Ouest.

Les objectifs de cette étude sont de préciser :

- Les conditions de réemploi des différents matériaux ;
- Les objectifs de compactage ;
- Le cas échéant la faisabilité d'un mélange avec les sédiments du lac d'Osséja.

Notre mission de type G5 s'arrête à la remise de ce rapport. Elle devra être suivie des missions de type G2 (AVP+PRO) et DCE/ACT, puis par une mission G4. Ponctuellement, une mission G5 à définir par la Maîtrise d'Œuvre du projet, pourra être réalisée. La mission G3 est à la charge de l'entreprise adjudicataire des travaux.

Limites de cette étude :

Le caractère de cette étude est strictement de type géotechnique. Les aspects liés à la recherche de pollution éventuelle ou à la caractérisation des ouvrages enterrés et des incidences des vestiges et fouilles archéologiques sont exclus. Notre mission n'intègre pas l'étude des dispositifs d'assainissement ni l'étude de la possibilité d'infiltration des eaux pluviales.

La présence notamment de risque d'amiante anthropique dans les remblais n'a pas été étudiée.

La présente étude peut présenter des contradictions avec les résultats de missions complémentaires (recherche de pollution notamment). Il appartiendra au Maître d'Œuvre de mettre en cohérence ces éléments, si nécessaire, à la réception des études.

1.2. RÉFÉRENTIELS

La campagne de sondages, ainsi que notre étude suivent les normes et documents français et plus particulièrement :

- Eurocodes 1 – NF EN 1991-1 (mars 2003),
- Eurocodes 7 – NF EN 1997-1 (juin 2005) et NF EN 1997-2 (septembre 2007),
- Eurocodes 8 – NF EN 1998-5 (septembre 2005),
- Norme NF P 98-331 – chaussées et dépendances – Tranchées, ouverture, remblayage, réfection (février 2005),
- Guide Technique SETRA : Étude et réalisations de tranchées (novembre 2001),
- Guide technique pour les remblais et les couches de forme (septembre 1992),
- Normes relatives aux essais in situ et essais en laboratoire.

1.3. DOCUMENTS FOURNIS

Pour mener à bien notre mission, les documents suivants nous ont été fournis par le Maître d'Œuvre :

-  complément_1 Rapport Aurea 2016.pdf
-  Rapport analyses physico boues d'Osseja.pdf
-  Rapport perméabilité T21-66021-V0_Ur.pdf

1.4. DESCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION

Les parois et les fonds des canaux d'irrigation de Dorres et Ansanères sont actuellement constitués de matériaux en place (les ouvrages ayant été réalisés la plupart du temps en déblais au travers de la topographie existante).

À ce stade, le projet de cuvelage expérimental des canaux de Dorres et Ansanères doit permettre de réaliser des économies d'eau par rapport à l'actuel et de conserver un débit résiduel pour la végétation en rive.

Le principe envisagé serait le curage des canaux, puis la remise en place de ces matériaux extraits, mélangés éventuellement à des matériaux d'apport du lac d'Osséja.

Le mode de mise en œuvre devra viser à assurer la pérennité des travaux et diminuer la perméabilité de référence. Ces niveaux de références permettront la détermination des perméabilités d'objectif après travaux et d'estimer ainsi les volumes économisés.

D'après les informations fournies par le Maître d'Ouvrage, le projet étudié est classé en catégorie géotechnique 1 :

Classe de conséquence	Conditions de site	Catégorie géotechnique*	Base des justifications
CC1	Simple et connues	1	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative admises
CC1	Complexes	2	Reconnaissance géotechnique et calculs nécessaires
CC2	Simple		
CC2	Complexes	3	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis
CC3	Simple ou complexes		

* Cette classification est à confirmer par le Maître d'Ouvrage.

1.5. DURÉE DE VALIDITÉ DES ÉTUDES

Tout changement d'implantation ou d'importance du projet par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport doit nous être communiqué et recevoir notre accord par écrit et faire l'objet d'une mission spécifique complémentaire. Ces changements peuvent modifier les conclusions de notre étude.

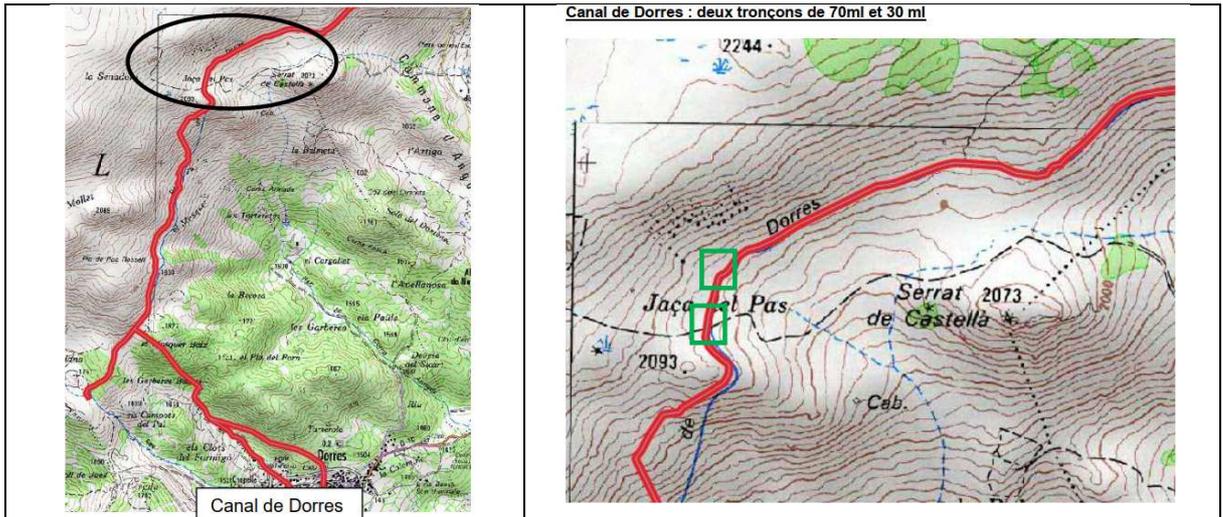
Cette étude a été réalisée en date du mois de février 2023. Nous attirons l'attention sur le fait qu'un certain nombre de paramètres peuvent évoluer dans la durée (environnement notamment). Au-delà d'un délai de 1 an, nous recommandons fortement une actualisation de nos conclusions.

2. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE - MISSION G1 ES

2.1. SITE DE DORRES

2.1.1. CONTEXTE SITOLOGIQUE

Le canal se trouve au Nord de la commune de DORRES (66) à flanc de montagne, autour de 2000m d'altitude, et est localisé sur les extraits de cartes ci-après :



Les photos ci-après illustrent le canal en terre sur la section étudiée :

Tronçon n°1 : 70 ml



Tronçon n°2 : 30 ml (en amont du tronçon acier)

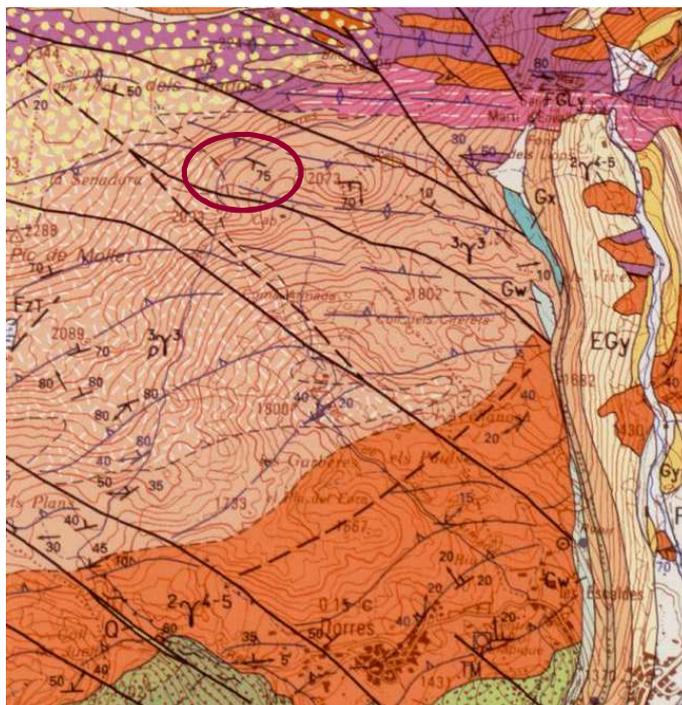


La géométrie de cette section est la suivante :

Longueur tronçon	<= 100 m
Largeur moyenne	≈ 1 m
Hauteur de berge	≈ 0,4 m
Tirant d'eau	≈ 0,10 > 0,20
Volume à curer	?

2.1.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Nous avons exploité la carte géologique (éditions du BRGM) au 1/50 000^{ème} de MONT-LOUIS, dont un extrait est présenté ci-après :



Il en ressort que le site s'insère dans la formation du Paléozoïque - Cycle hercynien, constituée de roches magmatiques des plutons de Mont-Louis et de Quérigut correspondant plus précisément à un monzogranite à biotite localement à phénocristaux de feldspath potassique peu abondants, notée $3\gamma^3$ sur cette carte.

On gardera à l'esprit la présence non mentionnée sur ce document :

- Des remblais liés à l'aménagement du canal ;
- Des formations d'altération de ces granites, ressortant en sables +/- grossiers à cailloux et blocs.

2.1.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

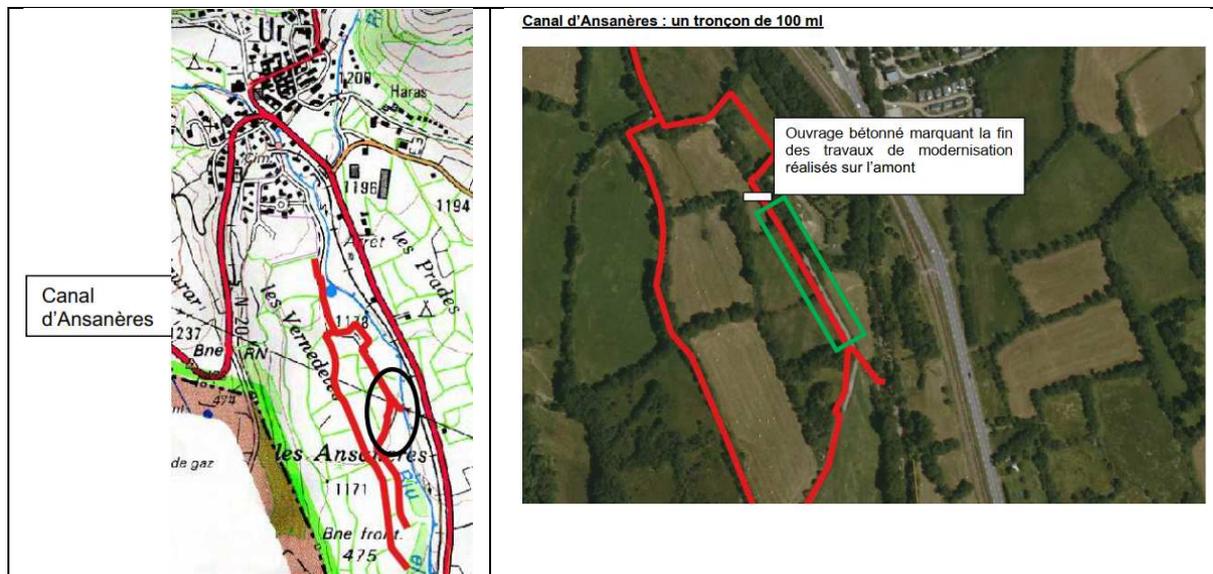
Dans ce contexte, plusieurs types de circulations d'eau sont possibles :

- En lien avec la mise en eau du canal, par capillarité ;
- Dans les formations de surface, à la faveur de l'infiltration des eaux météoriques ;
- Dans le substratum rocheux, en relation avec la fracturation.

2.2. SITE D'ANSANÈRES

2.2.1. CONTEXTE SITOLOGIQUE

Le canal étudié se trouve au Sud de la commune de UR (66), au lieu-dit « Ansanères » sur un replat topographique, et est localisé sur les extraits de cartes ci-après :



Les photos ci-après illustrent le canal en terre sur la section étudiée :

Photos du tronçon concerné :

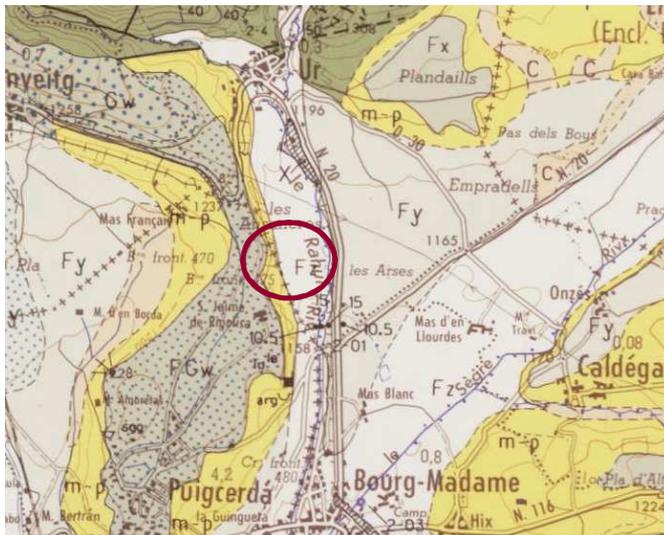


La géométrie de cette section est la suivante :

Longueur tronçon	≤ 100 m
Largeur (prise d'eau)	0,42 m
Largeur moyenne	0,80 m
Hauteur de berge	0,4 m
Tirant d'eau	0,25 > 0,40
Volume à curer	?

2.2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Nous avons exploité la carte géologique (éditions du BRGM) au 1/50 000^{ème} de SAILLAGOUSE, dont un extrait est présenté ci-après :



Il en ressort que le site s'insère dans la succession lithologique probable suivante :

- En surface les alluvions récentes ou actuelles, notées Fz ;
- Recouvrant le substratum du Miocène et Pliocène non différenciés. Argiles et passées détritiques grossières.

On gardera à l'esprit la présence non mentionnée sur ce document des remblais liés à l'aménagement du canal et de ses ouvrages annexes.

2.2.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Dans ce contexte, plusieurs types de circulations d'eau sont possibles :

- En lien avec la mise en eau du canal, par capillarité ;
- Dans les formations de surface, à la faveur de l'infiltration des eaux météoriques ;
- Dans le substratum, en relation avec l'altération et la fracturation.

3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE

3.1. PROGRAMME SPÉCIFIQUE

Les prélèvements d'échantillons ont été réalisés par les agents du Parc Naturel Régional suivant les consignes transmises par notre société, avec :

- Matériaux du fond du canal de Dorres : 5 sacs de 10 kg, matériaux écrêtés à 20mm ;
- Matériaux du fond du canal d'Ansanères : 4 sacs de 10 kg, matériaux écrêtés à 20mm ;
- Boues du lac d'Osséja : 6 sacs de 10 kg, matériaux écrêtés à 20mm.

Afin de répondre aux problèmes posés, nous avons ensuite réalisé les essais en laboratoire suivants :

- **Matériaux du fond du canal de Dorres :**
 - 1 mesure de la teneur en eau naturelle sur les fractions 0/20 mm (NF P 94-050) ;
 - 1 essai au bleu de méthylène (NF P 94-068) ;
 - 1 analyse granulométrique (NF P 94-056) ;
 - 1 essai PROCTOR Normal (NF P 94-093-1) avec mesure de l'Indice Portant Immédiat en 5 points (NF P 94-078) ;
 - 1 mesure de perméabilité sur un échantillon recompacté à 98% de l'OPN.
- **Matériaux du fond du canal de Dorres :**
 - 1 mesure de la teneur en eau naturelle sur les fractions 0/20 mm (NF P 94-050) ;
 - 1 essai au bleu de méthylène (NF P 94-068) ;
 - 1 analyse granulométrique (NF P 94-056) ;
 - 1 essai PROCTOR Normal (NF P 94-093-1) avec mesure de l'Indice Portant Immédiat en 5 points (NF P 94-078) ;
 - 1 mesure de perméabilité sur un échantillon recompacté à 98% de l'OPN.
- **Boues du lac d'Osséja :**
 - 1 mesure de la teneur en eau naturelle sur les fractions 0/20 mm (NF P 94-050) ;
 - 1 mesure de la teneur en matière organique par calcination (NF XP P 94-047) ;
 - 1 essai au bleu de méthylène (NF P 94-068) ;
 - 1 analyse granulométrique (NF P 94-056) ;
 - 1 essai PROCTOR Normal (NF P 94-093-1) avec mesure de l'Indice Portant Immédiat en 5 points (NF P 94-078) ;
 - 1 mesure de perméabilité sur un échantillon recompacté à 98% de l'OPN.

Il était également prévu la réalisation d'essais complémentaires sur des mélanges provenant des différents sites. Cependant, compte-tenu des premiers résultats, il a été décidé de ne pas le réaliser, en concertation avec le Moa et le Moe.

3.2. IMPLANTATION DES PRÉLÈVEMENTS

Les prélèvements ont été réalisés par les agents du Parc Naturel Régional. Il conviendra de reporter leurs positions sur une vue en plan ou un extrait de carte topographique.

3.3. ORGANISATION DES ANNEXES

Nous présentons en annexes à ce rapport :

- En annexe 1 : la synthèse des essais en laboratoire ;
- En annexe 2 : le détail des résultats des essais réalisés sur DORRES ;
- En annexe 3 : le détail des résultats des essais réalisés sur ANSANÈRES ;
- En annexe 4 : le détail des résultats des essais réalisés sur OSSÉJA ;
- En annexe 5 : le rappel de la classification des missions géotechniques.

4. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION

4.1. MATÉRIAUX DU FOND DE CANAL DE DORRES

Nature :

Sable légèrement limoneux brun à quelques cailloux, cailloutis de granite émoussés.

Tableau de synthèse des essais en laboratoire :

ESSAIS D'IDENTIFICATION		Classification	Teneur en eau	Teneur en eau	Matière organique	Valeur au bleu	Granulométrie par tamisage						Compactage ESSAI PROCTOR et POINCONNEMENT						
		11-300	94-050	94-050	94-047	94-068	94-056						94-078	94-093					
Sondages	Nature	GTR	W% (0/D)	W% (0/20)	MO	VBS	% de passant						Naturel			OPN			
							D _{max} (mm)	50 mm	20 mm	5 mm	2 mm	400 μm	80 μm	W _n % (0/20)	IPI	ρ _d W _n / m ³ (0/20)	W% OPN (0/20)	IPI	ρ _d OPN / m ³ (0/20)
Dorres	Sable légèrement limoneux brun à quelques cailloux, cailloutis de granite émoussés	B3	8,1	8,2	-	0,18	15	100	100	83	70	30	9,7	6,8%	42,4	1,83	12,5%	43,0	1,90

Classification GTR :

- GTR B3 ;
- Matériaux graveleux généralement insensibles à l'eau ;
- Mais on est en limite de sols B2 ou B4 qui contiennent une fraction fine en proportion significative.

Mesures de perméabilité :

- Perméabilités in-situ mesurées lors de la campagne 2021 de CALIGEE (méthodes CERAS + PORCHET) :
 - Sur matériaux in-situ non remaniés ;
 - 3.7×10^{-6} m/s (valeur moyenne) ;
 - Perméabilité assez élevée.
- Perméabilité mesurée par nos soins en laboratoire :
 - Sur matériaux recompressés à un objectif de densification q3 (98% de l'OPN) ;
 - 1.7×10^{-4} m/s (14m / 24h) ;
 - Perméabilité élevée.
- Commentaires :
 - Augmentation de la perméabilité par rapport aux mesures in-situ (influence de la proportion des fines probablement plus faible sur nos prélèvements).

4.2. MATÉRIAUX DU FOND DE CANAL D'ANSANÈRES

Nature :

Sable limoneux noir à cailloux, cailloutis siliceux arrondis.

Tableau de synthèse des essais en laboratoire :

ESSAIS D'IDENTIFICATION		Classification	Teneur en eau	Teneur en eau	Matière organique	Valeur au bleu	Granulométrie par tamisage						Compactage ESSAI PROCTOR et POINCONNEMENT						
		11-300	94-050	94-050	94-047	94-068	94-056						94-078 94-093						
Sondages	Nature	GTR	W% (0/D)	W% (0/20)	MO	VBS	% de passant						Naturel		OPN				
							D _{max} (mm)	50 mm	20 mm	5 mm	2 mm	400 µm	80 µm	W _n % (0/20)	IPI	ρ _d W _n t/m ³ (0/20)	W% OPN (0/20)	IPI	ρ _d OPN t/m ³ (0/20)
Ansanères	Sable limoneux noir à cailloux, cailloutis siliceux arrondis	B5m	17,9	17,9	-	0,50	13	100	100	83	70	42	17,6	18,2%	10,2	1,71	16,8%	12,0	1,70

Classification GTR :

- GTR B5 dans un état hydrique m ;
- La proportion des fines et leur faible plasticité rendent ces matériaux sensibles à l'eau.

Mesures de perméabilité :

- Perméabilités in-situ mesurées lors de la campagne 2021 de CALIGEE (méthodes CERAS + PORCHET) :
 - Sur matériaux in-situ non remaniés ;
 - 4.7×10^{-6} m/s (valeur moyenne) ;
 - Perméabilité assez élevée.
- Perméabilité mesurée par nos soins en laboratoire :
 - Sur matériaux recompactés à un objectif de densification q3 (98% de l'OPN) ;
 - 4.8×10^{-8} m/s (0.0004 m / 24h) ;
 - Perméabilité très faible.
- Commentaires :
 - On constate une diminution de la perméabilité par rapport aux mesures in-situ (10^{-6} passant à 10^{-8} m/s, la perméabilité diminue lorsque l'intensité de compactage augmente pour ce type de sol).

4.3. BOUES DU LAC D'OSSÉJA

Nature :

Limon avec importante matière organique noire à nombreuses radiceles, racines, bois, débris de verre, débris de plastique, à cailloux, cailloutis arrondis, pomme de pin, noyaux de fruits.

Tableau de synthèse des essais en laboratoire :

ESSAIS D'IDENTIFICATION		Classification	Teneur en eau	Teneur en eau	Matière organique	Valeur au bleu	Granulométrie par tamisage						Compactage ESSAI PROCTOR et POINCONNEMENT						
		11-300	94-050	94-050	94-047	94-068	94-056						94-078 94-093						
Sondages	Nature	GTR	W% (0/D)	W% (0/20)	MO	VBS	% de passant						Naturel		OPN				
							D _{max} (mm)	50 mm	20 mm	5 mm	2 mm	400 μm	80 μm	W _n % (0/20)	IPI	ρ _d W _n t/m ³ (0/20)	W% OPN (0/20)	IPI	ρ _d OPN t/m ³ (0/20)
Osseja	Limon avec importante matière organique noir à nombreuses radiceles, racines, bois, verre, débris de plastique, à cailloux, cailloutis arrondis, pomme de pin, noyaux de fruits	F12(A1)	183,1	186,4	17,2	1,75	8	100	98	93	91	81	73,3	180,9%	0,0	0,44	50,0%	6,7	0,86

Classification GTR :

- GTR F12 assimilable à un matériau A1 ;
- Très long à sécher (teneur en eau initiale à 183 %) ;
- Dû à la présence d'une forte proportion de matière organique (MO de l'ordre 17%), avec donc un potentiel d'évolution dans le temps élevé (dégradation de cette MO) et donc des caractéristiques mécaniques évolutives ; Avec la présence des déchets anthropiques (verres, plastiques) ;
- Les analyses pollution réalisées en juin 2021 montrent un risque limité pour la consommation humaine, mais il existe un risque de migration des hydrocarbures dans les sols et donc dans les nappes, ce qui pourrait être problématique vis-à-vis des services de l'Etat.

5. ALÉAS GÉOTECHNIQUES

Les aléas géotechniques sont en relation entre autres, avec :

5.1. LA GÉOLOGIE

- Variations d'épaisseur des différentes couches et notamment des remblais qui peuvent localement être plus épais entre les prélèvements ;
- Variations latérales de faciès au sein des alluvions et des formations superficielles, pouvant entraîner l'apparition de lentilles de nature. Il est possible que des sols de nature localement différente de celle retrouvée dans les prélèvements apparaissent localement lors des travaux ;
- Irrégularités importantes du toit du substratum très affecté par l'altération et la fracturation, avec de probables niveaux de transition au sein desquels les terrains superficiels se mélangent aux premiers blocs en tête du substratum ;
- Altération et la fracturation rocher faisant apparaître des zones très décomprimées à différentes profondeurs en son sein. ;
- Présence de boules au sein de l'horizon altéré des granites sur le site de Dorres ;
- Hétérogénéité des faciès pouvant générer des hors profils lors des terrassements.

5.2. LA NATURE DES MATÉRIAUX

- Présence de matériaux de nature hétérogène au sein des remblais,
- Présence possible de vestiges au sein des remblais non mis en évidence lors de la réalisation des prélèvements ;
- Sensibilité à l'eau et à l'affouillement des sols pour les matériaux d'Ansanères et d'Osséja ;
- Sensibilité au remaniement mécanique à l'exécution ;
- Présence de gros éléments ;
- Présence de sols compressibles évolutifs au sein notamment des boues du lac d'Osséja ;
- Boues d'Osséja potentiellement pollués, et pouvant nécessiter une étude spécifique.

5.3. L'HYDROGÉOLOGIE

- Influence des arrivées d'eau lors de la mise en eau des canaux par capillarité ;
- Arrivées d'eau parasites en périodes pluvieuses dans les remblais, et à la formation possible de poches de stagnation ;
- Fluctuations saisonnières du niveau libre de la nappe éventuelle notamment sur Ansanères ;
- Existence possible de circulations en charge guidées par la fracturation du substratum ;
- Phénomènes probables de mise en charge localisés des circulations erratiques au sein des lentilles sablo-limoneuses plus perméables que les limons et argiles encaissants ;
- Présence de sources notamment dans le contexte de versant de Dorres.

5.4. L'ENVIRONNEMENT

- Contexte montagneux, notamment pour Dorres, soumis à des périodes de gel prolongé ;
- Présence possible de vestiges d'ouvrages enterrés ;
- Importance du ruissellement superficiel dans le contexte de flanc de versant de Dorres.

6. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE REALISATION DES OUVRAGES

6.1. GÉNÉRALITÉS

Les solutions proposées sont celles qui semblent les meilleures à ce stade en fonction des données en notre possession.

D'autres solutions pourraient cependant être proposées en fonction de critères non pris en compte dans une étude de faisabilité et qui peuvent apparaître en phase conception ou d'exécution (problèmes de délais ou de phasage, variante locale économique, modification de l'environnement, caractéristiques particulières du projet non portées à notre connaissance). Si cela était le cas, nous conseillons à la Maîtrise d'Œuvre ou à la Maîtrise d'Ouvrage de nous confier une mission pour valider les modifications apportées.

6.2. RAPPEL DES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Le projet concerne les canaux de Dorres et d'Ansanères (commune d'Ur) situés en Cerdagne. Ces deux canaux ont fait l'objet d'un diagnostic dans le cadre de l'étude ABR réalisée sur le bassin de l'Angoustrine en 2010 qui préconisait la réalisation d'économies d'eau sur ces deux ouvrages. Faisant suite à cette étude, le présent projet expérimental consiste à réaliser des travaux d'étanchéification **via un compactage du fond des canaux** permettant de réduire les pertes sur ces tronçons tout en maintenant un niveau de percolation suffisant au bon fonctionnement des écosystèmes en lien avec ces deux canaux.

Nous présentons dans les chapitres suivants les différents cas étudiés.

6.3. BOUES DU LAC D'OSSEJA

Compte-tenu des résultats des analyses pollution réalisées en 2021 sur ces matériaux, la Maitrise d'ouvrage a acté de ne pas réutiliser ces matériaux en mélange avec ceux de Dorres et Ansanères pour en modifier la perméabilité.

6.4. CANAL DE DORRES

Compte-tenu :

- De la nature des matériaux à dominante sableuse ;
- Des perméabilités mesurées in-situ assez élevées ;
- D'une perméabilité encore plus élevée en laboratoire après recompactage ;

Une solution de mélange avec des matériaux d'apport a été également envisagée pour permettre de réduire la perméabilité :

- Avec des matériaux prélevés sur Ansanères ;
- Avec des matériaux argileux d'apport issus d'un gisement local.

Cependant, cette solution n'a pas été retenue par le Maître d'ouvrage, du fait :

- Des volumes en jeu pour traiter un linéaire de 100m (au moins 50 tonnes de matériaux d'apport) ;
- Des contraintes d'accès fortes pour les engins de TP ;
- De l'impact écologique de ces travaux ;
- De l'absence de gisement d'argiles localement et plus largement sur le département ;
- De la sensibilité aux variations de teneur en eau des matériaux argileux, notamment dans un contexte montagneux, ce qui ne garantit pas la pérennité de l'ouvrage au cours du temps (apparition de fentes de dessiccation en période sèche, gonflement en période humide, etc.).

Au regard de l'ensemble de ces éléments, les travaux s'orienteraient donc plutôt sur un cuvelage classique sans restitution au milieu.

6.5. CANAL D'ANSANÈRES

6.5.1. RAPPEL

Nous retenons les points suivants concernant les matériaux prélevés en fond du canal d'Ansanères :

- Sables limoneux noirs à cailloux, cailloutis siliceux arrondis.
- GTR B5 dans un état hydrique m ;
- La proportion des fines et une faible plasticité rendent ces matériaux sensibles à l'eau ;
- Avec une perméabilité très faible avec $k = 4.8 \times 10^{-8}$ m/s (soit 0.0004 m/jour) pour un échantillon compacté à q3 ;
- Avec une diminution de la perméabilité par rapport aux mesures in-situ (10^{-6} passant à 10^{-8} m/s, la perméabilité diminue lorsque l'intensité de compactage augmente pour ce type de sol).

6.5.2. SOLUTION RETENUE

Pour faire varier la perméabilité, il a été envisagé de mélanger les matériaux du canal de Dorres avec ceux en place du canal d'Ansanères.

Cependant, cette solution a été écartée par le Maître d'ouvrage compte tenu des volumes en jeu pour traiter un linéaire de 100m (au moins 50 tonnes de matériaux d'apport) et de l'impact écologique associé à ces mouvements de terres.

La solution retenue sera finalement un foisonnement en place des matériaux constituant le fond de l'ouvrage, l'évacuation des cailloux et blocs de plus de 15cm de diamètre, puis le compactage des matériaux. S'il s'avère que le taux de réemploi des matériaux de fond de canal sera faible (géométrie de l'existant, emprise, etc.), un apport externe de même type pourra s'avérer nécessaire.

6.5.3. OBJECTIF DE PERMÉABILITÉ ET VOLUMES INJECTÉS

L'objectif à atteindre serait une perméabilité de 10^{-7} m/s, ce critère ayant été fixé pour :

- Assurer la circulation des eaux d'irrigation ;
- Tout en maintenant une diffusion de l'humidité associée par capillarité sur les rives.

Nous présentons dans le tableau ci-après les ordres de grandeurs de cette perméabilité de 10^{-7} m/s.

m/s	m/min	m/h	m/j	m/mois	m/trimestre	m/semestre	m/an
0,0000001	0,000006	0,0004	0,009	0,26	0,78	1,56	3,11
cm/s	cm/min	cm/h	cm/j	cm/mois	cm/trimestre	cm/semestre	cm/an
0,00001	0,0006	0,036	0,9	26	78	156	311

D'après les données géométriques du canal qui nous ont été communiquées, on peut approcher le volume d'eau qui s'infiltrerait théoriquement dans le sol. Ces données sont récapitulées dans le tableau ci-après :

Géométrie du canal	
Longueur	100 m
Largeur	0,8 m
Tirant d'eau	0,25 m
Surface d'infiltration	
Surface base	80 m ²
Surface Rive 1	25 m ²
Surface Rive 2	25 m ²
Volume injecté / an	
Par la base	249 m ³
Par la rive 1	78 m ³
Par la rive 2	242 m ³
Au total	568 m ³

À comparer avec le volume annuel d'eau circulant sur ce tronçon, qui est fonction de la vitesse du courant que nous ne connaissons pas à ce stade de notre étude.

Nous rappelons que ces volumes sont théoriques et sont très dépendants entre autres :

- De la perméabilité à l'échelle du canal ;
- De la géométrie effective du canal ;
- De la vitesse du courant ;
- De la durée effective de mise en eau du canal.

6.5.4. TERRASSEMENTS

Les terrassements sont ceux nécessaires au foisonnement des matériaux en fond de canal, sur une épaisseur de 20 à 30cm.

Les matériaux concernés sont meubles sablo-limoneux à cailloutis et cailloux et seront foisonnables à la pelle mécanique dont le gabarit devra être adapté aux contraintes du site.

Compte-tenu de sa géométrie, les rives du canal ne pourront pas être compactées ultérieurement. Par défaut, nous conseillons donc de les compacter sommairement au godet de la pelle mécanique.

6.5.5. MATÉRIAUX D'APPORT

Des matériaux d'apport pourront être utilisés en cas de taux de réemploi insuffisant de l'existant.

Ces matériaux seront de type :

- A1 ;
- Ou B5 ;
- Mis en œuvre dans un état hydrique m.

Des essais préalables d'identification GTR (analyse granulométrique, valeur au bleu de méthylène ou limites d'Atterberg) devront être réalisés sur le stock envisagé.

Ils seront couplés à des essais Proctor pour préciser l'état hydrique du stock, ce qui permettra de préciser la teneur en eau visée pour la mise en remblais.

Des mesures périodiques de la teneur en eau devront être réalisées au cours du chantier. Des adaptations devront être apportées en cas d'écarts par rapport à l'objectif (humidification, aération, etc.).

6.5.6. OBJECTIF DE COMPACTAGE

Dans le cadre des travaux, et compte-tenu des mesures réalisées dans le cadre de cette étude et des précédentes, nous recherchons un objectif de compactage q3 tel que définit dans le tableau ci-après :

q1	$\rho_{dm} \geq 100 \% \rho_{dOPM}$ $\rho_{dfc} \geq 98 \% \rho_{dOPM}$	Non accessible au petit matériel de compactage
q2	$\rho_{dm} \geq 97 \% \rho_{dOPN}$ $\rho_{dfc} \geq 95 \% \rho_{dOPM}$	Chaussée
q3	$\rho_{dm} \geq 98,5 \% \rho_{dOPN}$ $\rho_{dfc} \geq 96 \% \rho_{dOPN}$	Partie supérieure de remblai
q4	$\rho_{dm} \geq 95 \% \rho_{dOPN}$ $\rho_{dfc} \geq 92 \% \rho_{dOPN}$	Remblai Zone d'enrobage des tranchées de hauteur de recouvrement < 1.30m et certaines tranchées de hauteur de recouvrement $\geq 1.30m^2$.
q5	$\rho_{dm} \geq 90 \% \rho_{dOPN}$ $\rho_{dfc} \geq 87 \% \rho_{dOPN}$	Zone d'enrobage (uniquement pour les tranchées dont la hauteur de recouvrement $\geq 1.30m$ ou q4 n'est pas exigé). ³⁾

Remarque :

- ρ_{dm} = masse volumique moyenne du sol sec,
- ρ_{dfc} = masse volumique en fond de couche du sol sec,
- ρ_{dOPN} = masse volumique à l'Optimum Proctor Normal,
- ρ_{dOPM} = masse volumique à l'Optimum Proctor Modifié.

6.5.7. MATÉRIEL DE COMPACTAGE

Le tableau ci-après présente une gamme de matériels de compactage adaptés à la fois à l'objectif de densification et aux matériaux utilisés en remblais :

Objectifs de densification	Classification GTR 92 (matériaux réutilisables)	Nature du matériel de compactage utilisable
q4	A ₁ – A ₂ – B ₅ – B ₆ – C ₁ B ₆ – C ₁ B ₅ – B ₄ – B ₃ – D ₂ (graves sableuses)	<p>Compacteurs vibrants de type PVi (largeur de compactage < 1.30m)</p> <p>Plaques vibrantes PQi</p> <p>Pilonneuses vibrantes PNi et à percussion PPi</p>
q3	D ₃ – D ₂ (graves sableuses)	<p>Compacteurs vibrants de type PV2 – PV3 – PV4</p> <p>Plaques vibrantes PQ2 – PQ3 – PQ4</p> <p>Pilonneuses vibrantes PN1 – PN 2 – PN3</p> <p>Pilonneuses à percussion PP2</p>
q2	Classés Di par le GTR 92 Sol non traité Difficulté de compactage supposé DC2	<p>Compacteurs vibrants de type PV2 – PV3 – PV4</p> <p>Plaques vibrantes PQ2 – PQ3 – PQ4</p> <p>Pilonneuses vibrantes PN1 – PN 2 – PN3</p>

Au sens du Guide des Terrassement Routiers, pour un matériau B5 (avec purge préalable des cailloux et blocs dont le diamètre est supérieur à 15cm), l'objectif de compactage q4 peut être obtenu :

- Avec une plaque vibrante PQ3 :
 - Epaisseur compactée = 20 cm ;
 - Nombre de passes = 3 ;
 - Vitesse = 1 km/h
- Avec une plaque vibrante PQ4 :
 - Epaisseur compactée = 30 cm ;
 - Nombre de passes = 3 ;
 - Vitesse = 1 km/h

Ces caractéristiques sont détaillées dans le tableau ci-après, extrait du GTR :

B₅, C₁, B₃(*)

Compacteur		P1	P2	P3	V1	V2	V3	V4	V5	VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	SP1	SP2	PO3	PO4	
Modalités		Q/S	e	V	N	Q/L													
Energie de compactage faible	Code 3	0.090	0.130	0.200	0.060	0.095	0.145	0.195	0.235								0.065	0.100	
	e	0.30	0.45	0.60	0.30	0.40	0.30	0.60	0.40	0.80	0.45	0.95						0.20	0.30
	V	5.0	5.0	5.0	2.0	2.5	5.0	2.5	5.0	2.5	5.0	2.5						1.0	1.0
	N	4	4	3	5	5	3	5	3	5	2	4						3	3
	Q/L	450	650	1000	120	240	725	365	975	490	1175	590						65	100
Energie de compactage moyenne	Code 2	0.050	0.080	0.120	0.030	0.050	0.075	0.100	0.120									0.050	
	e	0.25	0.35	0.45	0.20	0.30	0.30	0.45	0.30	0.60	0.30	0.75						0.20	
	V	5.0	5.0	5.0	2.0	2.0	3.0	2.0	4.0	2.0	5.0	2.0						1.0	
	N	5	5	4	7	6	4	6	3	6	3	7						4	
	Q/L	250	400	600	60	100	225	150	400	200	600	240						50	

Q/S (m)
 e (m)
 V (km/h)
 N -
 Q/L (m³/h.m)
 0 compacteur ne convenant pas

(*) Imposé que Dmax < 2/3 de l'épaisseur de la couche compactée.

7. SUJÉTIONS D'EXÉCUTION

Les sujétions d'exécutions sont principalement celles liées à la réalisation des travaux en contexte montagneux, avec des variations parfois importantes de la lithologie et donc des caractéristiques mécaniques des sols à l'échelle du canal. Nous conseillons vivement :

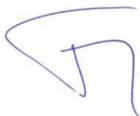
- D'adapter les moyens de terrassement et de compactage en fonction du retour d'expérience à l'issue des premiers travaux ;
- À l'issue du compactage, de suivre la pérennité des milieux humides préexistants en rive sur une période significative ;
- De contrôler de l'état visuel des parois et du fond du canal lors des périodes de chômage, pour identifier les zones de fragilité (fentes de retrait, présence de racines, dépôts anthropiques, etc.), qu'il conviendra de purger et de substituer par des matériaux attenants, avec compactage q4 tel que défini au chapitre 6.

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

Nous restons à la disposition du **PARC NATUREL DES PYRÉNÉES CATALANES** et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

Dressé par les personnes soussignées

Fabien MOREL
Chef de projets



Georges DE CARVALHO
Directeur Régional Sud-Ouest
Superviseur

ANNEXES

ANNEXE 1

SYNTHESE DES ESSAIS EN LABORATOIRE





RESULTATS DE LABORATOIRE

Affaire: Réalisation d'un cuvelage perméable expérimental
Lieu : (66)

Date: 09/06/2022
Dossier : C.21.41313

ESSAIS D'IDENTIFICATION		Réaction à l'acide	Classification	Teneur en eau		Matière organique	Calcimétrie	Perméabilité	Valeur au bleu	Los Angeles	Micro-Deval	Fragmentabilité	Dégradabilité	Densité (T/m ³)				Granulométrie par tamisage						Sédimentométrie	Limites d'Atterberg			Limite de retrait	Compactage ESSAI PROCTOR et POINCONNEMENT								
				94-050	94-050									94-047	94-048	X30-441	94-068	1097-2	1097-1	94-066	94-067	94-054	94-053 Sols		94-064 Roches		94-056						94-057	94-051			94-060-1
Sondages		RA	GTR	W% (0/D)	W% (0/20)	MO	CaCO ₃ (%)	K (m/s)	VBS	LA	MDE	FR	DG	PSG	ρ _h	ρ _d	ρ _h	ρ _d	% de passant										Naturel			OPN					
																			D _{max} (mm)	50 mm	20 mm	5 mm	2 mm	400 μm	80 μm	2 μm	WL%	IP	IC	WR	W _n %(0/20)	IPI	ρ _d W _n t/m ³ (0/20)	W% OPN (0/20)	IPI	ρ _d OPN t/m ³ (0/20)	
Dorres		Sable légèrement limoneux brun à quelques cailloux, cailloutis de granité émoussés	-	B3	8,1	8,2	-	-	1,7E-04	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	15	100	100	83	70	30	9,7	-	-	-	-	6,8%	42,4	1,83	12,5%	43,0	1,90		
Ansaneres		Sable limoneux noir à cailloux, cailloutis siliceux arrondis	-	B5m	17,9	17,9	-	-	4,7E-08	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	13	100	100	83	70	42	17,6	-	-	-	-	18,2%	10,2	1,71	16,8%	12,0	1,70		
Osseja		Limons avec importante matière organique noir à nombreuses racines, racines, bois, verre, débris de plastique, à cailloux, cailloutis arrondis, pomme de pin, noyaux de fruits	-	F12(A1)	183,1	186,4	17,2	-	-	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-	8	100	98	93	91	81	73,3	-	-	-	-	180,9%	0,0	0,44	50,0%	6,7	0,86		

ANNEXE 2

ESSAIS RÉALISÉS SUR DORRES

Groupe
HYDROGÉOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAIS

(norme NF P 11-300)

Affaire suivie par: Fabien MOREL

En date du: 13/06/2022

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.21.41313

Chantier: Réalisation d'un cuvelage perméable
expérimental

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Lieu: Dorres (66)

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Sondage : Dorres

Date prélèvement: -

Profondeur (m): 0,00

Réaction à l'acide : -

Nature : Sable légèrement limoneux brun à quelques cailloux, cailloutis de granité
émoussés

T° étuvage (°C) : 105

IDENTIFICATION - Laboratoire: Sallèles d'Aude

Norme

Essai réalisé par :

Teneur en eau par étuvage

NF P 94-050

Opérateur Prescilia GUERS

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056

Opérateur Prescilia GUERS

Analyse granulométrique par sédimentation

NF P 94-057

-

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

Opérateur Prescilia GUERS

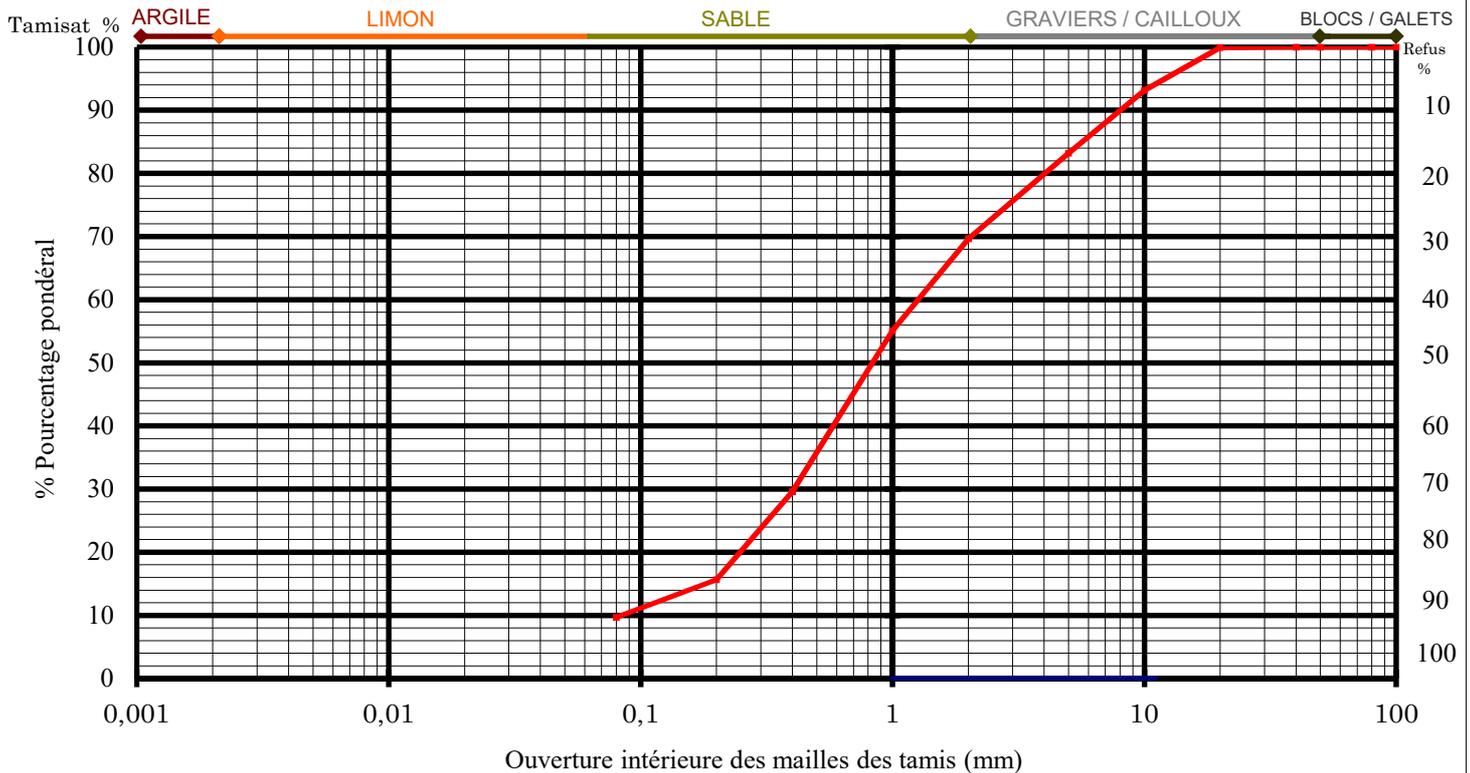
Limites d'Atterberg

NF P 94-051

-

OBSERVATIONS:

RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE | W_n (0/20) % | 8,2W_n (0/D) % | 8,1

Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	100	100	100	100	100	93	83	70	55	30	16	9,7

GRANULOMETRIE

D10 (mm):	0,08	D max (mm)*:	15
D30 (mm):	0,4	Passant à 0,08 mm:	9,7
D50 (mm):	0,8	Passant 0,08 mm (fraction 0/50):	9,7
D60 (mm):	1,4	Passant à 2µm:	-
Coefficient courbure (Cc):	1,4	* déterminé avec le D ₉₅ (NF P 11-300) de l'échantillon	
Coefficient uniformité (Cu):	17,5		

ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS)	0,18
Limite de liquidité (W _l %)	-
Indice de plasticité (I _p)	-

Classement GTR (NF P 11-300):

B3



REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°:	C.21.41313	Chantier:	Réalisation d'un cuvelage perméable expérimental
Affaire:	Reconnaitances géologiques et géotechniques	Lieu:	Dorres (66)

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

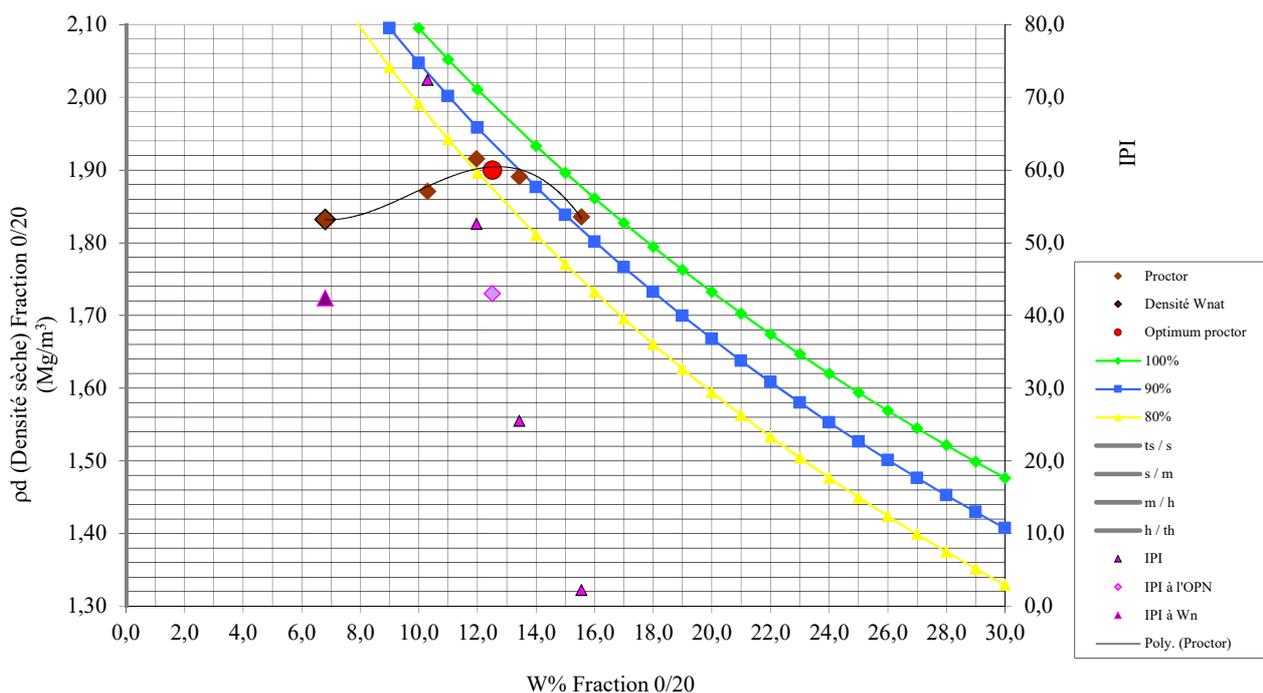
Sondage :	Dorres	Date prélèvement:	-
Profondeur (m):	0,00	Réaction à l'acide :	-
Nature : Sable légèrement limoneux brun à quelques cailloux, cailloutis de granité émoussés			
Nature des Essais -	Laboratoire: Sallèles d'Aude	Norme	Essai réalisé par :
Essai proctor Normal		NF P 94-093	Opérateur Olivier MUNOZ
Poinçonnement IPI		NF P 94-078	
Teneur en eau		NF P 94-050	

RESULTATS:

W_{0/20} OPN :	12,5%	IPI OPN :	43,0	ρ_d OPN :	1,90 Mg/m³	ρ _s mesuré : -
Mode de malaxage :	Manuel	Type de moule :	B (CBR)	Type de dame	A (normale)	

N° du point	W _{nat}	1	2	3	4	5	6	7
W% (0-20)	6,8%	10,3%	12,0%	13,4%	15,5%			
ρ _d (0-20) Mg/m ³	1,83	1,87	1,92	1,89	1,84			
IPI	42,4	72,4	52,6	25,5	2,2			
ρ _d (0-D) Mg/m ³	1,83	1,87	1,92	1,89	1,84			
W% (0-D)	6,8%	10,3%	12,0%	13,4%	15,5%			

Observations:





Groupe
HYDROGÉOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAI

Affaire suivie par: Fabien MOREL

En date du: 18/07/2022

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C/21.41313

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Chantier: DORRES

Lieu: -

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Date de prélèvement: Du 11 au 23 mai 2022

Sondage: -

Profondeur (m): -

Nature: Sable limoneux noir à cailloutis

Réaction à l'acide : -

IDENTIFICATION :

Norme

Réalisé par

Perméabilité

NF X 30-441

Opérateur Damien ABADIE

Laboratoire de :

Fontaines

OBSERVATIONS:

Wn perméabilité :

12,4

Kmoy=

1,68E-04

m/s

ρ_d

1,86

T/m³

Formule de HAZEN

K (m/s)

m/s

ANNEXE 3

ESSAIS RÉALISÉS SUR ANSANÈRES



Groupe
HYDROGÉOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAIS

(norme NF P 11-300)

Affaire suivie par: Fabien MOREL

En date du: 09/06/2022

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.21.41313	Chantier: Réalisation d'un cuvelage perméable expérimental
Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques	Lieu: Ansanere (66)

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

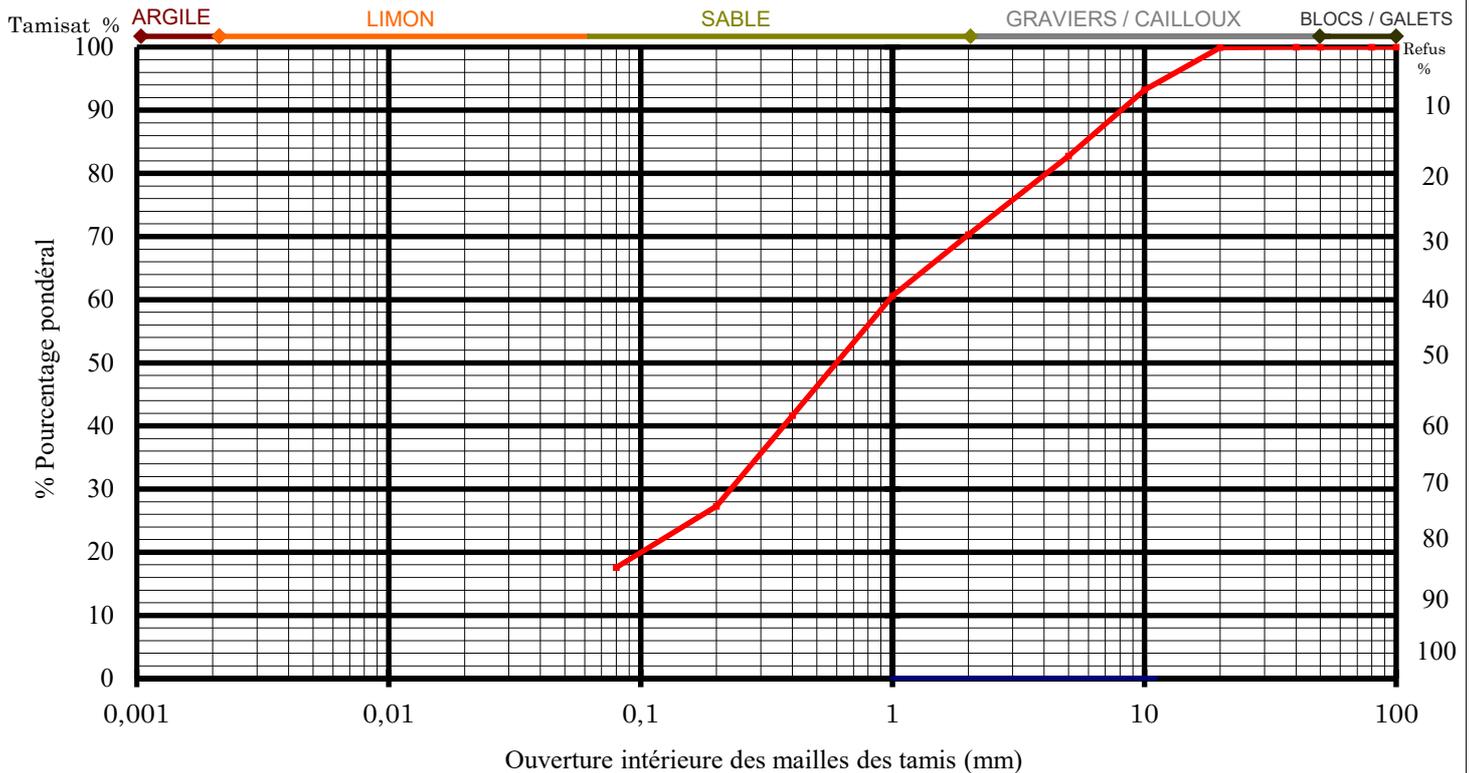
Sondage : Ansanere	Date prélèvement: -
Profondeur (m): 0,00	Réaction à l'acide : -
Nature : Sable légèrement limoneux noir à cailloux, cailloutis siliceux arrondis	T° étuvage (°C) : 105

IDENTIFICATION - Laboratoire: Sallèles d'Aude	Norme	Essai réalisé par :
Teneur en eau par étuvage	NF P 94-050	Opérateur Olivier MUNOZ
Analyse granulométrique des sols	NF P 94-056	Opérateur Olivier MUNOZ
Analyse granulométrique par sédimentation	NF P 94-057	-
Valeur de bleu de méthylène d'un sol	NF P 94-068	Opérateur Prescilia GUERS
Limites d'Atterberg	NF P 94-051	-

OBSERVATIONS:

RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE	W _n (0/20) %	17,9	W _n (0/D) %	17,9
-------------------------	-------------------------	------	------------------------	------



Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	100	100	100	100	100	93	83	70	61	42	27	17,6

GRANULOMETRIE

D10 (mm):	-	D max (mm)*:	13
D30 (mm):	-	Passant à 0,08 mm:	17,6
D50 (mm):	-	Passant 0,08 mm (fraction 0/50):	17,6
D60 (mm):	-	Passant à 2µm:	-
Coefficient courbure (Cc):	-	* déterminé avec le D ₉₅ (NF P 11-300) de l'échantillon	
Coefficient uniformité (Cu):	-		

ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS)	0,50
Limite de liquidité (W _l %)	-
Indice de plasticité (I _p)	-

Classement GTR (NF P 11-300):
B5m



REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°:	C.21.41313	Chantier:	Réalisation d'un cuvelage perméable expérimental
Affaire:	Reconnaitances géologiques et géotechniques	Lieu:	Ansanere (66)

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Sondage :	Ansanere	Date prélèvement:	-
Profondeur (m):	0,00	Réaction à l'acide :	-
Nature : Sable légèrement limoneux noir à cailloux, cailloutis siliceux arrondis			

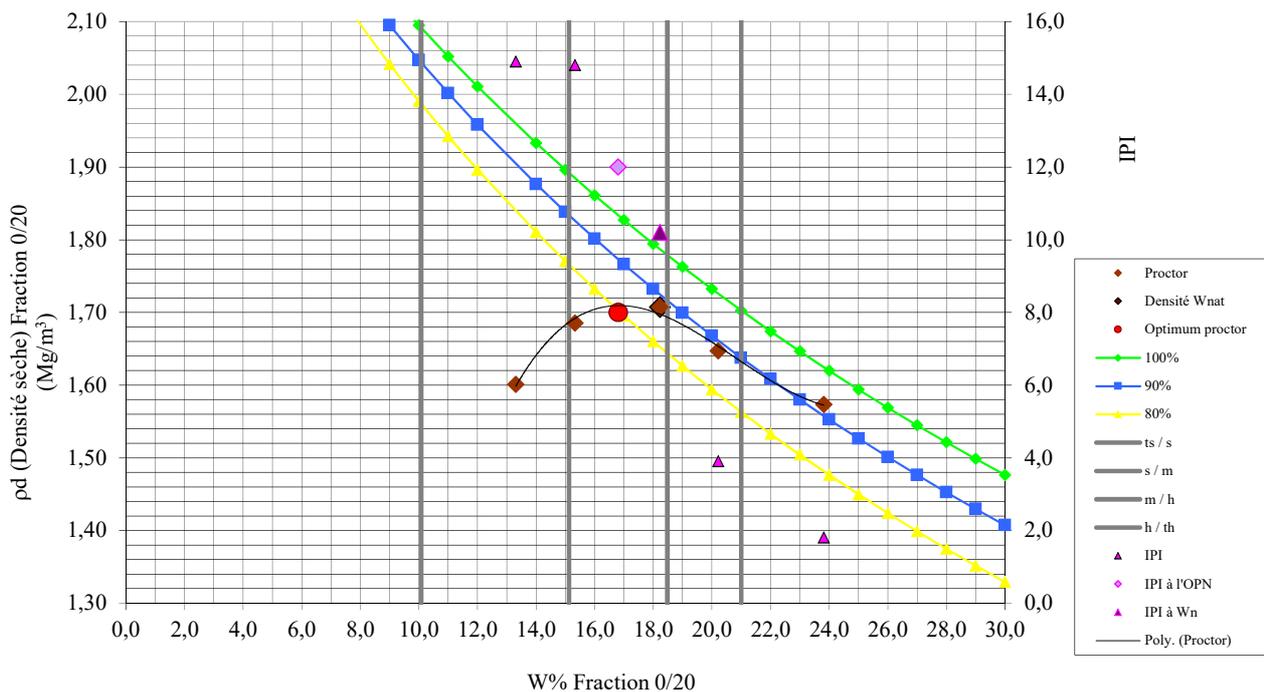
Nature des Essais -	Laboratoire: Sallèles d'Aude	Norme	Essai réalisé par :
Essai proctor Normal		NF P 94-093	Opérateur Olivier MUNOZ
Poinçonnement IPI		NF P 94-078	
Teneur en eau		NF P 94-050	

RESULTATS:

W_{0/20} OPN :	16,8%	IPI OPN :	12,0	ρ_d OPN :	1,70 Mg/m³	ρ _s mesuré : -
Mode de malaxage : Manuel		Type de moule :		B (CBR)	Type de dame A (normale)	

N° du point	W _{nat}	1	2	3	4	5	6	7
W% (0-20)	18,2%	15,3%	23,8%	20,2%	13,3%			
ρ _d (0-20) Mg/m ³	1,71	1,69	1,57	1,65	1,60			
IPI	10,2	14,8	1,8	3,9	14,9			
ρ _d (0-D) Mg/m ³	1,71	1,69	1,57	1,65	1,60			
W% (0-D)	18,2%	15,3%	23,8%	20,2%	13,3%			

Observations:





Groupe
HYDROGÉOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAI

Affaire suivie par: Fabien MOREL

En date du: 18/07/2022

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C/21.41313

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Chantier: DORRES

Lieu: -

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Date de prélèvement: Du 11 au 23 mai 2022

Sondage: -

Profondeur (m): -

Nature: Sable limoneux noir à cailloutis

Réaction à l'acide : -

IDENTIFICATION :

Norme

Réalisé par

Perméabilité

NF X 30-441

Opérateur Damien ABADIE

Laboratoire de :

Fontaines

OBSERVATIONS:

Wn perméabilité :

12,4

Kmoy=

1,68E-04

m/s

ρ_d

1,86

T/m³

Formule de HAZEN

K (m/s)

m/s

ANNEXE 4

ESSAIS RÉALISÉS SUR OSSÉJA





Groupe
HYDROGÉOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAIS

(norme NF P 11-300)

Affaire suivie par: Fabien MOREL

En date du: 09/06/2022

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.21.41313	Chantier: Réalisation d'un cuvelage perméable expérimental
Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques	Lieu: Osseja (66)

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

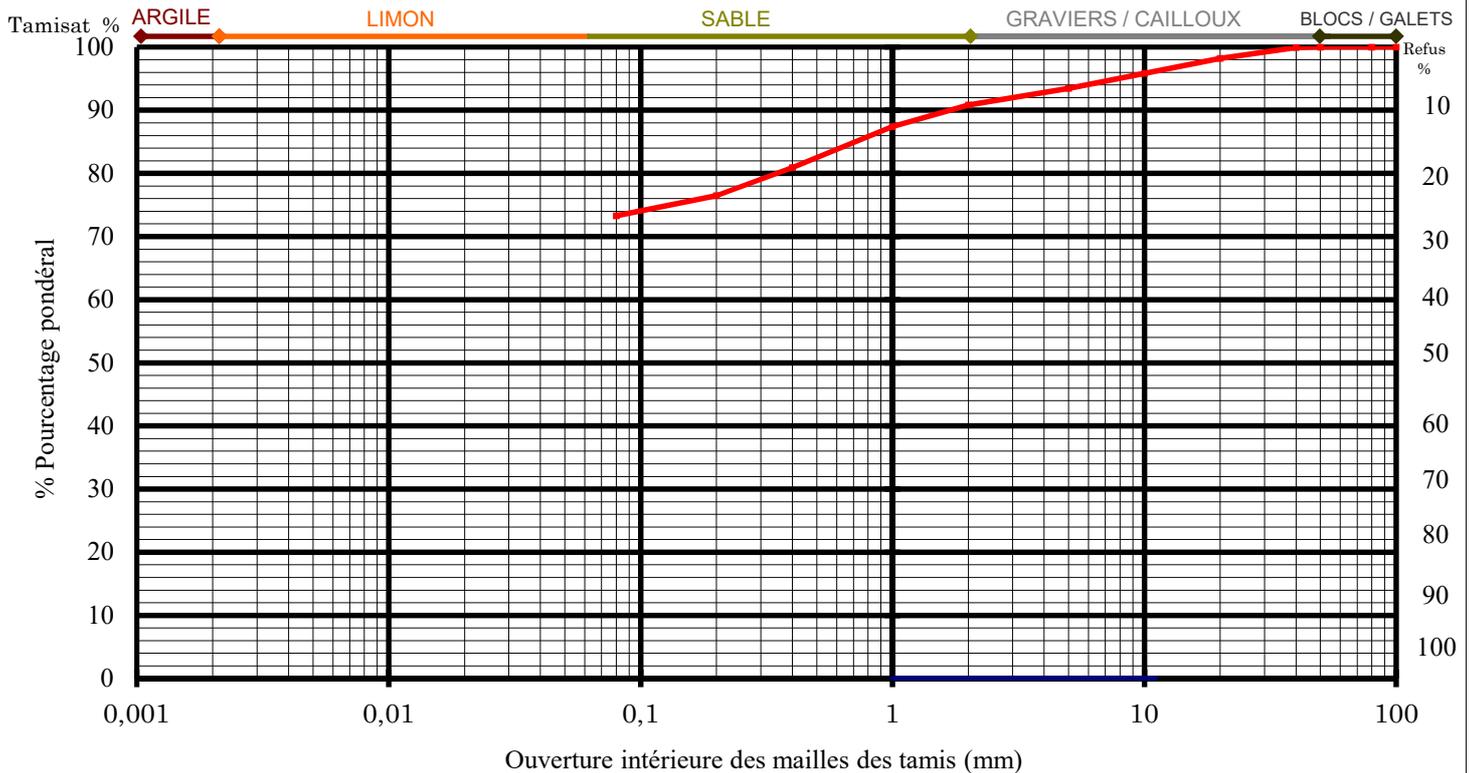
Sondage : Osseja	Date prélèvement: -
Profondeur (m): 0,00	Réaction à l'acide : -
Nature : Limon avec importante matière organique noir à nombreuses radicelles, racines, bois, verre, débris de plastique, à cailloux, ctssil arrondis, pomme	T° étuvage (°C) : 50

IDENTIFICATION - Laboratoire: Sallèles d'Aude	Norme	Essai réalisé par :
Teneur en eau par étuvage	NF P 94-050	Technicienne Marine JUHEL
Analyse granulométrique des sols	NF P 94-056	Technicienne Marine JUHEL
Analyse granulométrique par sédimentation	NF P 94-057	-
Valeur de bleu de méthylène d'un sol	NF P 94-068	Opérateur Prescilia GUERS
Limites d'Atterberg	NF P 94-051	-

OBSERVATIONS:

RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE	W _n (0/20) %	186,4	W _n (0/D) %	183,1
-------------------------	-------------------------	-------	------------------------	-------



Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	100	100	100	100	98	96	93	91	87	81	76	73,3

GRANULOMETRIE

D10 (mm):	-	D max (mm)*:	8
D30 (mm):	-	Passant à 0,08 mm:	73,3
D50 (mm):	-	Passant 0,08 mm (fraction 0/50):	73,3
D60 (mm):	-	Passant à 2µm:	-
Coefficient courbure (Cc):	-	* déterminé avec le D ₉₅ (NF P 11-300) de l'échantillon	
Coefficient uniformité (Cu):	-		

ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS)	1,75
Limite de liquidité (W _l %)	-
Indice de plasticité (I _p)	-

Classement GTR (NF P 11-300):
F12(A1)



Essai PROCTOR

Normal

NF P 94 - 093 / NF P 94 - 050

Annexe A

Laboratoire de : Sallèles d'Aude

Essai réalisé par : Opérateur Olivier MUNOZ

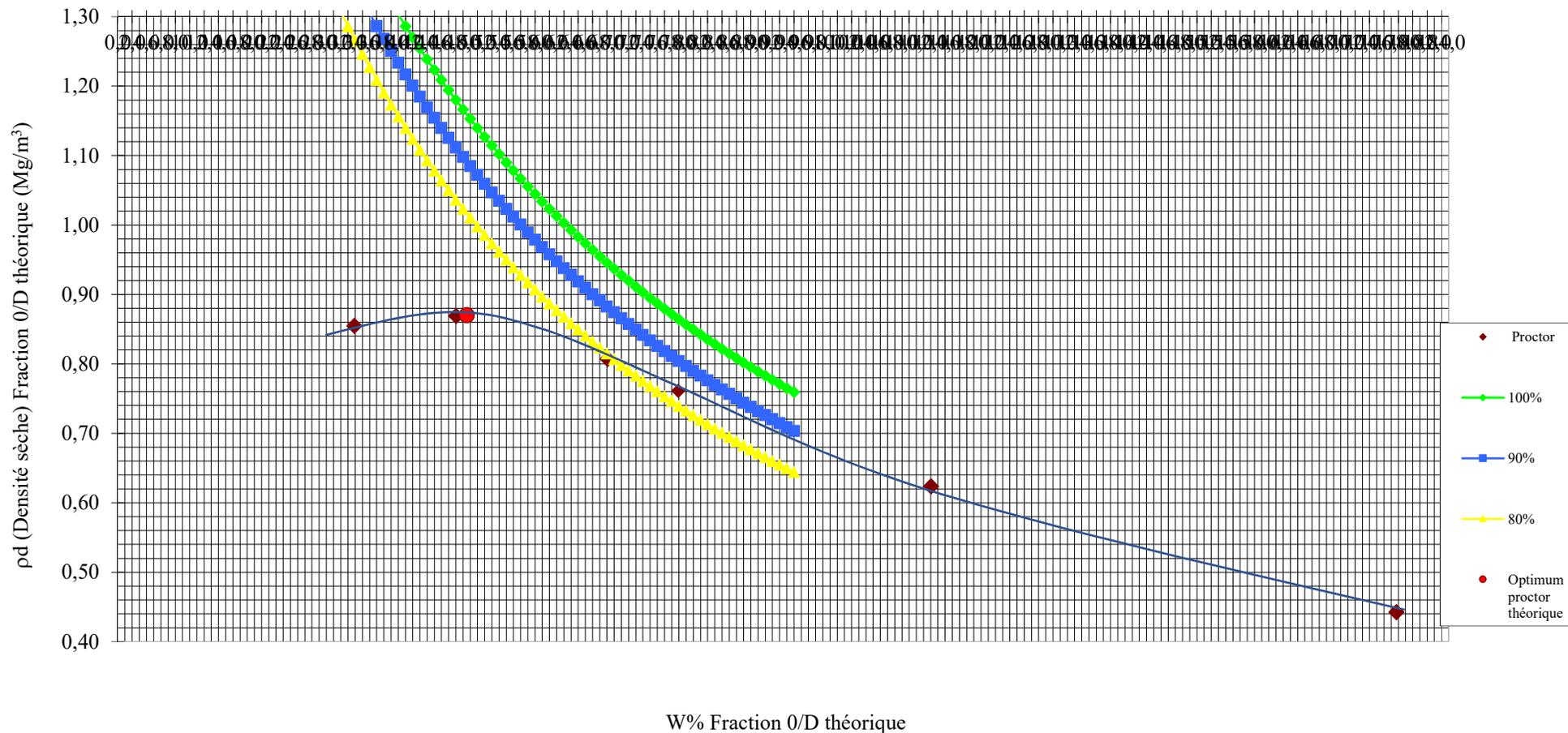
CHANTIER : Réalisation d'un cuvelage perméable expérimental

W OPN (0/D théorique): 48,5%

SONDAGE : Osseja

ρ_d OPN (0/D théorique): 0,87 T/m³

PROFONDEUR : 0,00





Groupe
HYDROGÉOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAI

Affaire suivie par: Fabien MOREL

En date du: 09/06/2022

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.21.41313
Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques
Chantier: Réalisation d'un cuvelage perméable expérimental
Lieu: Osseja (66)

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Date de prélèvement: -
Sondage: Osseja
Profondeur (m): 0,00
Nature: Limon avec importante matière organique noir à nombreuses radicelles, racines, bois, verre, débris de plastique, à cailloux, ctssil arrondis, pomme de pin, noyaux
Réaction à l'acide : -

IDENTIFICATION :

Norme

Teneur en matières organiques par calcination

NF XP P 94-047

Laboratoire de : Sallèles d'Aude

Essai réalisé par : Opérateur Aurore ANDRE

OBSERVATIONS:

Tamisé 2 mm	%	91
Teneur en matières organiques	C _{MOC} (%)	17,2



Groupe
HYDROGÉOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAI

Affaire suivie par: Fabien MOREL

En date du: 23/09/2022

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C/21.41313

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Chantier: -

Lieu: OSSEJA

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Date de prélèvement: Du 11 au 23 mai 22

Sondage: -

Profondeur (m): -

Nature: -

Réaction à l'acide : -

IDENTIFICATION :

Norme

Réalisé par

Perméabilité

NF X 30-441

Technicien Supérieur Vincent TETU

Laboratoire de :

Fontaines

OBSERVATIONS:

Wn perméabilité :

57,2

Kmoy=

1,91E-07

m/s

ρ_d

0,80

T/m³

Formule de HAZEN

K (m/s)

m/s

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'avoisnants 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 avoisnants), 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 avoisnants), 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.
- Etudier 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.
- Etudier 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 NF P 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

